ENERGIJA

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

GODIŠTE 27. GODINA 1978.

SADRŽAJ ENERGIJE U 1978. GODINI

Studije i istraživanja

	Str.	Broj
Alerić S.: Potencijalna mogućnost izgradnje crpno-akumulacijske hidroelektrane na rijeci Vrljici	412	11—12
Bodlović P.: Račun očekivanih proizvodnji po vjerojatnosnom modelu	391	11—12
Bradač V.: Smjernice za osiguranje kvalitete pri gradnji objekata	38	1—2
Bradač V.: Smjernice za osiguranje kvalitete pri gradnji objekata	153	1—2
Clamroth R.: Elektronska obrada podataka u laboratoriju za ispitivanje materijala	182	5—6
Cvetković Z. - Majić M. - Radmilović B. i *Matijević V.:* Sustav dispečinga i daljinskog vođenja mreže proizvodnje i prijenosa električne energije u SR Hrvatskoj	146	5—6
Čorak D.: Pristup optimalizaciji opskrbe ogrjevnom toplinom	319	9—10
Čupin N.: O standardizaciji spojeva na priključnoj letvici podsistema sklopnog postrojenja	231	7—8
Fagarazzi A.: Neke tendencije razvoja gradskih mreža 110 kV	11	1—2
Fagarazzi A.: Modularne transformatorske stanice visoki napon/srednji napon proizvodnje ASEA	175	5—6
Hrs I.: Ovisnost unutarnjih prenapona u razdjelnim mrežama o načinu uzemljenja zvjezdišta i drugim utjecajima	361	9—10
Jung M.: Najveći očekivani padovi napona u odabranim čvorištima elektroenergetske mreže Dalmacije prilikom pokretanja generatora RHE Obrovac kao elektromotora	308	9—10
Jung M.: Prilog proračuna električnih svojstava vodova na temelju rezultata mjerenja nadomjesnih impedencija praznog hoda i kratkog spoja	82	3—4
Kuljiš Z.: Utjecaj na cijevi kondenzatora i mjere za osiguranje kvalitete pri izradi kondenzatora	87	3—4
Malbaša N.: Opskrba urbane sredine ogrjevnom toplinom iz nuklearne elektrane	347	9—10
Markovčić B. - Tonković Z.: Ispitivanje prilika na jugoslavenskoj sjevernoj magistrali 440 kV mreže na elektroničkom računalu	302	9—10
Markovčić B.: Utjecaj pojedinih parametara na osnovne karakteristike radova s vodičima u snopu	76	3—4
Matanić D.: Izgaranje emulzija u termoenergetskim postrojenjima	327	9—10
Moser J.: Metodologija analize gubitaka električne energije u distributivnim mrežama	344	9—10
Moser J.: Rezultati ispitivanja i mjerenja u mreži Skopja radi određivanja faktora istodobnosti	217	7—8
Piperski D.: Informacijski sistemi u termoelektranama	402	11—12
Piperski D.: Opis eksploatacione osobenosti jednosmernih elektromašinskih pobudnih sistema sinhronih generatora	159	5—6
Požar H.: Metoda za određivanje trajanja iskorištenja neobnovljivih rezerva	137	5—6
Požar H.: Metoda za izradu energetskih bilanca	65	3—4
Požar H. - Udovičić B. i *Granić G.:* Neki aspekti opskrbe SRH električnom energijom	281	9—10
Sadović S. - Raščić M. i *Bera B.:* Dielektrične karakteristike prekidača visokog napona s posebnim osvrtom na BIAS ispitivanja	398	11—12
Schenner R.: Usporedba postupaka za određivanje vršnih opterećenja kućanstva	22	1—2
Sekso A.: Početak sistematskog mjerenja intenziteta zagađivanja visokonaponske izolacije morskom solju u jadranskom području	149	5—6
Vuković V.: Razvoj nuklearne energetike	29	1—2
Vuković V.: Razvoj nuklearne energetike	166	5—6

Pogonska problematika

	Str.	Broj
Crnčić M.: Kako do potpune elektrificiranosti neelektrificiranih područja SRH	421	11—12
Moritz B.: Realizacija izgradnje postrojenja kondenzatorskih baterija za kompenzaciju jalove energije snage 20,3 MVA u TS 110/30 kV Resnik	236	7—8
Piperski D.: Termoelektrana »Kosovo B« i izgradnji	221	7—8
Šicel M.: Problematika impregnacije drvenih stupova	240	7—8

Ekonomsko-financijska problematika

	Str.	Broj
Gehrecke S.: Energetska struktura narodne privrede	416	11—12
Magdić M.: Značenje vremenskih preferencija za donošenje investicijskih odluka u elektroprivredi	296	9—10
Schenner R.: Neke ekonomske metode za analizu dugoročnih investicija .	385	11—12

Savjetovanja i konferencije

Markovčić B.: VI Simpozij o energetskim kabelima	425	11—12
Šicel M.: Savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža Jugoslavije	95	3—4
Zloković V.: Sa skupštine Jugoslovenskog komiteta svetske konferencije za energiju — JK SKE	371	9—10
Zloković V.: Savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža u Jugoslaviji . . .	45	1—2

Vijesti iz elektroprivrede

Kuzele P.: 70. god. Elektrifikacije Zagreba	1	1—2
Ljubiša L.: Puštanje u pogon transformatorske stanice 400/110 kV Zagreb I	187	5—6
Markovčić B.: 20 godina jedinstvenog jugoslavenskog elektroenergetskog sistema	5	1—2
Rad Instituta za elektroprivredu u 1977. god.	245	7—8
Šimurina I.: Statistički pregled elektroprivrede SRH u 1977.	435	11—12

GOD. 27 (1978) energija BROJ 1—2

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

70 GODINA ELEKTRIFIKACIJE GRADA ZAGREBA

Petar Kuzele, Zagreb

Ovaj prigodni članak napisan je povodom proslave 70 godišnjice elektrifikacije grada Zagreba. Opisan je razvoj proizvodnje električne energije, gradske mreže i potrošnje.

DK 621.316.1

PREDRADNJE ZA IZGRADNJU ELEKTRANE I ZAČECI ELEKTRIFIKACIJE GRADA ZAGREBA

Petar Kuzele, dipl. ing., generalni direktor Elektre

Grad Zagreb je pustio u pogon izgrađenu termoelektranu 5. studenoga 1907. godine, a prve sijalice zasjale su na današnjem Trgu Republike 7. studenoga 1907. godine.

Predradnje za realizaciju ideje elektrifikacije učinjene su godine 1889. zahtjevom dvaju privatnika gradskom poglavarstvu da im se odobri koncesija za »uvođenje električnog svjetla u Zagrebu«, ali zahtjevu nije udovoljeno.

Kronika bilježi da je 24. svibnja 1892. godine naš veliki Tesla na sjednici gradskog zastupstva održao predavanje o opskrbi grada Zagreba električnom energijom i tom prilikom iznio niz korisnih sugestija, među ostalim i o gradnji elektrane u vlastitoj režiji gradskog zastupstva. Na zgradi stare gradske viječnice u Gornjem gradu stoji spomen-ploča s uklesanim završnim riječima Tesle: »Smatram svojom dužnošću da kao rođeni sin svoje zemlje pomognem gradu Zagrebu u svakom pogledu i savjetom i činom«.

Grad Zagreb je, uprkos inicijativa, odluku o gradnji elektrane, na zemljištu vodovodnog crpilišta, donio tek 29. kolovoza 1906. godine. Izgleda da je razlogom bila konkurencija plinom, koji je bio vlasništvo stranog kapitala. U to vrijeme u pogonu je već bilo niz javnih elektrana: u Beogradu 1892, u Sarajevu 1895, u Varaždinu 1895, u Ljubljani 1898, u Dubrovniku 1900, u Čakovcu 1903. itd.

Gradnja elektrane započela je 18. veljače 1907. godine. U pogon je puštena 5. studenoga 1907, a mreže s potrošačima priključena je 7. studenoga 1907. godine. U to je vrijeme već djelovao tzv. »Instalacioni ured«, koji je izdao »propise za izvođenje uredaba koje se imaju priključiti na dovodnu mrežu Zagrebačke gradske električne centrale«.

U času stavljanja u pogon, elektrana je raspolagala s ovom opremom:

— 3 parna vodocjevna kotla (sistem: Rauten Kranz-Suk), ogrijevne površine 140 m², učina 3 t/h kod 12 atp i 300° C,

— 2 parna stroja s kondenzacijom (proizvod: Prva praška tvornica strojeva), snage 800 KS kod 12 ata, 300° C, 125 o/min, direktno spojena s 1 generatorom trofazne struje (proizvod: Ganz) 865 kVA, 100 A, 500 V, 50 Hz i jednim generatorom istosmjerne struje (proizvod: Ganz) 200 kW, 333/243 A, 600/820 V.

Generatori trofazne struje služili su za napajanje visokonaponske gradske mreže (5 kV), na koju su bili priključeni motori, crpke gradskog vodovoda i transformatori 5000/500 V. Generator istosmjerne struje bio je pripremljen i namijenjen za napajanje mreže 600 V gradskog tramvaja.

Prva mreža bila je dvonaponska: iz elektrane su u grad polazila dva usporedna kabela do rasklopne stanice iz koje je napajana mreža 5 kV, izgrađena većim dijelom u obliku prstena (u pogonu otvorena). Transformatorskih je stanica bilo de-

vet, ukupne instalirane snage 450 kVA 6×60 i 3×30 kVA). Transformatori su bili jednofazni, a napajali su razdjelnu mrežu 500 V. Pojedine su kuće priključivane preko vlastitih transformatora 500/2×55 V snage 1, 2, 5, 10 ili 15 kW, dok su lučne svjetiljke na »kandelaberima« javne rasvjete bile priključene transformatorima 500/65 V. Duljina prve kabelske mreže 5 kV iznosila je 7.440 metara, od čega 5.860 m kabela 3×50 mm², a 1.580 m presjeka 3×25 mm². Mreža 500 V u dužini od 19.500 m sastojala se od 8.500 m kabela presjeka 2×25 mm² i 11.000 m kabela presjeka 3×25 mm². Priključni vodovi do kuća bili su izvedeni s presjekom 3×25 mm² (2×55 V).

Broj kućnih priključaka u studenom 1907. iznosio je 247 i svi su ti priključci izvedeni samo za potrebe rasvjete (uglavnom po jedna žarulja u svakoj prostoriji). Tek 20. studenoga priključena su na mrežu prva tri elektromotora (osim onih u vodovodu u Zagorskoj ulici) i to ukupne snage 70 KS.

Do 1910. konzum je — posebno zbog priključka tramvaja — narastao za 32%, a od 1910. do 1913. za 83%, zbog čega se prišlo proširenju, tj. povećanju snage elektrane.

RAZVOJ ELEKTRIFIKACIJE IZMEĐU DVA RATA (1918 — 1945)

Zagreb, koji je na početku elektrifikacije imao oko 70.000 stanovnika, razvio se između dva rata u snažan industrijski grad s oko 260.000 stanovnika početkom II svjetskog rata. Uporedo s industrijskim razvojem, rasla je i potrošnja električne energije. Zato su 1923. godine u elektrani proradili novi agregati, a već 1928. godine dolazi do novog proširenja.

Tako je zagrebačka elektrana u nešto preko 20 godina svojeg postojanja (1907—1928) povećala kapacitet od početnih 865 kVA instalirane snage na 25.365 kVA, a količinu proizvedene energije od 2.330 MWh u 1908. godini na 19.900 MWh u 1928. godini.

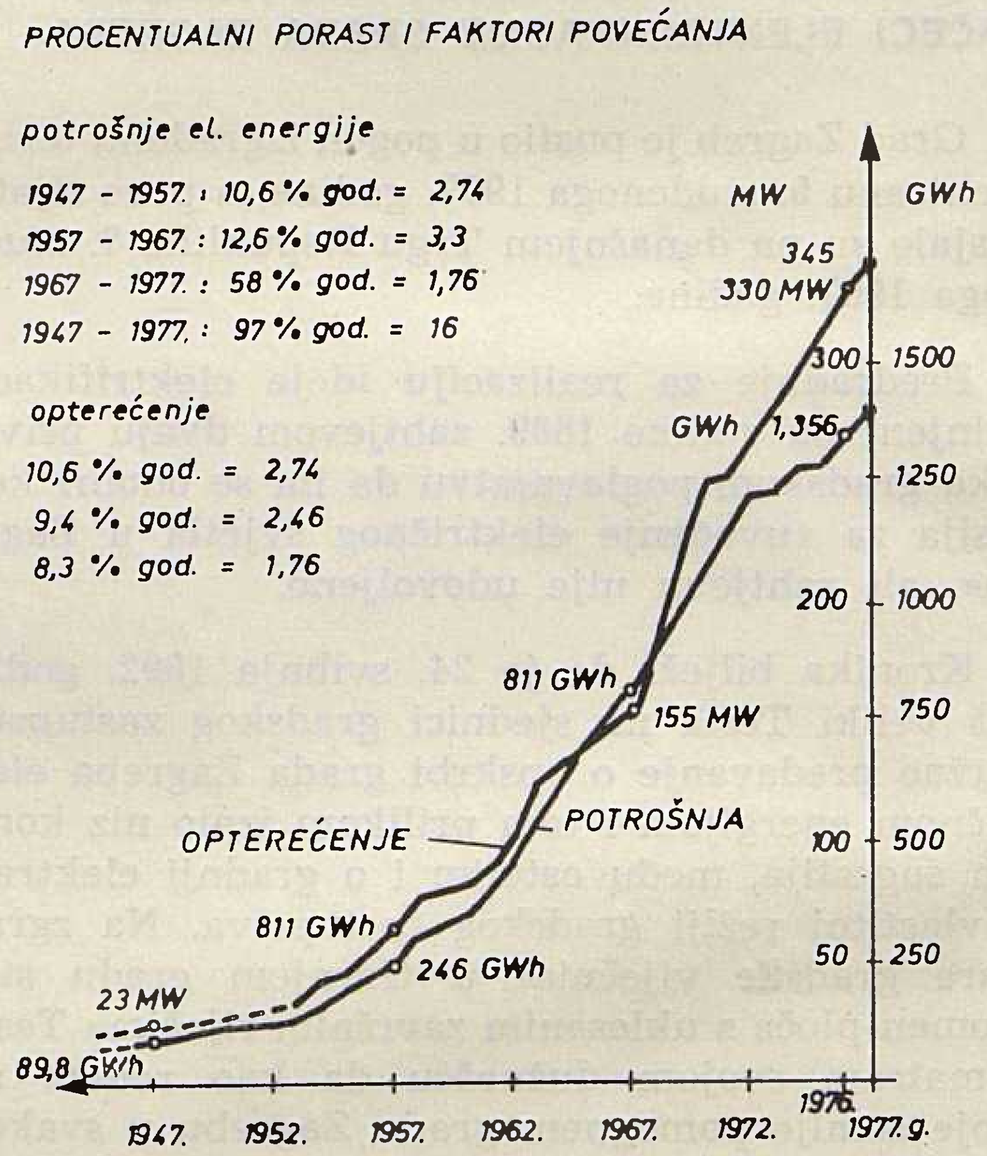
Zbog rasta konzuma 1924. godine donesena je odluka da se jednofazni sistem razdiobe energije (5000/500/2×55 V) zamijeni trofaznim 3×380/220 V. Radovi prijelaza na novi naponski sistem dovršeni su 1927. godine, u kojoj je u pogonu bilo 60 transformatorskih stanica i više od 100 km kabelskih vodova.

Značajna i dalekosežna bila je odluka Upravnog odbora Gradske električne centrale (GEC-a) iz 1928. godine, po kojoj je zaključeno »da se iz izuzetnih obzira i razloga, a u svrhu iskorišćenja kapaciteta strojevnog uređaja, dozvoli i odobri upravi da rad Gradske električne centrale proširi i izvan teritorije grada Zagreba«. To je, u stvari, bio nukleus šire efektrifikacije i međusobnog povezivanja potrošačkih centara, što je praktički 1957. godine dovelo do povezivanja jugoslavenskog 110 kV elektroenergetskog sistema.

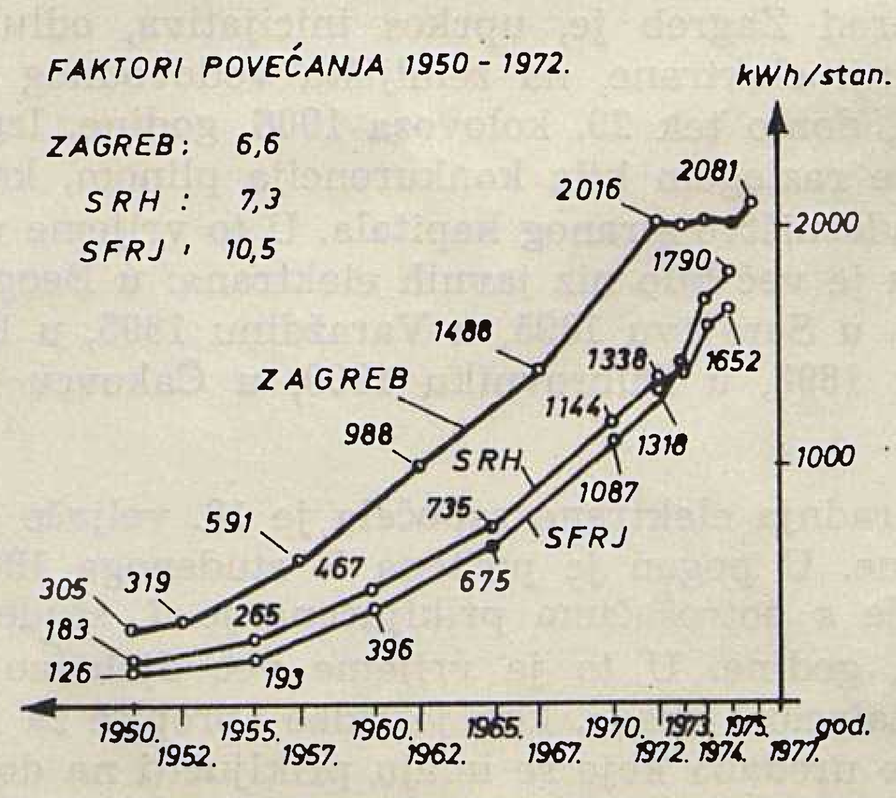
Godine 1929. ugovorom između gradskih električnih centrala Zagreba i Karlovca osnovane su Udružene električne centrale (UEC), koje su već 1930, godine izgradile i time povezale konzumna područja dvaju gradova, 30 kV dalekovod 34×50 mm² Zagreb—Karlovac.

Banovinsko električno poduzeće (BEP, 1930—1938) preuzelo je djelatnost UEC-a i na širem području sjeverne Hrvatske širilo elektrifikaciju prema Božjakovini, Križevcima, Ivanić-gradu do Banove Jaruge, itd.

Mreža u gradu Zagrebu doživljava ozbiljnije krize zbog preopterećenja 1930. godine. Hitne intervencije polaganjem novih kabela i modernizacijom transformatorskih stanica 5/0,4 kV problem je ublažen. Godine 1934. prišlo se studiji konačnog rješenja gradske mreže, koja je koncipirana kao zamkasta s presjecima kabela od 70 mm² na strani niskog i 95 mm² na strani visokog napona, i transformatorima snage 400 kVA, s time da dva



Sl. 1. Razvoj opterećenja i potrošnje električne energije

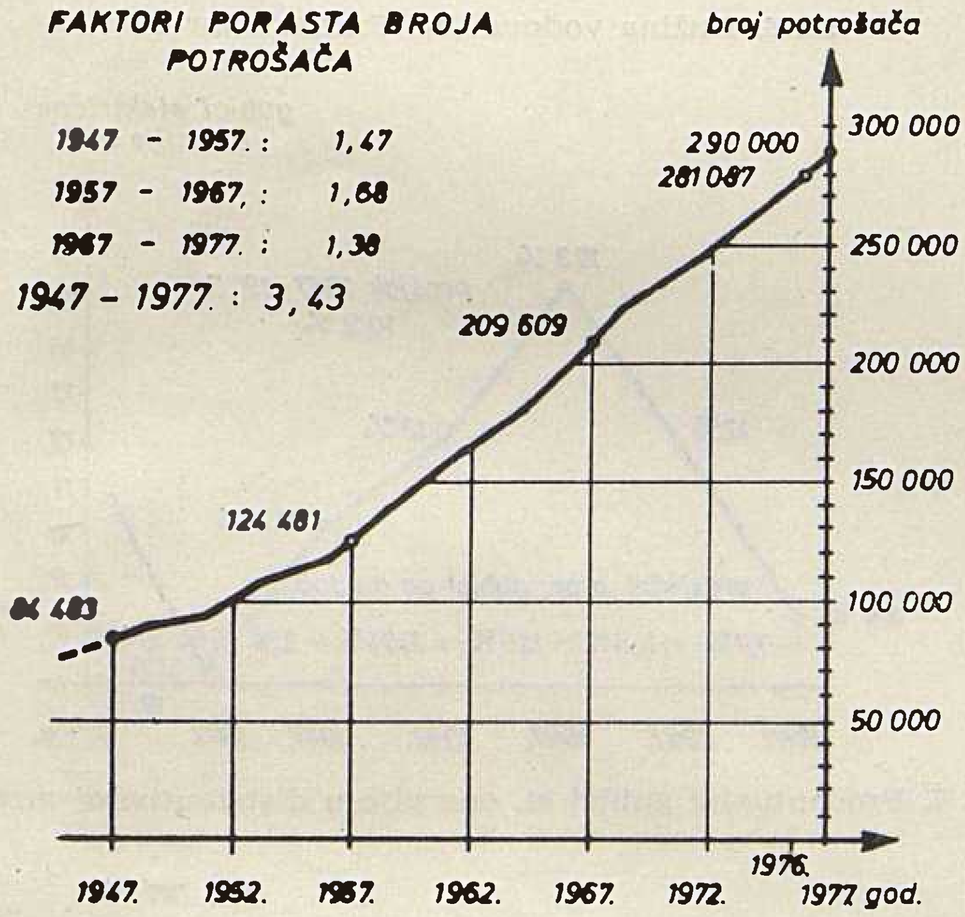


Sl. 2. Potrošnja električne energije po stanovniku

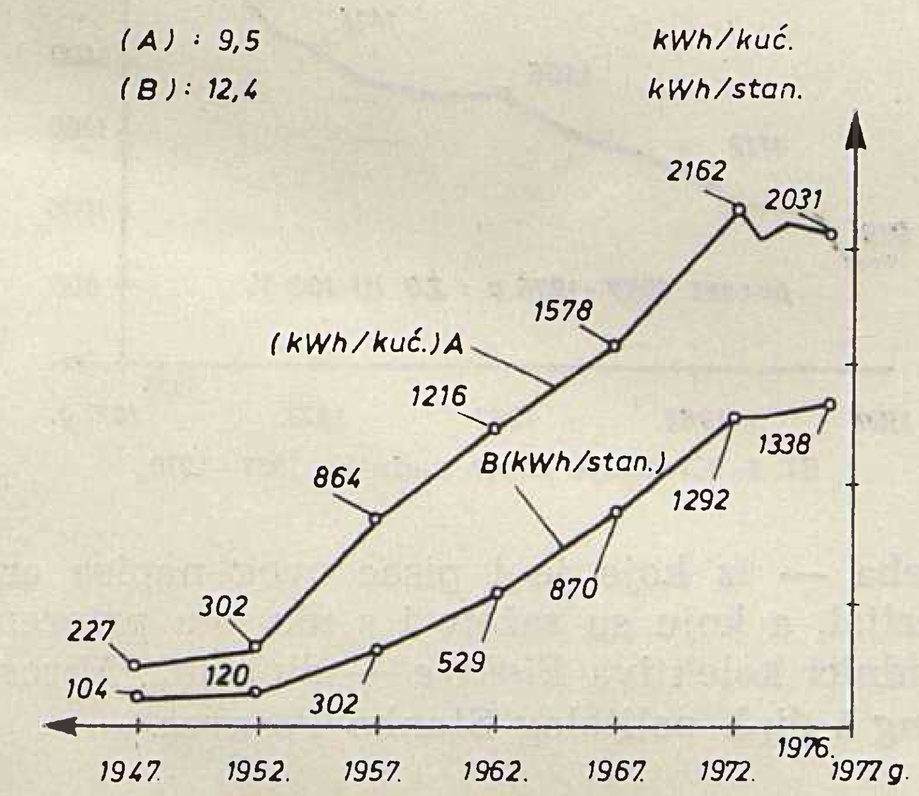
transformatora preuzimaju opterećenje u slučaju ispada trećeg. Iako izgrađena, kao zamkasta mreža ipak nikad nije radila. Tada je ujedno bilo zaključeno — što je imalo dalekosežne, vrlo pozitivne posljedice — da čitavu visokonaponsku mrežu 5 kV treba pripremiti, pa dalje i graditi za pogonski napon 10 kV. Taj je prijelaz s 5 na 10 kV izvršen tek u periodu 1962—1967. godine, i na tom nivou tih kriznih godina udvostručio kapacitet razdiobe, posebno u kritičnom središnjem dijelu grada.

POSLIJERATNI RAZVOJ ELEKTRIFIKACIJE GRADA ZAGREBA

Iako je razvoj elektrifikacije grada Zagreba od njenih početaka do kraja II svjetskog rata bilježio stalan rast, a izgrađena gradska mreža predstavljala vrlo suvremeno i solidno tehničko rješenje, zbog slabe razvijenosti materijalne baze društva ipak je potrošnja energije bila relativno niska. Godine 1946. iznosila je tek oko 76 GWh. Stoga možemo slobodno reći, posebno sa stanovišta elektrifikacije širih područja, da smo obnovom zemlje zapravo bili u početku elektrifikacije. Gradska električna centrala ušla je u sastav Električnog poduzeća Hrvatska (ELPOH), čiji je zadatak bio izgradnja novih izvora (Vinodol, Konjščina, prenosne mreže 110 kV i elektrifikacija sela).



Sl. 3. Razvoj broja potrošača



Sl. 4. Potrošnja el. energije za potrebe kućanstva po kućanstvu (A) i potrošnja kuć. i ostalih potr. široke potr. (B) po stanovniku

Prvog siječnja 1947. godine osnovana je *Elektra* — poduzeće za elektrifikaciju sjeverne Hrvatske (proizvodnju, prijenos i distribuciju). Već 1. travnja 1949. dolazi do ponovne reorganizacije elektroprivrede i podjele djelatnosti, pa se djelatnost dotadašnje GEC-e dijeli i formira *Elektra—Zagreb*, koja je preuzela ulogu elektrifikacije i distribucije električne energije na području sjeverozapadne Hrvatske, koju ulogu s manjim teritorijalnim izmjenama obavlja i danas.

Nagli porast poslijeratne potrošnje električne energije grada Zagreba (1945. godine 56,8 GWh, 1956. godine 200 GWh) bio je razlogom da termoelektrana sve više gubi značaj u odnosu na potrebe Zagreba, a osnovni izvor električne energije u sve većoj mjeri postaje elektroenergetski sistem 110 kV od 1949. godine.

Koncepcija razvoja gradske mreže pratila je zahtjeve konzuma i razvijala se u skladu s modernim rješenjima. Značajka toga bio je prijelaz na više napone razdiobe, koji je doveo do danas prihvaćenih nivoa transformacije u gradskoj mreži 110/10/20, 110/30, 30/10, 10/0,4 kV.

Značajnije investicije u gradsku mrežu Zagreba započele su tek 1957. godine. Tada je mrežu grada sačinjavalo: 353 transformatorskih stanica 10/0,4 kV, 960 km vodova, oko 85.000 potrošača, a danas, tj. 1977. godine: 1.829 transformatorskih stanica 10/0,4 kV, 5.542 km vodova i 290.000 potrošača.

U periodu 1957—1977. gradili smo prosječno oko 45 transformatorskih stanica godišnje iz vlastitih sredstava, te oko 150 km vodova.

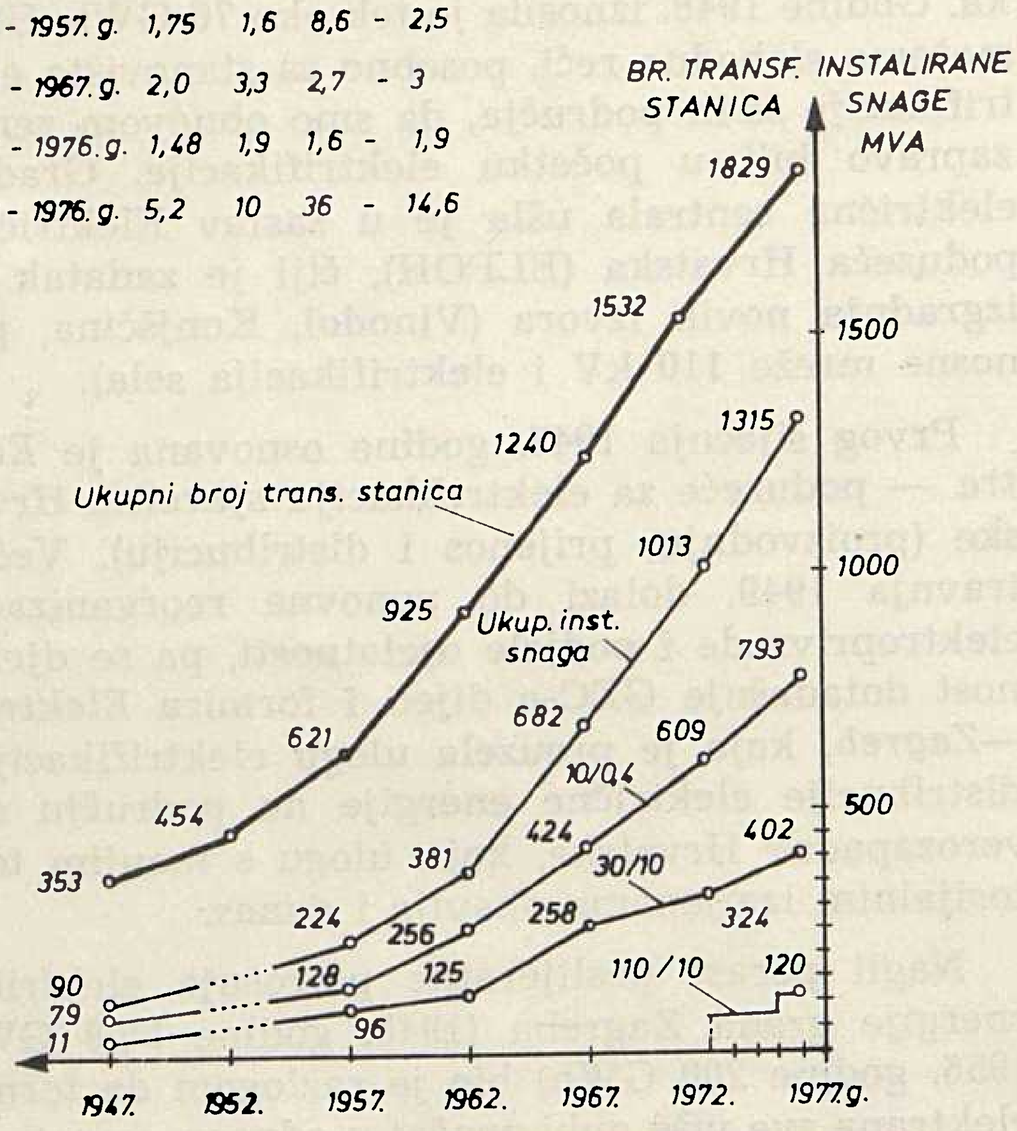
S obzirom da su zahtjevi konzuma brže rasli od izgradnje postrojenja — posljedica toga su loše naponske prilike — računamo da nam u gradskoj mreži nedostaje oko 200 transformatorskih stanica 10/0,4 kV snage × 500 kVA. To iznosi 100 MVA instalirane snage transformacije 10/0,4 kV, što čini oko 12% instalirane snage transformacije na tom naponu.

U razdoblju poslijeratnog razvoja potrošnje električne energije u gradu Zagrebu značajna su tri razdoblja:

1947—1957. — razdoblje opće elektrifikacije — — trend rasta potrošnje 10,6% godišnje

FAKTORI POVEĆANJA:

	uk. broj	INSTALIRANIH SNAGA u TS 10/0·4	u TS 30/10	u TS 110/10	ukupn.
1947 - 1957. g.	1,75	1,6	8,6	-	2,5
1957 - 1967. g.	2,0	3,3	2,7	-	3
1967 - 1976. g.	1,48	1,9	1,6	-	1,9
1947 - 1976. g.	5,2	10	36	-	14,6



Sl. 5. Broj instalirane snage transformatorskih stanica

1957—1967. — razdoblje intenzifikacije potrošnje — trend rasta potrošnje 12,6% godišnje

1967—1977. — razdoblje smirivanja potrošnje — — trend rasta potrošnje 5,8%

1947—1977. — trend rasta 9,8% godišnje.

RAZVOJ POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DO 2.000. GODINE

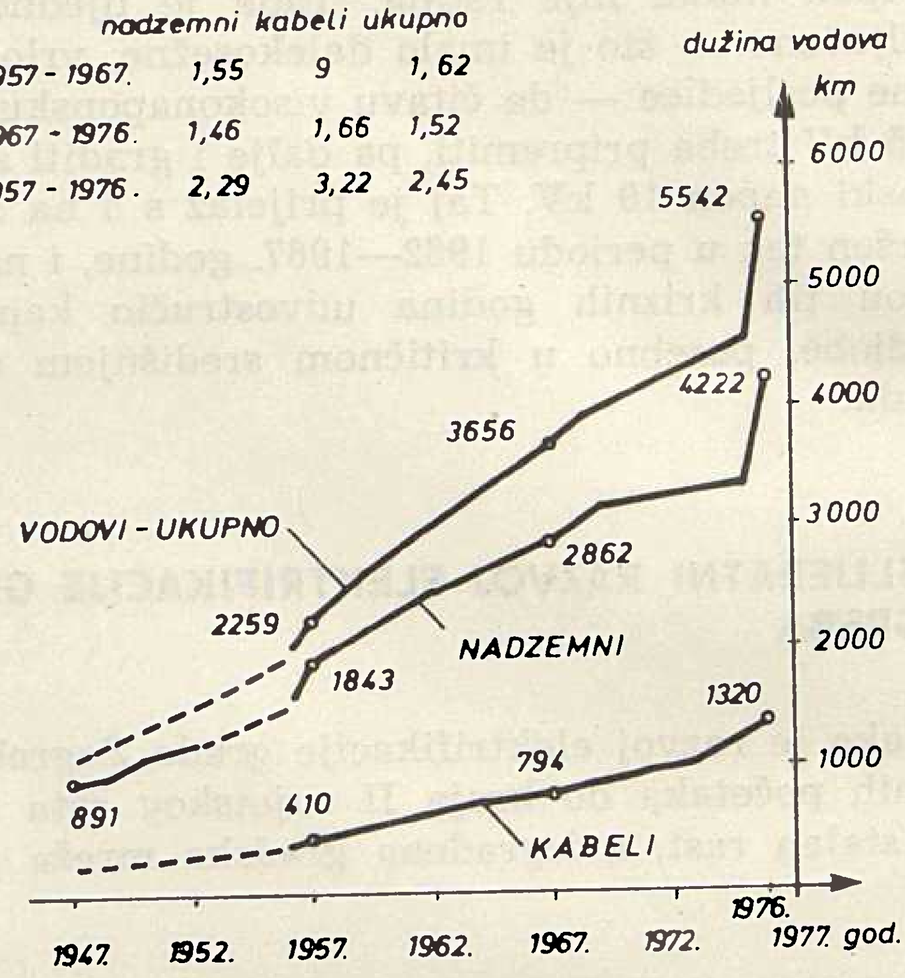
Prethodno navedene karakteristike razvoja elektrifikacije pojedinih razdoblja ne daju jednoznačnu mogućnost prognoziranja budućeg razvoja potrošnje. Poslužimo li se pravilom udvostručenja (7,2% godišnje), tada bi potrošnja i opterećenje iznosili:

Električna energija	(u 2.000 godini)	(u 1976. godini)
potrošnja (netto)	7.200 GWh	1.380 GWh
potrošnja (brutto)	7.850 GWh	1.504 GWh
opterećenje	1.500 MW	330 MW
potrošnja po stanovniku	6.000 kWh/god.	2.080 kWh/god.

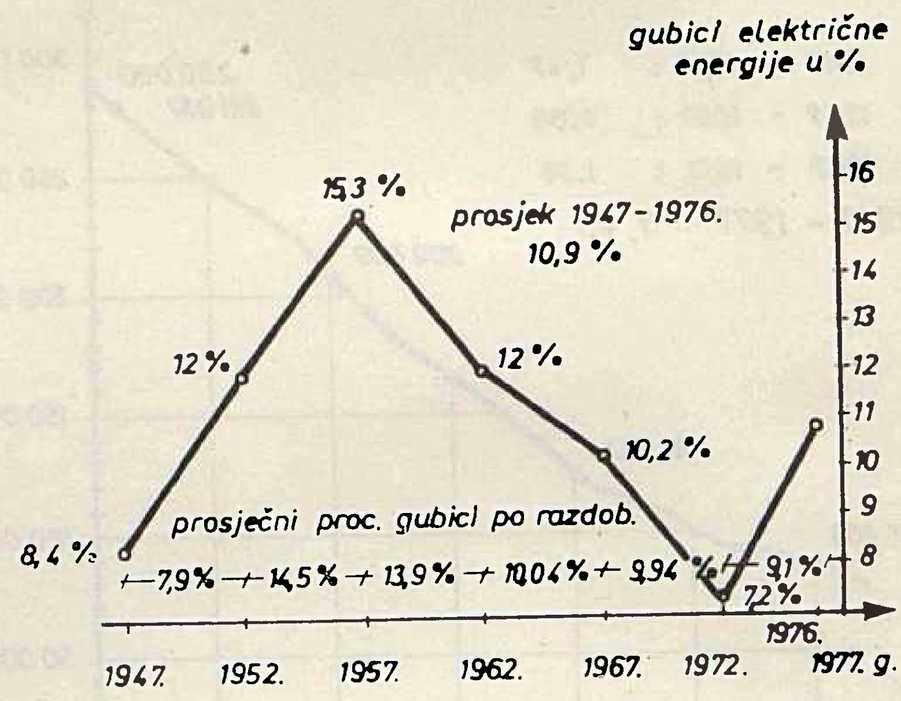
Ovo je bio prikaz razvoja elektrifikacije i potrošnje električne energije grada Zagreba u godini 70-godišnjeg jubileja. Mnoge interesantne pojedinosti ovdje nisu iznesene, posebno ne one koje su značile i znače preduvjet realizacije uspješnog razvoja: kadrovi, oprema, sredstva rada, samoupravna organiziranost itd. Čitalac koji ima potrebu ili interes, ove i druge detalje naći će u prigodnoj ediciji *Elektra* — 70 godina elektrifikacije grada

FAKTORI POVEĆANJA DUŽINE VODOVI

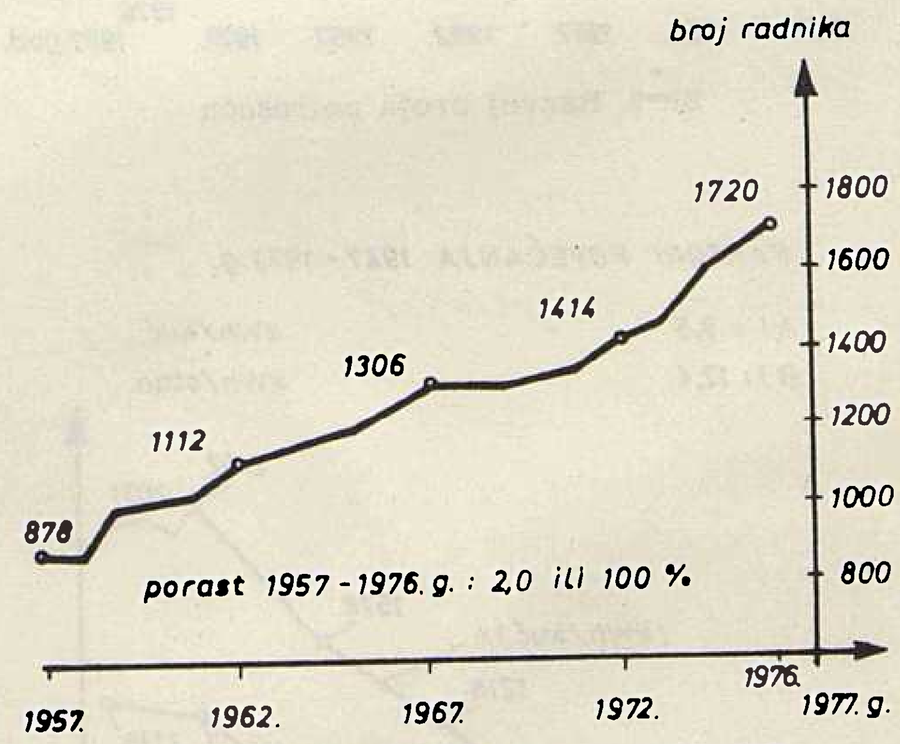
	nadzemni	kabeli	ukupno
1957 - 1967.	1,55	9	1, 62
1967 - 1976.	1,46	1,66	1,52
1957 - 1976.	2,29	3,22	2,45



Sl. 6. Dužina vodova distributivne mreže



Sl. 7. Procentualni gubici el. energije u distributivnoj mreži



Sl. 8. Kretanje broja radnika 1957—1976.

Zagreba — iz koje je i pisac ovog napisa crpio materijal, a koju su sažeto i s ukusom pripremili pripadnici kolektiva *Elektre* — dipl. inž. Miroslav Balling i dipl. politolog Stanko Posavec.

Naslov pisca:
Petar Kuzele, dipl. ing.
ELEKTRA — ZAGREB

20 GODINA JEDINSTVENOG JUGOSLAVENSKOG ELEKTRO-ENERGETSKOG SISTEMA

Boris Markovčić, Zagreb

Prije 20 godina (20. XII 1957) prvi je put paralelno vezana mreža 110 kV zapadnog i ecntralnog dijela Jugoslavije u jedinstven elektroprivredni sistem. Članak je posvećen ovom događaju. Opisano je stanje prijenosne mreže prije paralelnog vezanja i problemi koje je tom prilikom trebalo riješiti.

DK 621.317.1

Intenzivna elektrifikacija neke zemlje ili nekog većeg područja danas je nezamisliva bez izgrađenog jakog elektroenergetskog sistema do najviših naponskih nivoa.

Interkonektivni se vodovi danas izgrađuju za sve veće prijenosne snage, kako bi se prednosti interkonekcije mogle iskoristiti što efikasnije. Uštede na rezervama snage, povećanje ekonomičnosti rada termoelektrana i hidroelektrana te smanjenje sume vrhova opterećenja imaju za elektroprivredu toliko značenje da se mnogostruko isplate investicije uložene u objekte povezivanja.

Prvi koraci elektrifikacije, potkraj prošlog stoljeća, počeli su tzv. blok-centralama koje su napajale pojedine reprezentativne zgrade ili najviše blokove kuća. Tek nakon uvođenja transformacije i viših napona pojedina je elektrana mogla opskrbljivati veće naselje odnosno grad. Mnoga su naša mjesta dobila javne elektrane još prije kraja prošlog stoljeća (Beograd, Šibenik, Varaždin, Lipik, Subotica itd.), no do povezivanja pojedinih područja u sistemu s više elektrana, makar malih, prošlo je dosta godina.

Pogleda li se predratna »Karta električnih i centrala i dalekovoda Kraljevine Jugoslavije (1938)«, sl. 1, vidi se da je najveći dio zemlje pokriven pojedinačnim malim elektranama bez ikakvog značajnijeg prijenosa visokim naponom, a o nekom paralelnom povezivanju područja da se i ne govori. Premda je reprodukcija karte znatno smanjena, može se dobro razabrati gdje su se formirale električne mreže visokog napona.

U Hrvatskoj se tada rađao prvi mali elektroenergetski sistem oko Zagreba. Povezivanjem zagrebačke termoelektrane s elektranom Ozalj kraj Karlovca vodom od 30 kV (1929. g.) omogućena je izmjena energije između zagrebačkog i karlovačkog područja. Mreža ovog sistema širila se na sjeveroistok prema Križevcima i Bjelovaru, a na jugoistok prema Novoj Gradiški. Hrptenica sistema bila je mreža 30 kV.

Dalmacija je imala za ono vrijeme hidroelektrane značajne snage, ali nije postojao zajednički interkonektirani sistem. Svaka je elektrana radila odvojeno na svoje konzumno područje. Najviši prijenosni napon bio je 50 kV kojim se prenosila energija iz HE Kraljevac u Split i tvornicu u Dugom Ratu.

Slovenija je prije rata bila najnaprednija u elektroenergetskom povezivanju. Jasno su bile izražene dvije elektroenergetske mreže; mreža »Kranjskih deželnih elektran« sa 60 kV vezom na TE Velenje i mreža HE Fala, povezana vodom 80 kV Fala—Laško i vodom 35 kV Laško—Trbovlje s termoelektranom na trbovljanskim ugljenokopima. Napon 80 kV bio je prije drugog svjetskog rata najviši napon na teritoriju bivše Jugoslavije. Spajanjem ovih dviju mreža vodom 60 kV Podlog—Trbovlje (1939. g.) Slovenija je dobila svoj jedinstveni elektroenergetski sistem snage oko 70 MW.

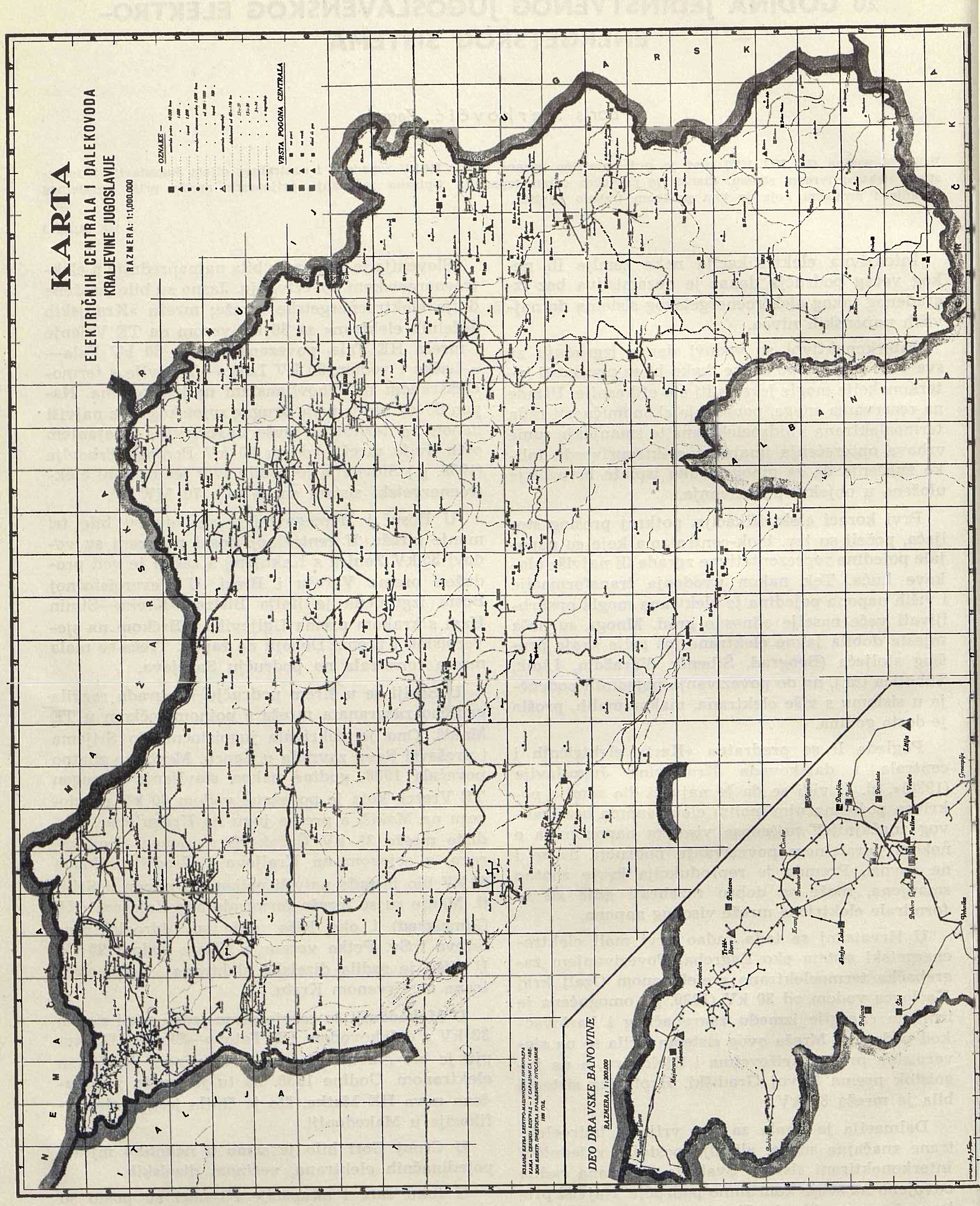
U Bosni i Hercegovini u razvoju su bile tri manje mreže. U centralnoj Bosni povezani su vodovi 35 kV Zenica s Kaknjem, a zatim je vod produžen prema Varešu i Brezi. U sjeveroistočnoj Bosni izgrađena je linija Bistrac—Kreka—Simin Ham s krakom prema Ugljeviku i Brčkom na sjeveroistok i prema Doboju na zapad. Treća se mala mreža formirala na području Sarajeva.

U Srbiji se u širem području Beograda razvila prilično razgranata mreža s pojnom točkom u TE Makiš. Ona je pokrivala jugoistočni dio Srijema i prešavši Savu završila u Šapcu. Mreža se znatno povećala 1938. godine nakon stavljanja u pogon TE Vrerci, koja je povezana vodom 60 kV na sjeveru na Makiš, a prema jugu na Kragujevac, središte mreže 35 kV Čačak—Kragujevac—Svetozarevo, s ocjepom na Kraljevo i Gradište. Napon 60 kV bio je tada najviši prijenosni napon u Srbiji. Manje su se mreže formirale oko Zaječara (HE Gamzigrad) i oko Niša, gdje su hidroelektrane Sićevo i Sv. Petka vezane s Nišom vodom 25 kV. U Nišu je radila dizelska elektrana i termoelektrana na Crvenom Krstu.

U Makedoniji se razvio samo jedan mali sistem 33 kV s dalekovodom HE Tetovo—Skopje. U Skopju je bio glavni konzum s rezervnom dizelskom elektranom. Godine 1938. na tu je mrežu priključena nova HE Matka, što je činilo jezgru elektrifikacije u Makedoniji.

U Crnoj Gori bilo je samo u nekoliko mjesta pojedinačnih elektrana, većinom dizelskih.

U toku rata i okupacije Nijemci su pošto su dio Slovenije proglasili sastavnim dijelom Reicha, počeli izgrađivati hidroelektrane na Dravi i u tom području podigli nekoliko vodova 110 kV.


KARTA
ELEKTRIČNIH CENTRALA I DALEKOVODA
KRALJEVINE JUGOSLAVIJE
RAZMERA: 1:1,000.000
– OZNAKE –
VRSTA POGONA CENTRALA
DEO DRAVSKE BANOVINE
RAZMERA: 1:200.000
KOLEKTIV KATEDRE ELEKTRO-MAŠINSKOG INŽINJERSTVA
VIŠA – SEKCIJA BEOGRAD – U SARADNJI SA GLAVNOM ZOM ELEKTR. PREDUZEĆA KRALJEVINE JUGOSLAVIJE
1938 GOD.
N E M A Č K A
I T A L I J A
M A Đ A R S K A
A L B A N I J A
B U G A R S K A
Maribor
Ljubljana
Zagreb
Osijek
Beograd
Sarajevo
Split
Skoplje
Prizren
Peć
Priština
Kosovska Mitrovica
Trbovlje
Jesenice
Litija
Vrhnika
Fužine
Ljubljana
Mojstrana
Žirovnica
Tržič-Bor
Kranj
Jezero
Jezero Lokva
Polhov Gradec
Polhov Gradec
Polhov Gradec

Za napajanje Zagreba izgrađen je 1943. vod Raihenburg (Brestanica)—Zagreb, dimenzioniran za 110 kV, ali privremeno stavljen pod napon 35 kV. Mreža iz HE Fala, koja je prije rata opskrbljivala Varaždin električnom energijom, produžena je kroz Hrvatsko zagorje do Oroslavlja, tj. sjevernog područja Zagrebačke gore.

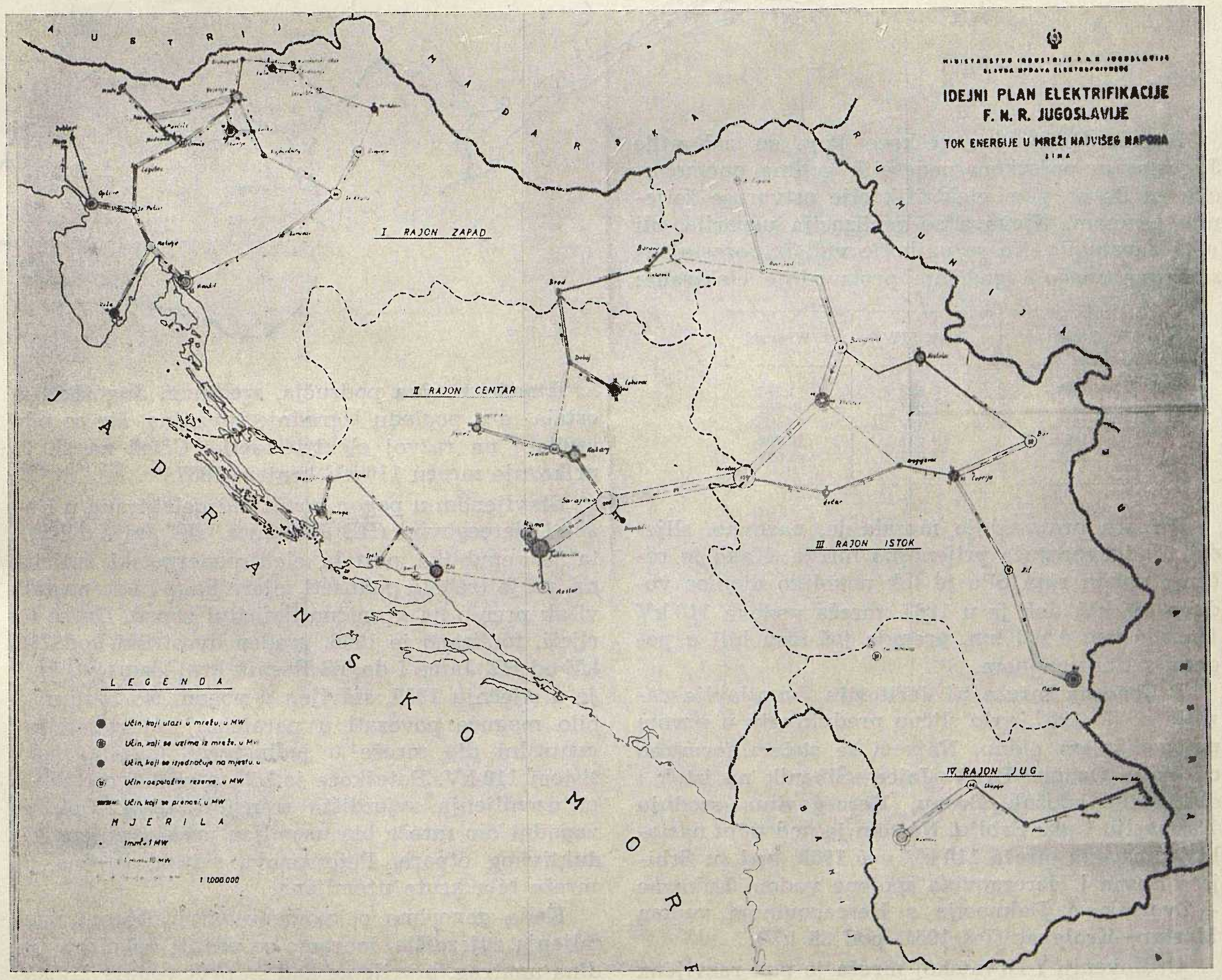
U Srbiji je, s obzirom na važnost bakra u ratnoj industriji, građen vod 110 kV TE Kostolac—Bor, ali nije dovršen. U pogon je stavljen u novoj Jugoslaviji.

Opisana izgrađenost mreže na teritoriju Jugoslavije zatečena je nakon oslobođenja zemlje, ali u dotrajalom i ruševnom stanju. Priključenjem Istre i Slovenskog primorja matici zemlji, preuzeta je i visokonaponska električna mreža napona 50 kV i 132 kV kojom su hidroelektrane Doblar i Plave vezane na razvodnu i transformatorsku stanicu u Općinama. Odatle je jedan krak dvostrukih vodova išao do Matulja kraj Rijeke, a drugi do Pule s otcjepom u Sv. Vinčentu za Rašu.

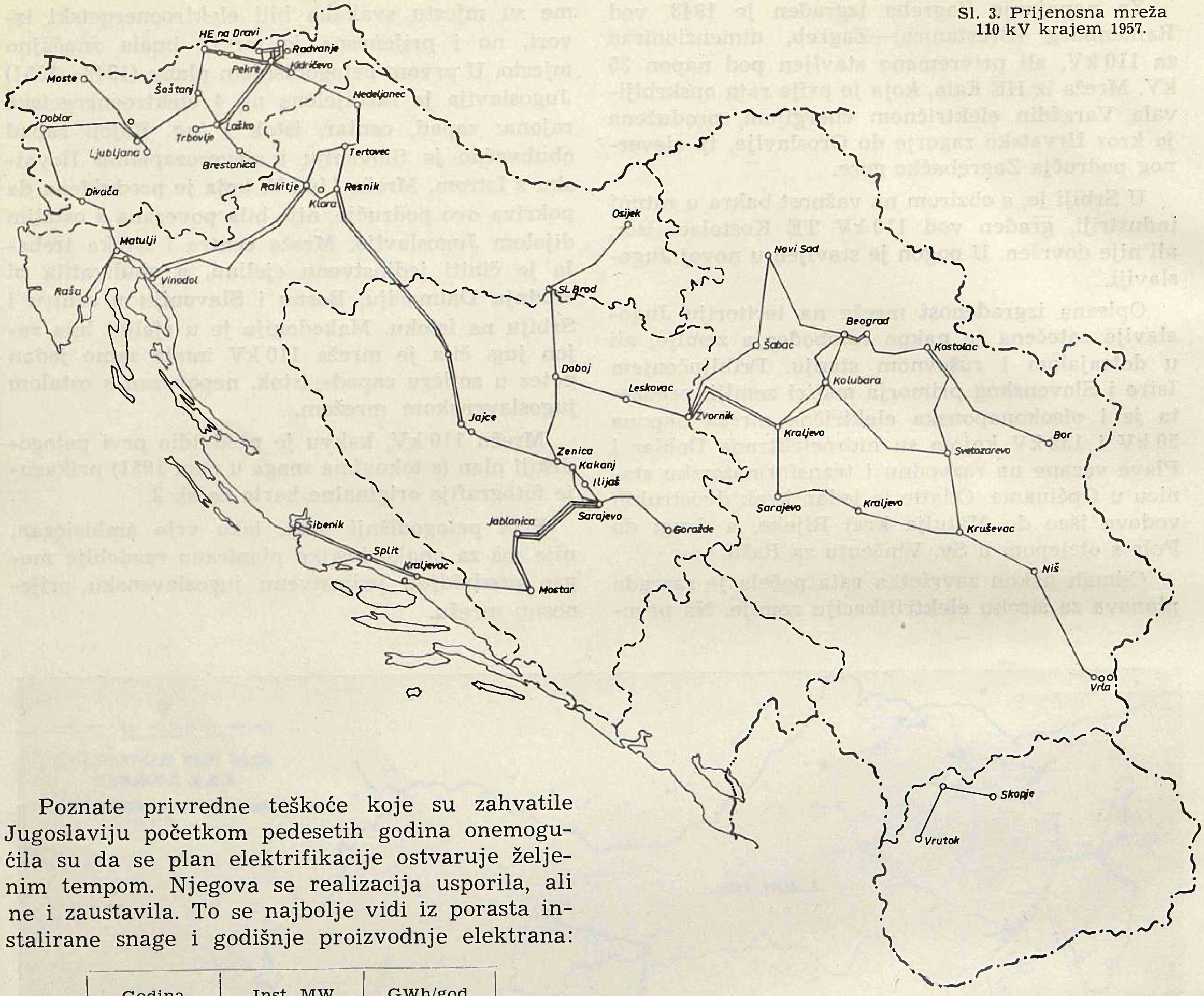
Odmah nakon završetka rata počela je razrada planova za široku elektrifikaciju zemlje. Na prvome su mjestu svakako bili elektroenergetski izvori, no i prijenosna je mreža imala značajno mjesto. U prvom petogodišnjem planu (1946—1951) Jugoslavija je razdijelena na 4 elektroenergetska rajona: zapad, centar, istok i jug. Rajon zapad obuhvaćao je Sloveniju i sjeverozapadnu Hrvatsku s Istrom. Mreža 110 kV, koja je predviđena da pokriva ovo područje, nije bila povezana s ostalim dijelom Jugoslavije. Mreža centra i istoka trebala je činiti jedinstvenu cjelinu, a obuhvatila bi srednju Dalmaciju, Bosnu i Slavoniju u centru i Srbiju na istoku. Makedonija je u cjelini bila rajon jug, čija je mreža 110 kV imala samo jedan potez u smjeru zapad—istok, nepovezan s ostalom jugoslavenskom mrežom.

Mrežu 110 kV, kakvu je predvidio prvi petogodišnji plan (s tokovima snaga u zimi 1951) prikazuje fotografija originalne karte na sl. 2.

Prvi petogodišnji plan, iako vrlo ambiciozan, nije još za onako kratko planirano razdoblje mogao predvidjeti jedinstvenu jugoslavensku prijenosnu mrežu.



Sl. 2. Prijenosna mreža 110 kV prema prvom petogodišnjem planu



Sl. 3. Prijenosna mreža 110 kV krajem 1957.

Poznate privredne teškoće koje su zahvatile Jugoslaviju početkom pedesetih godina onemogućila su da se plan elektrifikacije ostvaruje željenim tempom. Njegova se realizacija usporila, ali ne i zaustavila. To se najbolje vidi iz porasta instalirane snage i godišnje proizvodnje elektrana:

Godina	Inst. MW	GWh/god.
1947.	528	1 453
1951.	693	2 551
1957.	1 760	6 252
1967.	4 527	18 702
1976.	10 073	43 573

Porastu proizvodnje morala je, naravno, slijediti i odgovarajuća prijenosna mreža. Kako je rečeno, nakon rata bilo je tek nekoliko dionica vodova 110 kV, dok je u 1957. mreža vodova 110 kV iznosila već 4 100 km, premda još nisu bili u pogonu s tim naponom.

Prijenosna mreža na teritoriju Jugoslavije razvila se do 1957. vrlo slično predviđanju u prvom petogodišnjem planu. Najveći se sistem formirao od linije Osijek—Brod—Jajce—Šibenik na istok i obuhvatio istočnu Bosnu, Hercegovinu, srednju Dalmaciju i užu Srbiju. Na tom je području nastala jedinsvena mreža 110 kV već 1955, kad su Srbija i Bosna i Hercegovina spojene vodom Lukavac —Zvornik, a Dalmacija s Hercegovinom vodom Mostar—Kralevac (još 1951. pod 35 kV).

U Sloveniji i Hrvatskoj mreža je pak razvijena zapadno od linije Varaždin—Zagreb—Vinodol.

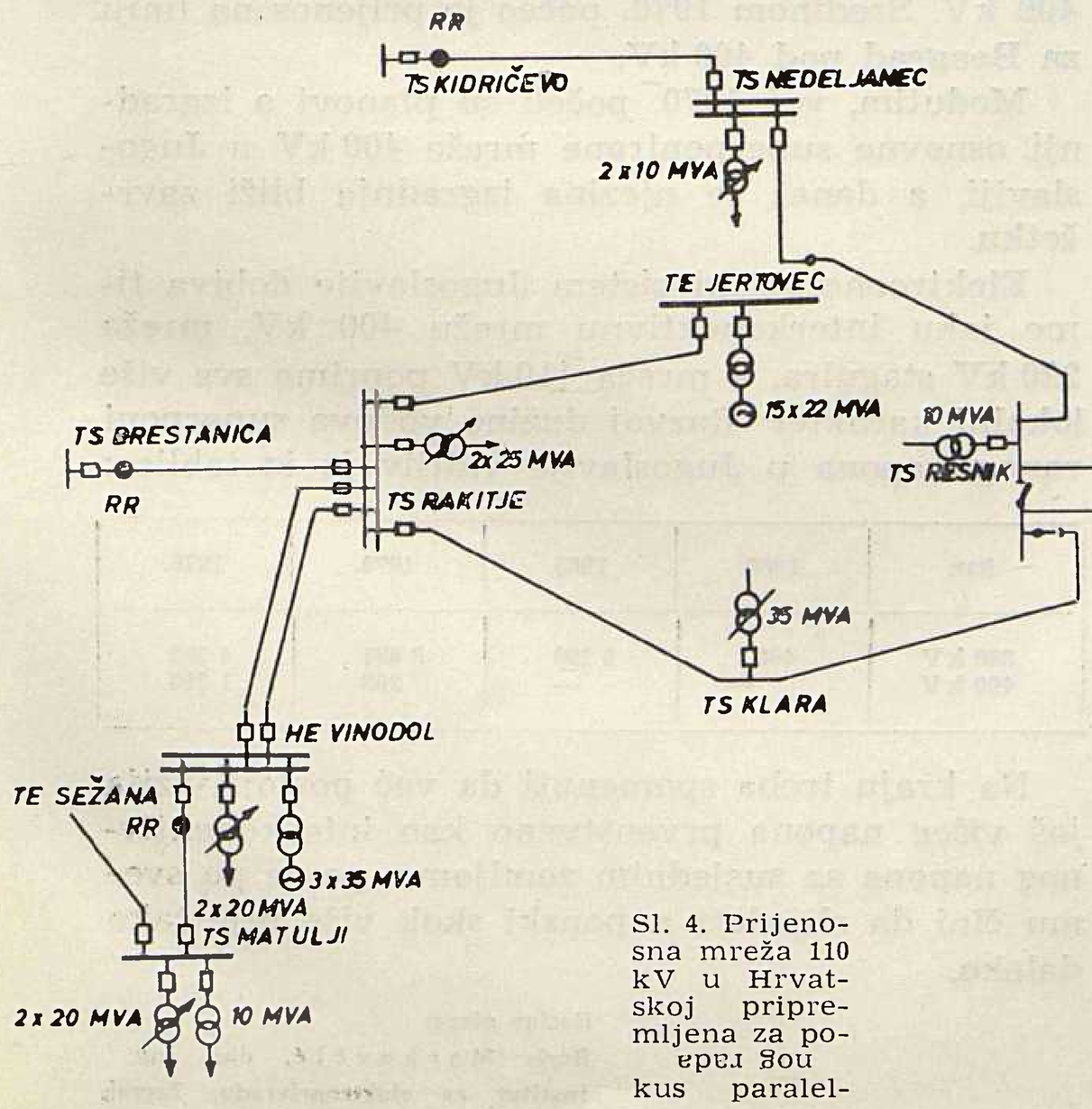
Između ta dva područja, sredinom Jugoslavije, ostala je u pogledu izgradnje praznina, što se odrazila i na razvoj elektrifikacije. Crtež na sl. 3. prikazuje mrežu 110 kV krajem 1957.

Stavljenom u pogon novih hidroelektrana u Bosni i Hercegovini (HE Jablanica, HE Jajce I i II), ta je republika postala elektroenergetski suficitna, pa je trebalo poduzeti mjere kako bi se nastali višak prenio na kronično deficitni zapad. Da se to riješi, forsirano je 1956. građen dvostruki vod 110 kV od HE Jajce I do TS Resnik kraj Zagreba, koji je u siječnju 1957. stavljen u pogon. No time nije bilo moguće povezati u paralelan rad zapadni i centralni dio mreže u jedinstveni jugoslavenski sistem 110 kV. Poteškoća je bila u različitoj tehnici uzemljenja zvjezdišta transformatora. Dok je zapadni dio mreže bio uzemljen preko velikog induktivnog otpora, Petersenova svitka, istočna je mreža bila kruto uzemljena.

Kada govorimo o spomenutom problemu uzemljenja zvjezdišta, moramo se vratiti nekoliko godina unatrag, u vrijeme kad su prvi vodovi 110 kV ulazili u pogon. Oni su tada radili s izoliranim

zvjezdištem. Među elektroprivrednim stručnjacima započele su obimne diskusije o najpovoljnijoj tehnici uzemljenja zvjezdišta. Godine 1952. odlučuju se u Sloveniji na uzemljenje preko Petersonova svitka, a takvu odluku prihvaćaju zatim u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Bojazan od prevelikih struja zemljospoja i nepovoljnog utjecaja na telekomunikacione vodove bio je glavni razlog usvajanja indirektnog uzemljenja. Smatralo se da je u tom pogledu naročito ugrožena Slovenija, a posebno dolina Drave. Uzemljenje preko Petersenovih prigušnica provedeno je na zapadu 1954, premda je već 1953. Stručni savjet elektroprivrede Hrvatske donio odluku da se nova postrojenja projektiraju s mogućnošću prijelaza na direktno uzemljenje. Naprotiv, u Srbiji, a zatim u Bosni i Hercegovini i Dalmaciji, provedeno je kruto uzemljenje zvjezdišta transformatora. U prilog takvom rješenju govorila je činjenica da je većina transformatora dobivena od UNRRA-e predviđena za kruto uzemljenje, a osim toga bio je i problem s dobavom Petersenovih svitaka. Treba još spomenuti i to, da su na odluku o krutom uzemljenju osjetno utjecali stručnjaci EdF koji su dulje vrijeme boravili u Srbiji i Bosni.

U momentu kad je trebalo priključiti novoizgrađeni vod iz Bosne, postrojenja u Sloveniji i ona građena prije 1953. u zapadnoj Hrvatskoj nisu mogla prijeći na pogon s krutim uzemljenjem. U proljeće 1957. bila je elektroenergetska pomoć Bosne zapadu neophodna i neko se rješenje svakako moralo naći. Vrh opterećenja prethodne zime 1956/57. bio je na zapadu 230 MW, a u centru i istoku 440 MW, kako je rečeno, s osjetnim manjkom na zapadu. Kao nužno i provizorno rješenje morao je dio mreže 110 kV zapada biti odvojen od zapadnog sistema i priključen na vod Jajce—Zagreb. Već prema elektroenergetskoj situaciji prebacivane su transformatorske stanice Resnik i Klara na zapadni ili centralni sistem. Namjeravale su se također prebaciti TE Zagreb, TE Konjščina i HE Vinodol povremeno na istoči sistem, no do toga nije došlo prvenstveno stoga što je postojala bojazan da se opasno ne smanji sigurnost zapadnog sistema u cjelini.



Sl. 4. Prijenosna mreža 110 kV u Hrvatskoj pripremljena za pokus paralelnog pogona

Ovakav pogon, naravno, nije mogao zadovoljiti opskrbu toliko značajnog područja kao što je zagrebačko, to više što su naponske prilike, zbog pomanjkanja jalove snage, bile vrlo loše. Trebalo je, dakle, dalje studirati problem i naći u danim prilikama povoljnije rješenje pogona. Jedna od mogućnosti bila je ta da se mreže s različitim načinom uzemljenja spoje preko rastavnih releja. Releji bi se ugradili na spojnim vodovima različito uzemljenih mreža, a zadaća bi im bila da mreže rastave u slučaju zemnog spoja u mreži s Pererseновim svicima, a da ne reagiraju na zemni spoj u kruto uzemljenoj mreži. Zaštitu u kruto uzemljenoj mreži preuzeli bi distantni releji. Takav je pogon u ono vrijeme već iskušan u nekoliko zemalja, pa je on na kraju ostao, za tadašnje prilike, jedina alternativa.

U vezi s paralelnim spajanjem rađeno je niz studija i analizatorskih ispitivanja u elektroprivrednim institutima u Beogradu, Zagrebu i Ljubljani, pa je konačno donesena odluka da se izvede pokus trodnevnog paralelnog rada. Pokus je trebao pokazati kako će se vladati jedinstvena 110 kV mreža i što treba poduzeti da bi takav pogon bio pouzdan.

Konfiguraciju mreže u zapadnoj Hrvatskoj pred pokusno povezivanje prikazuje sl. 4. U shemi su ucrtane sklopke, bitni rastavljači i rastavni releji. Oni su ugrađeni u vodna polja u TS Kidričevo, TE Brestanica i HE Vinodol. Iz sheme je također vidljivo da polja 110 kV u TS Resnik još nisu opremljena, pa je jedna trojka voda 110 kV iz Jajca završila na sklopki u TS Nedeljanec, a druga u TS Rakitje. Sklopka pak u TE Jertovec prema TS Nedeljanec bila je otvorena. Oba su ova voda u području Zagreba imala kao otcjepe priključene transformatore. Onaj u TS Klara bio je regulacioni, a onaj u TS Resnik, koji je opskrbljivao važni industrijski istok Zagreba, bio je neregulacioni, što je znatno otežalo pogonske prilike. Prema tome je spoj zapadnog i centralnog sistema s obzirom na naponski nivo 110 kV bio vrlo dugačak. Trojka od HE Jajce I do TS Nedeljanec imala je 245 km, a do TS Rakitje 205 km.

Nakon opisanih opsežnih priprema utvrđeno je provođenje pokusa za 20, 21. i 22. prosinca 1957, sa sjedištem rukovodstva pokusa u Zagrebu.

Neposredno prije početka ispitivanja trebalo je:

a) izraditi program pokusa,

b) utvrditi uklopno stanje mreže i vozni red elektrana,

c) osigurati pouzdane telefonske veze,

d) koordinirati rad s dispečerima i pogonskim službama i dati potrebne upute.

Pokusi su počeli u petak 20. prosinca 1957. oko 8 sati ujutro sinhronizacijom zapadnog sistema na centralni. Sinhronizacija je izvedena u TS Rakitje, no zbog nekih krivih spojeva na uređaju izbacila je pri tome sklopku u HE Jajce I. Nakon popravka uređaja, uspješna je sinhronizacija izvedena u toj elektrani. Zatim je ubačena i sklopka na drugoj trojki voda u TS Nedeljanec, čime su oba sistema povezana s dvije trojke u petlji. Time je dakle prvi put radio paralelno cijeli jugoslavenski elektroenergetski sistem osim onog u Makedoniji.

Nakon povezivanja naponi su u području Zagreba bili znatno bolji, a sistem je radio bez poteškoća.

Pokus je nastavljen snižavanjem frekvencija u sistemu. Time se htjelo vidjeti koliko će pasti opterećenje i kako će se ponašati regulatori u elektranama. Taj pokus nije doduše potpuno uspio, ali je ipak dobiven uvid u vladanje sistema.

Nadalje je slijedilo, prema programu, izbacivanje agregata u elektranama, kako bi se ispitalo može li sistem izdržati takve udarce. Izbacivan je alternativno po jedan agregat u HE Jajce, Vinodol i TE Šoštanj. Sistem je izdržao sva izbacivanja. ali se snižena frekvencija sporo oporavljala.

Izbacivani su također neki važniji vodovi 110 kV, no pokazalo se da to ne izaziva ozbiljnije poteškoće.

Da se pak provjeri rad releja, u toku 21. i 22. prosinca izazivani su na različitim vodovima umjetni dozemni spojevi. Prvo udešenie rastavnih releja izvedeno je na temelju rezultata analizatorskih mjerenja. Pokusi su pak trebali pokazati koje je udešenje stvarno najprikladnije. Zemni su spojevi izazvani na vodovima gašene i kruto uzemljene mreže. Prorada rastavnih releja nije bila baš najpouzdanija, a utvrđno je i nepravilno reagiranje nekih drugih releja. Na primjer, prilikom izazivanja zemnog spoja na vodu 110 kV Vinodol —Rakitje, zbog zakazivanja zaštite, luk je na izolatoru trajao čak 55 sekundi.

Provedeni pokusi bili su vrlo dragocjeni jer se u živoj mreži utvrdilo da je paralelni pogon čitavog sistema moguć i za one prilike dovoljno pouzdan ako se isprave uočene smetnje.

Kako god je rad s rastavnim relejima izgledao kao izvanredna i provizorna mjera, on se održao do danas, uz nešto promijenjenu lokaciju releja.

Premda su izgradnjom superponirane mreže 220 kV međurepubličke veze 110 kV izgubile mnogo na važnosti, one još postoje za neposrednu izmjenu energije.

Porast elektroenergetskog sistema Jugoslavije nije, međutim, stagnirao. Znatan i brz porast potrošnje električne energije u svim područjima Jugoslavije tražio je prijenose sve veće snage, pa je trebalo već zarana misliti na prijelaz na viši naponski nivo iznad 110 kV. Već tokom razrade prvog petogodišnjeg plana elektrifikacije zemlje dana je vizija buduće mreže napona 220 kV. U Hrvatskoj se krajem 1958. započelo s pripremama za projektiranje i gradnju vodova tog napona. Prvi generalni projekt izrađen je 1954. za dalekovod 220 kV sjeverozapadna Hrvatska—Dalmacija.

Prvi dalekovod koji se u Jugoslaviji gradio za napon 220 kV bio je upravo vod Jajce I—Zagreb, koji je s dvije trojke 110 kV, kako je opisano, povezao jugoslavenske elektroenergetske sisteme. Projektom je previđeno da će se vod s vremenom pregraditi, tako da se 6 montiranih vodiča dvostrukog voda 110 kV skupe u jednu trojku s dva vodiča u snopu, pojača izolacija i prijeđe na 220 kV. No do toga, kao što znamo, nikada nije došlo. Prvi vod u Jugoslaviji, građen kompletno za 220 kV bio je vod Mostar—Zakučac, završen potkraj 1957. i privremeno stavljen pod napon 110 kV.

No prvi pak vod u Jugoslaviji koji je stavljen pod nakon 220 kV bio je 1960. vod HE Bistrica—TS Beograd, dug 200 km. Zatim, odmah slijedeće godine, izgrađen je u Hrvatskoj i stavljen pod napon 220 kV vod Zakučac—Brinje—Mraclin, dug oko 350 km. Taj je vod izgrađen prvenstveno zbog mogućnosti prijenosa hidroenergije iz nove HE Zakučac na zapad. Zbog toga je i stavljen u pogon kad i prvi agregat ove hidroelektrane.

No potrebe elektrifikacije ubrzo su prerasle i taj naponski nivo. Opet je jedna hidroelektrana bila razlogom da se prijeđe na slijedeći viši naponski nivo. Veliku snagu HE Đerdap trebalo je prebaciti prema važnim potrošačkim centrima Beogradu i Boru, a to je bila uz gledanje dalje perspektive, ekonomski najpovoljnije vodovima 400 kV. Sredinom 1970. počeo je prijenos na liniji za Beograd pod 400 kV.

Međutim, već 1970. počeli su planovi o izgradnji osnovne superponirane mreže 400 kV u Jugoslaviji, a danas se njezina izgradnja bliži završetku.

Elektroenergetski sistem Jugoslavije dobiva time jaku interkonektivnu mrežu 400 kV, mreža 220 kV stagnira, a mreža 110 kV poprima sve više lokalni karakter. Razvoj dužine vodova superponiranog napona u Jugoslavije vidljiv je iz tablice:

km	1960.	1965.	1970.	1976.
220 kV	409	2 290	3 691	4 553
400 kV	—	—	203	1 396

Na kraju treba spomenuti da već postoji vizija još višeg napona prvenstveno kao interkonektivnog napona sa susjednim zemljama, pa se po svemu čini da slijedeći naponski skok više nije tako daleko.

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

NEKE TENDENCIJE RAZVOJA GRADSKIH MREŽA 110 kV

Antun Fagarazzi, Zagreb

Uvođenje napona 110 kV u urbanim područjima zahtijeva odgovarajuće planiranje distributivnih mreža. Na primjerima nekoliko evropskih gradova obuhvaćena je problematika mreža 110 kV koja se odnosi na razvoj i ograničenje snage tropolnog kratkog spoja, oblikovanje mreža, planiranje transformatorskih stanica 110/10 kV i pojednostavnjene sheme otvorenih i oklopljenih postrojenja.

DK 621.316.1

1. UVOD

1.1. Gustoća opterećenja i naponske razine

Električne distributivne mreže u velikim gradovima posljednjih se godina sve više razvijaju. Taj razvoj je posljedica velikih gustoća opterećenja i tehničkog razvoja elemenata mreže. Pri tome se posebna pozornost poklanja planiranju mreža, uzimajući u obzir tehničke i ekonomske kriterije.

Gustoća opterećenja u biti ovisi o vrsti izgradnje (industrija, središte grada, višekatna i individualna izgradnja) i stupnju elektrificiranosti, tako da se sadašnje i buduće opterećenje može kretati u vrlo širokom opsegu. Na osnovi podataka iz literature može se za orijentaciju navesti da se u modernim gradovima najveće gustoće opterećenja kreću od 20 do 100 MW/km². Primjenom termoakumulacionog grijanja u središtima gradova — što ima velik utjecaj na oblikovanje mreže — javljaju se još veće gustoće opterećenja. Na osnovi dosadašnjeg iskustva smatra se da je predviđanje tehničkog razvoja elemenata mreže pouzdanije nego prognoze o opterećenju i gustoći opterećenja. Zato se od distributivne mreže zahtijeva velika sposobnost prilagođavanja, to jest mogućnost etapne izgradnje ovisno o potrebama konzuma.

Velike gustoće opterećenja uvjetuju povećanje snage transformacije u pojnim točkama srednjonaponske mreže, što nadalje dovodi do porasta naponskih razina. Visoki naponi, koji su ranije imali isključivo prijenosni karakter, preuzimaju u gradovima distributivnu ulogu. Na taj način se umjesto četveronaponskog sustava transformacije uvodi tronaponski sustav u kojem se zadržava samo jedan srednji napon. Kod stupnjevanja napona visoki napon/srednji napon/niski napon, najčešće se primjenjuje 110/10/0,4 kV ili 110/20/0,4 kV. Dinamika odumiranja starog sustava i uvođenja novog sustava ovisi o prilikama u postojećoj mreži i porastu konzuma.

Primjena napona 110 kV u distribuciji zahtijeva dugoročno planiranje mreže. S obzirom na uložena velika investicijska sredstva i životnu dob elemenata mreže, plansko razdoblje bi trebalo iznositi najmanje trideset godina. Pod planiranjem se razumijeva planiranje čitavog distributivnog sustava, to jest planiranje mreža svih naponskih razina. Kod izbora optimalnog rješenja ne treba uzeti u obzir samo najmanje troškove na neku fiktivnu konačnu izgradnju, nego i voditi računa o postepenom razvoju mreže sa što manjim prijevremenim investicijama.

1.2. Problematika gradskih mreža 110 kV

Uvođenjem napona 110 kV u gradskim distributivnim mrežama javlja se niz problema, kao što su na primjer:

1. dovođenje velikih snaga na relativno malo i gusto izrađeno područje,
2. osiguranje potrebnih koridora nadzemnih i kabelskih vodova 110 kV i lokacija transformatorskih stanica 110/10 kV,
3. zahtjev visoke pouzdanosti napajanja,
4. ograničenje snage kratkog spoja u mreži 110 kV,
5. definiranje koncepcije mreže 380 kV, 110 kV i 10 kV,
6. prikladna etapna izgradnja mreže,
7. izbor optimalne snage transformatorskih stanica 110/10 kV,
8. izgradnja pojednostavnjenih transformatorskih stanica 110/10 kV radi smanjenja troškova i prostora,
9. način zaštite mreže 110 kV,
10. primjena informacijskog sustava kod upravljanja i nadzora.

Ovaj rad se bazira u prvom redu na inozemnim rješenjima, na osnovi kojih bi se moglo reći da se pri izgradnji gradskih mreža javljaju dvije osnovne tehnike, prva je klasična a druga je moderna:

1. nadzemni vodovi 110 kV i transformatorske stanice s otvorenim konvencionalnim postrojenjem 110 kV,

2. kabelski vodovi 110 kV i transformatorske stanice s metalom oklopljenim postrojenjem 110 kV izoliranim plinom SF_6 (sumporni heksafluorid).

Česta su i kombinirana rješenja, to jest oklopljeno postrojenje 110 kV može se priključiti na nadzemnu mrežu 110 kV ili se u otvoreno postrojenje 110 kV mogu uvesti kabeli 110 kV. Klasična rješenja su jeftinija, naročito kada se to odnosi na

vodove, te se primjenjuju uvijek kada to urbane prilike dozvoljavaju. Zahtjev za izgradnjom transformatorskih stanica 110/10 kV u težištima konzuma dovodi sve češće do modernijih, ali zato skupljih izvedbi. Danas se već nalaze u pogonu čitave gradske mreže 110 kV s postrojenjima u SF_6 tehnici i kabelskim vodovima.

Za naše jugoslavenske, a posebno zagrebačke prilike zanimljiva su i jedna i druga rješenja. Ovaj rad je pokušaj da se sagleda aktualna problematika na ovom području. Budući da su rješenja gradskih mreža 110 kV u inozemstvu uvjetovana drugačijim prilikama, često se u nas ne mogu primijetiti, ali mogu poslužiti kao korisno iskustvo.

2. SNAGA TROPOLNOG KRATKOG SPOJA U MREŽI 110 kV

2.1. Dosadašnji razvoj snage tropolnog kratkog spoja

U gradskim mrežama 110 kV javlja se problem porasta snage odnosno struje tropolnog kratkog spoja zato jer su opterećenja sve veća, a relativno kratki vodovi ne znače dovoljno prigušenje. Porast snage kratkog spoja ovisi o pogonskim zahtjevima mreže, ali i o tehničkim mogućnostima elemenata mreže. Prema razvoju snage kratkog spoja u mreži 110 kV SR Njemačke mogu se do sada razlikovati dva razdoblja (lit. 1):

1. Početna faza s neograničenim porastom snage kratkog spoja. Povećanjem opterećenja mreža se sve više zatvarala u zamku, tako da je oko 1960. godine snaga kratkog spoja dostigla iznos od 4 000 MVA. Većina postrojenja bila su dimenzionirana za 4 000 MVA.

2. Prijelazna faza s jako zakočenim porastom snage kratkog spoja. Primjenom mjera za ograničenje snage kratkog spoja omogućen je pogon postrojenja s nižim kratkospojnim karakteristikama. Nova postrojenja su uglavnom bila projektirana za 5 000 MVA.

Pojačanje postojećih postrojenja ne predstavlja nesavladiv problem, ali je iz pogonskih i financijskih razloga neprikladno. Zato su se najčešće provodile ove mjere za ograničenja snage kratkog spoja u mreži 110 kV:

1. Odvojeni pogon sabirnica je najjednostavnije rješenje. Uvjetuje postrojenja s više sabirničkih sustava, a može se primijeniti samo tamo gdje ne utječe na sigurnost napajanja potrošača.

2. Otvaranje zamkastih mreža i stvaranje galvanski odvojenih grupnih mreža. To je najperspektivnije rješenje, ali zahtijeva pravovremeno definiranje buduće mreže.

3. Ugradnja prigušnica u postojeću mrežu je djelotvoran način, ali uglavnom privremenog i lokalnog karaktera (lit. 2).

4. Brzo razdvajanje u slučaju kratkog spoja znači podjelu mreže u dva dijela, što dovodi do smanjenja snage kratkog spoja. Postrojenje u kojem je ugrađena limitirajuća spojka dimenzionirano je za veću snagu kratkog spoja nego što su to rasklopne snage ugrađenih prekidača. Iako se može uspješno primjenjivati, predstavlja vremenski ograničeno rješenje.

Dosadašnje iskustvo s gustim zamkastim mrežama 110 kV u velikim gradovima pokazuje da se već pri opterećenju mreže ispod 1000 MVA moraju poduzeti mjere za zadržavanje snage kratkog spoja na 5000 MVA. Pri tome se bezuvjetno zahtijeva da se mreža 110 kV odmah galvanski podijeli u više dijelova i da se mreži 110 kV superponira viša naponska razina. Tako je, na primjer, u Hamburgu 1961. godine pri opterećenju oko 900 MW mreža 110 kV bila u pogonu kao zamkasta, a snaga spoja nije prekoračivala iznos od 4000 MVA (lit. 3). Od 1962. godine zamkasti pogon se postepeno napušta, da bi se 1970. pri opterećenju oko 1450 MW uveo napon 380 kV i mreža potpuno podijelila.

2.2. Budući razvoj snage tropolnog kratkog spoja

Priključak distributivne mreže 110 kV na prijenosnu mrežu 380 kV ostvaruje se izgradnjom transformatorskih stanica 380/110 kV velikih instaliranih snaga, što ima za posljedicu porast snage kratkog spoja na strani 110 kV. U Hamburgu su, na primjer, predviđene stanice s četiri transformatora nazivne snage po 300 MVA. Rashladni uređaji su tako dimenzionirani da je moguće trajno preopterećenje transformatora do 400 MVA, što se koristi u slučaju kvara na jednoj transformatorskoj jedinici. Po dva transformatora rade paralelno, tako da kod snage kratkog spoja u mreži 380 kV od 40 000 MVA i napona kratkog spoja transformatora od najmanje 18% (nazivna vrijednost je 20%) snaga kratkog spoja na sabirnicama 110 kV ne prelazi 5 000 MVA.

Primjena većih transformatora 380/110 kV od navedenih standardnih jedinica ne dolazi u obzir jer se smatra da je potpuno opravdano ograničenje snage kratkog spoja na 5 000 MVA. Pri tome jedna galvanski odijeljena grupna mreža 110 kV može biti opterećena s maksimalno 600 MVA odnosno 800 MVA. Predviđa se da će se u dogledno vrijeme kod pretežnog dijela postrojenja 110 kV zadržati vrijednost snage kratkog spoja na 5 000 MVA. Manji broj postrojenja će trebati dimenzionirati za 7 500 MVA, i to je iznos koji se sigurno ne bi smio prekoračiti. Za tu snagu se dimenzioniraju i postrojenja 110 kV u transformatorskim stanicama 380/110 kV.

2.3. Elementi mreže i snaga tropolnog kratkog spoja

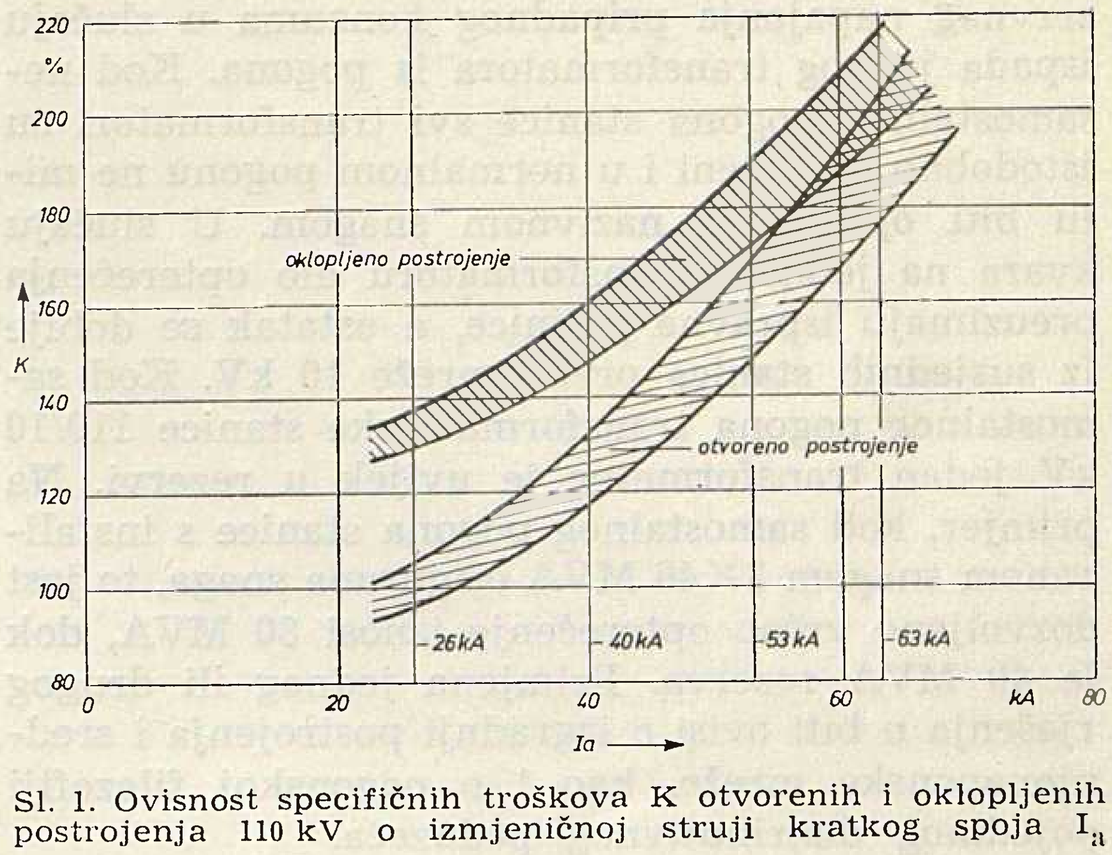
Da bi se došlo do predodžbe o očekivanim troškovima za postrojenja 110 kV kod visokih snaga kratkog spoja, prikazani su na sl. 1. specifični troškovi postrojenja u otvorenoj i oklopljenoj iz-

vedbi u ovisnosti o struji kratkog spoja (lit. 4). Usporedba se odnosi na postrojenje 110 kV s deset polja i s dvostrukim glavnim i pomoćnim sabirnicama. U račun je uzeto kompletno postrojenje 110 kV, to jest građevni i elektromontažni dio, uključivši ceste u postrojenju i zatezne portale. Postrojenje u oklopljenoj izvedbi smješteno je s transformatorima u zidanom objektu. Troškovi za zemljište su određeni na osnovi cijena koje su uobičajene u naseljenim područjima. Troškovi za održavanje i reviziju postrojenja — za koje se smatra da su na duži rok manji kod oklopljene izvedbe — nisu uzeti u obzir.

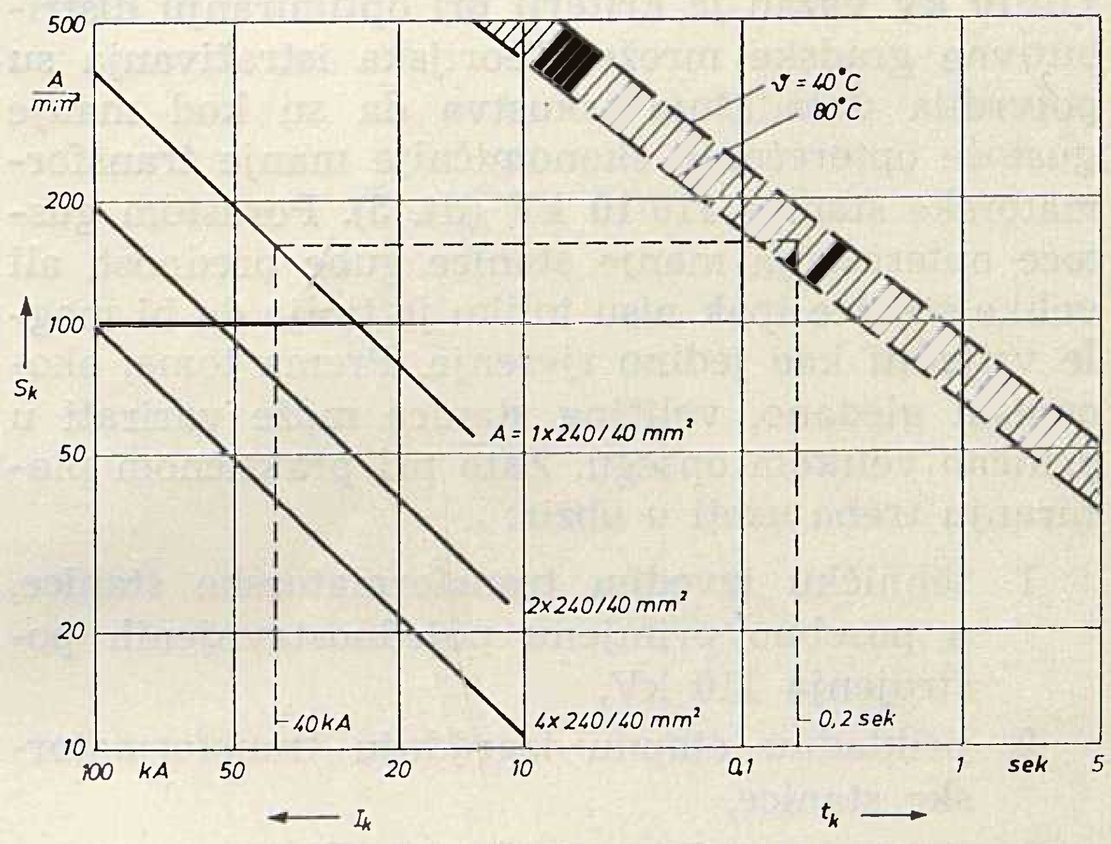
Iz dijagrama se može vidjeti koliko su postrojenja 110 kV dimenzionirana za snagu kratkog spoja 7 500 MVA (40 kA) relativno skuplja od postrojenja dimenzioniranih za 5 000 MVA (26 kA). Konkretno troškovi za klasična otvorena postrojenja su veći oko 30%, a za metalom oklopljena postrojenja izolirana plinom SF_6 oko 15%. Porast specifičnih troškova je za snage kratkog spoja 10 000 MVA (53 kA) i 12 000 MVA (63 kA) znatno veći, uz napomenu da se ovi podaci odnose i na odgovarajuće veće nazivne struje u odvodima i sabirnicama. Prema tome u mrežama 110 kV ne bi bio opravdan razvoj snaga kratkog spoja iznad 7 500 MVA.

Na osnovi dijagrama može se nadalje zaključiti da je u SR Njemačkoj za snagu kratkog spoja od 5 000 MVA oklopljena izvedba postrojenja 110 kV skuplja oko 35% od otvorene izvedbe. Kod većih snaga kratkog spoja uočljiv je trend pojeftinjenja SF_6 postrojenja zato jer se dinamički problemi zbog povećanja snage kratkog spoja teže savladavaju kod otvorene tehnike nego u cijevnom sustavu oklopljenih postrojenja.

Povećanje snage kratkog spoja iznad 7 500 MVA nije prihvatljivo iz još jednog razloga. Na sl. 2. prikazana je kratkotrajna opteretivost nadzemnih vodova u ovisnosti o trajanju snage kratkog spoja (lit. 1). Vidljivo je da se jednostruko uže Al/Fe 240/40 mm², koje se danas primjenjuje na većini dalekovoda 110 kV, kod snage kratkog spoja od 7 500 MVA nalazi na termički dopuštenom opterećenju. Pri tome je uzeto da će se isklapanje obaviti u najkraćem mogućem vremenu distantne zaštite, koje ovisno o proizvođaču iznosi od 0,15 do 0,20 sekunda.



Sl. 1. Ovisnost specifičnih troškova K otvorenih i oklopljenih postrojenja 110 kV o izmjeničnoj struji kratkog spoja I_a



Sl. 2. Termički dopušteno naprezanje kod kratkog spoja S_k u ovisnosti o struji kratkog spoja I_k'' i trajanju kratkog spoja t_k za nadzemna užeta Al/Fe s temperaturom vodiča ν prije nastupa kratkog spoja.

3. KONCEPCIJE GRADSKIH MREŽA 110 kV

3.1. Planiranje transformatorskih stanica 110/10 kV

Postoje različita rješenja transformatorskih stanica 110/10 kV u pogledu broja i nazivne snage instaliranih transformatora.

Za ilustraciju može poslužiti nekoliko primjera iz SR Njemačke:

1×40	MVA	Dortmund
2×40	MVA	Stuttgart, Wuppertal
3×40	MVA	Düsseldorf
3×31,5	MVA	Berlin, München
4×63	MVA	Hamburg

Navedeni podaci se odnose na konačnu izgradnju stanice. U pravilu se instalirana snaga prilagođuje razvoju opterećenja. Tako se, na primjer, u Hamburgu u prvoj etapi instalira 2×31,5 MVA, a u kasnijim etapama 2×63 MVA, 2×63+31,5 MVA, 3×63 MVA i konačno 4×63 MVA. Ograničenje kratkog spoja u mreži 10 kV na iznos od 250 MVA ne omogućuje paralelni rad transformatorskih jedinica. To je razlog primjene tronamotne izvedbe transformatora snage 63/31,5/31,5 MVA sa sekundarnim namotima priključenim na odvojene sabirnice 10 kV. Kod transformatora snage 31,5 MVA napon kratkog spoja je normalan, a kod snage 40 MVA je povišen.

Pri planiranju transformatorskih stanica 110/10 kV vrlo je značajno pitanje koncepcije re-

zervnog napajanja pripadnog konzuma u slučaju ispada jednog transformatora iz pogona. Kod nesamostalnog pogona stanice svi transformatori su istodobno uključeni i u normalnom pogonu ne miju biti opterećeni nazivnom snagom. U slučaju kvara na jednom transformatoru dio opterećenja preuzimaju ispravne jedinice, a ostatak se dobije iz susjednih stanica preko mreže 10 kV. Kod samostalnog pogona transformatorske stanice 110/10 kV jedan transformator je uvijek u rezervi. Na primjer, kod samostalnog pogona stanice s instaliranom snagom 3×40 MVA osigurana snaga, to jest dozvoljeno vršno opterećenje iznosi 80 MVA, dok je 40 MVA rezerva. Primjena jednog ili drugog rješenja u biti ovisi o izgradnji postrojenja i srednjonaponske mreže, kao i o pogonskoj filozofiji pojedinog distributivnog poduzeća.

Ekonomska veličina transformatorske stanice 110/10 kV važan je kriterij pri optimiranju distributivne gradske mreže. Teorijska istraživanja su potvrdila dosadašnja iskustva da su kod manje gustoće opterećenja ekonomičnije manje transformatorske stanice 110/10 kV (lit. 5). Porastom gustoće opterećenja manje stanice gube prednost, ali velike stanice ipak nisu toliko jeftinije da bi mogle vrijediti kao jedino rješenje. Prema tome, ekonomski gledano, veličina stanice može varirati u prilično velikom opsegu. Zato pri praktičnom planiranju treba uzeti u obzir:

1. tehničku izvedbu transformatorske stanice, a posebno primjenu pojednostavnjenih postrojenja 110 kV,
2. prikladnu etapnu izgradnju transformatorske stanice,
3. stanje postojeće mreže 10 kV,
4. osiguranje potrebnih lokacija.

Na osnovi iskustva u SR Njemačkoj pri planiranju gradskih mreža može se zaključiti da nema općenitog pravila o optimalnoj veličini transformatorskih stanica 110/10 kV, već je potrebno za svaku mrežu obaviti posebne analize (lit. 6). Ekonomska usporedba pojedinih rješenja treba obuhvatiti postepeni razvoj mreže ovisno o porastu opterećenja za čitavo promatrano razdoblje.

Problem osiguranja potrebnog zemljišta i kasnijeg što je moguće intenzivnijeg korištenja doveo do izgradnje velikih transformatorskih stanica 110/10 kV, 4×63 MVA. S druge strane se javlja tendencija izgradnje malih transformatorskih stanica 110/10 kV, 40 MVA s jednostavnim postrojenjem 110 kV u SF_6 tehnici. Jednostavne stanice prikladne su prvenstveno tamo gdje postoji velika koncentracija opterećenja, na primjer kompleksi visokogradnja i industrijski pogoni. Između tih dvaju ekstrema ima mnogo rješenja koja su povoljna s tehničkog i ekonomskog stanovišta. Kod svih izvedbi uvijek se teži da stanice budu što manje površine, što olakšava pronalaženje lokacija u središtu konzuma i skraćuje mrežu 10 kV, te da budu što jednostavnije opremljene radi smanjenja specifičnih troškova stanice.

Zanimljiva je usporedba potrebne površine i prostora u Wuppertalu za tri generacije transformatorskih stanica 110/10 kV s dva vodna i dva transformatorska polja na strani 110 kV (lit. 7):

1. generacija (do 1965) s klasičnim postrojenjem 110 kV u zgradi, shema s kompletno opremljenim poljima

950 m^2 (100%), 11 000 m^3 (100%),

2. generacija (do 1970) s klasičnim postrojenjem 110 kV u zgradi, pojednostavnjena shema

570 m^2 (60%), 5 100 m^3 (46%),

3. generacija (od 1972) s oklopljenim postrojenjem 110 kV u zgradi, pojednostavnjena shema (sl. 6)

290 m^2 (30%), 3 000 m^3 (28%).

Redukcija potrebne površine na samo 290 m^2 (20×14,5 m) omogućuje pronalaženje pogodnih lokacija u težištima opterećenja.

Specifični troškovi izgradnje transformatorskih stanica 110/10 kV padaju s porastom instalirane snage. Za stanice u zgradi s postrojenjem 110 kV koje je oklopljeno metalom i izolirano plinom SF_6 (rastavna sklopka u kabelskom vodnom polju, prekidač u transformatorskom polju) vrijede u SR Njemačkoj ove cijene (lit. 8):

71 DM/kVA za 1×40 MVA
65 DM/kVA za 2×40 MVA
59 DM/kVA za 3×40 MVA.

3.2. Oblikovanje mreža 110 kV

Postoje tri osnovna oblika mreža 110 kV (lit. 8):

1. zamkaste mreže,
2. otvorene mreže,
3. priključne mreže.

Zamkaste mreže 110 kV karakterizira velika pouzdanost jer imaju rezervu bez prekida napajaija. Svi transformatori u transformatorskim stanicama 380/110 kV rade paralelno, a u mreži postoji rezerva u transformaciji za slučaj kvara na bilo kojem transformatoru. Rezervno napajanje može se ostvariti uz uvjet da postoji odgovarajuća rezerva u vodovima 110 kV. Što je mreža više uzamčena, to je potrebna manja ukupna rezerva u transformaciji. Nedostaci mreža u zamkastom pogonu javljaju se upravo u gradovima, jer s vremenom mreže postaju guste i nepregledne, a nastaju i poteškoće zbog porasta snage hratkog spoja.

Mreže 110 kV u otvorenom pogonu pružaju također mogućnost dvostranog napajanja svakog voda, ali trenutačne rezerve nema, tako da se u slučaju kvara vrše odgovarajuća automatska ili daljinska prespajanja. Svaka transformatorska stanica 380/110 kV mora imati dovoljnu rezervu u transformaciji za slučaj ispada jednog transformato iz pogona, što znači da je ukupna rezerva u transformaciji veća nego kod zamkaste mreže.

Prednosti mreža u otvorenom pogonu su jednostavnost i preglednost kao i ograničenje porasta snage kratkog spoja.

Priključne mreže 110 kV izvedene su radijalno, to jest ne postoji mogućnost dvostranog napajanja, pa u slučaju kvara dolazi do prekida dok se vod ne popravi.

Gradske mreže 110 kV ne preuzimaju samo funkciju, nego vrlo često i koncepciju srednjonaponskih mreža. Pri oblikovanju mreža postepeno se napušta zamkasti pogon i prelazi se na otvoreni pogon. Visokonaponska postrojenja transformatorskih stanica 110/10 kV izvode se s jednostrukim sabirnicama i sa što manjim brojem polja (dva vodna polja i jedan, dva ili tri transformatorska polja). Daljnje pojednostavnjenje postiže se upotrebom rastavnih sklopki umjesto prekidača i rastavljača, o čemu postoje dobra pogonska iskustva.

Rastavne sklopke razlikuju se po funkciji od prekidača samo po tome što ne mogu prekidati struje kratkog spoja (lit. 9). Rastavne sklopke uklapaju i isklapaju struje u normalnim pogonskim uvjetima, dok je u slučaju kratkog spoja sklapanje rastavnih sklopki blokirano, a impuls se prenosi prekidaču u nadređenoj transformatorskoj stanici 380/110 kV. Tek nakon isklapanja prekidača mogu se obaviti potrebni zahvati isklapanjem rastavnih sklopki. Rastavne sklopke se koriste najčešće u vodnim poljima. Ako se mreža oblikuje tako da nadređena stanica preuzme ne samo zaštitu voda nego i zaštitu transformatora, tada se može potpuno odustati od primjene prekidača. Prema raspoloživim podacima iz literature rastavne sklopke 110 kV primjenjuju se u transformatorskim stanicama 110/10 kV u Dortmundu, Stuttgartu, Wuppertalu, Düsseldorfu, Berlinu i Kölnu.

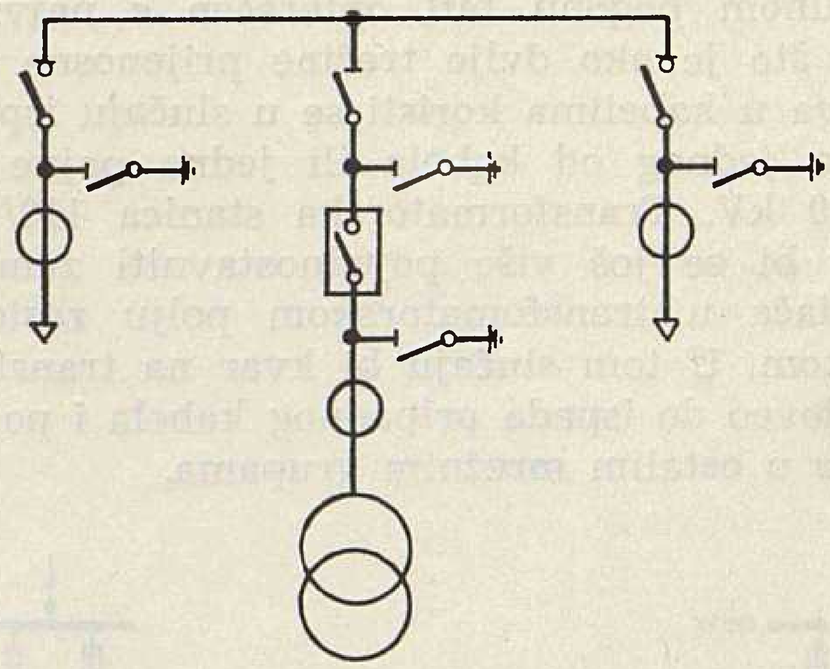
3.3. Koncepcija mreže 110 kV u Dortmundu

Primjer Dortmunda je zanimljiv upravo po tome što se pokazala povoljnom izgradnja distributivne mreže s jednostavnim transformatorskim stanicama 110/10 kV, 40 MVA, jer je u središtu grada bilo moguće osigurati čak 15 potrebnih lokacija (lit. 8). Takvom rješenju je pogodovala prijašnja koncepcija mreže 10 kV oblikovana s rasklopnicima, koje dogradnjom transformatora i postrojenja 110 kV preuzimaju funkciju pojne točke. Za opskrbu električnom energijom gradske jezgre Dortmunda površine 0,75 km² analizirani su troškovi izgradnje mreže za dva koncepcijski različita rješenja:

3 velike transformatorske stanice instalirane snage 3×63 MVA (jedan transformator je rezervni),

15 malih transformatorskih stanica instalirane snage 40 MVA (jedna trećina snage transformatora je rezervna).

Pri tome je uzeto u obzir postojeće stanje mreže, sadašnje opterećenje od 44 MW i predviđeni



Sl. 3. Shema jednostavnoga oklopljenog postrojenja 110 kV u Dortmundu

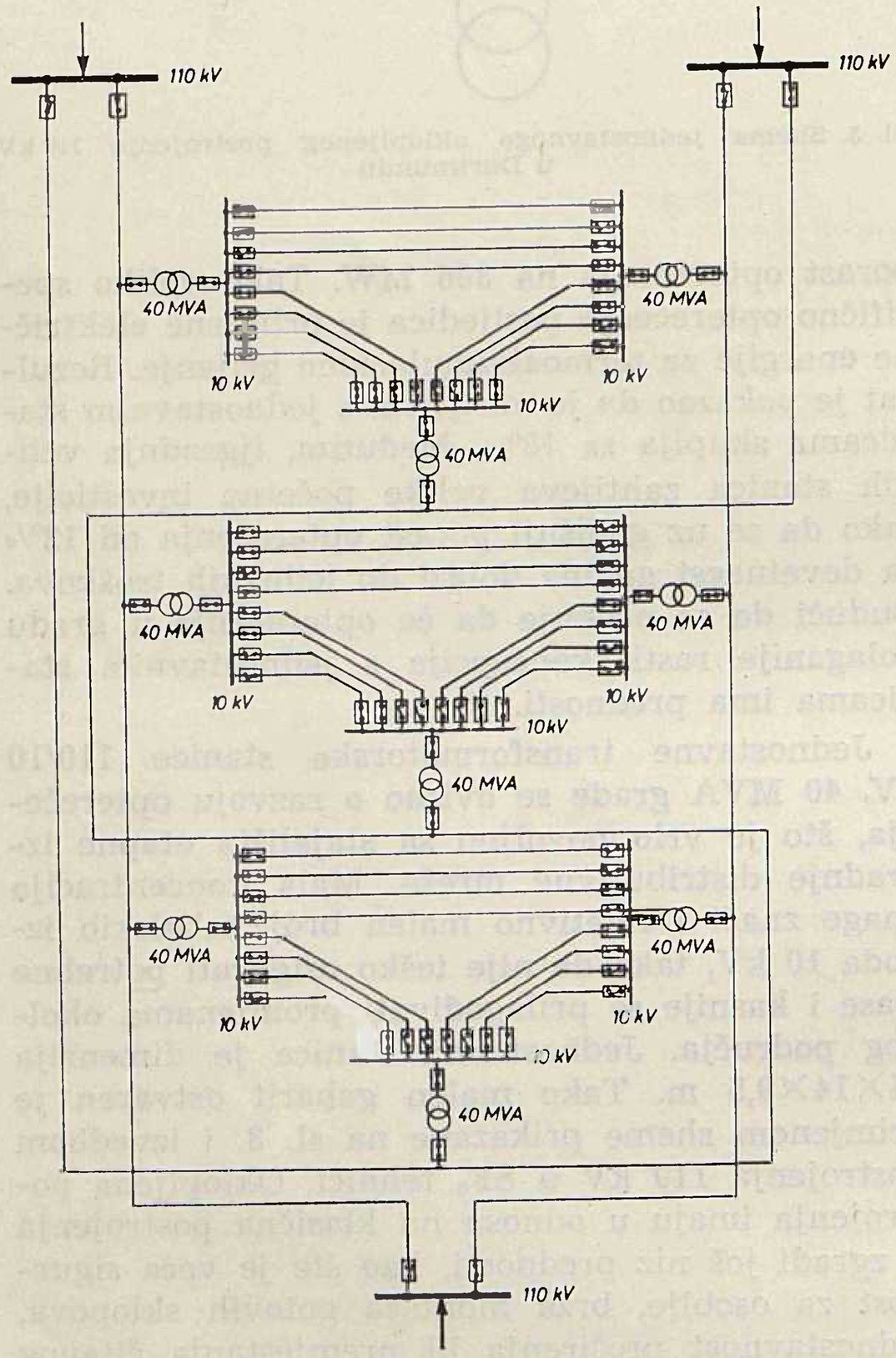
porast opterećenja na 386 MW. Tako veliko specifično opterećenje posljedica je primjene električne energije za termoakumulaciono grijanje. Rezultat je pokazao da je varijanta s jednostavnim stanicama skuplja za 18%. Međutim, ijgradnja velikih stanica zahtijeva velike početne investicije, tako da se uz godišnji porast opterećenja od 12% za devetnaest godina dolazi do jednakih troškova. Budući da se očekuje da će opterećenje u gradu polaganije rasti, koncepcija s jednostavnim stanicama ima prednosti.

Jednostavne transformatorske stanice 110/10 kV, 40 MVA grade se ovisno o razvoju opterećenja, što je vrlo povoljno sa stajališta etapne izgradnje distributivne mreže. Mala koncentracija snage znači i relativno malen broj kabelskih izvoda 10 kV, tako da nije teško osigurati potrebne trase i kasnije se prilagođivati promjenama okolnog područja. Jednostavna stanica je dimenzija 14×14×9,5 m. Tako malen gabarit ostvaren je primjenom sheme prikazane na sl. 3. i izvedbom postrojenja 110 kV u SF_6 tehnici. Oklopljena postrojenja imaju u odnosu na klasična postrojenja u zgradi još niz prednosti, kao što je veća sigurnost za osoblje, brza montaža gotovih sklopova, jednostavnost proširenja ili premještanja čitavog postrojenja itd.

Principijelna shema buduće mreže 110 kV i 10 kV središta Dortmunda prikazana je na sl. 4. Konzumno područje se sastoji od tri grupe, a svaka sadrži po tri jednostavne transformatorske stanice 110/10 kV s ukupnom instaliranom snagom po 120 MVA. Svaka stanica smije u normalnom pogonu biti opterećena s dvije trećine snage, tako da je osigurana snaga jedne grupe 80 MVA. Jedna trećina instalirane snage svake stanice predstavlja rezervu koja se koristi u slučaju kvara na jednoj stanici u grupi. Rezervno napajanje se ostvaruje preko odgovarajuće mreže 10 kV, na način da dvije stanice preuzmu konzum treće stanice.

Svaka stanica u grupi priključena je na drugi kabel 110 kV, pa se prekid napajanja zbog ispada jednog kabela ili nadređene transformatorske stanice 380/110 kV reflektira u svakoj grupi kao ispad jedne stanice. Svaki kabel 110 kV smije u

normalnom pogonu biti opterećen s najviše 80 MVA, što je oko dvije trećine prijenosne snage. Rezerva u kabelima koristi se u slučaju ispada iz pogona jednog od kabela ili jedne pojne točke 380/110 kV. Transformatorska stanica 110/10 kV mogla bi se još više pojednostavniti zamjenom prekidača u transfomatorskom polju rastavnom sklopkom. U tom slučaju bi kvar na transformatoru doveo do ispada pripadnog kabela i po jedne stanice u ostalim mrežnim grupama.



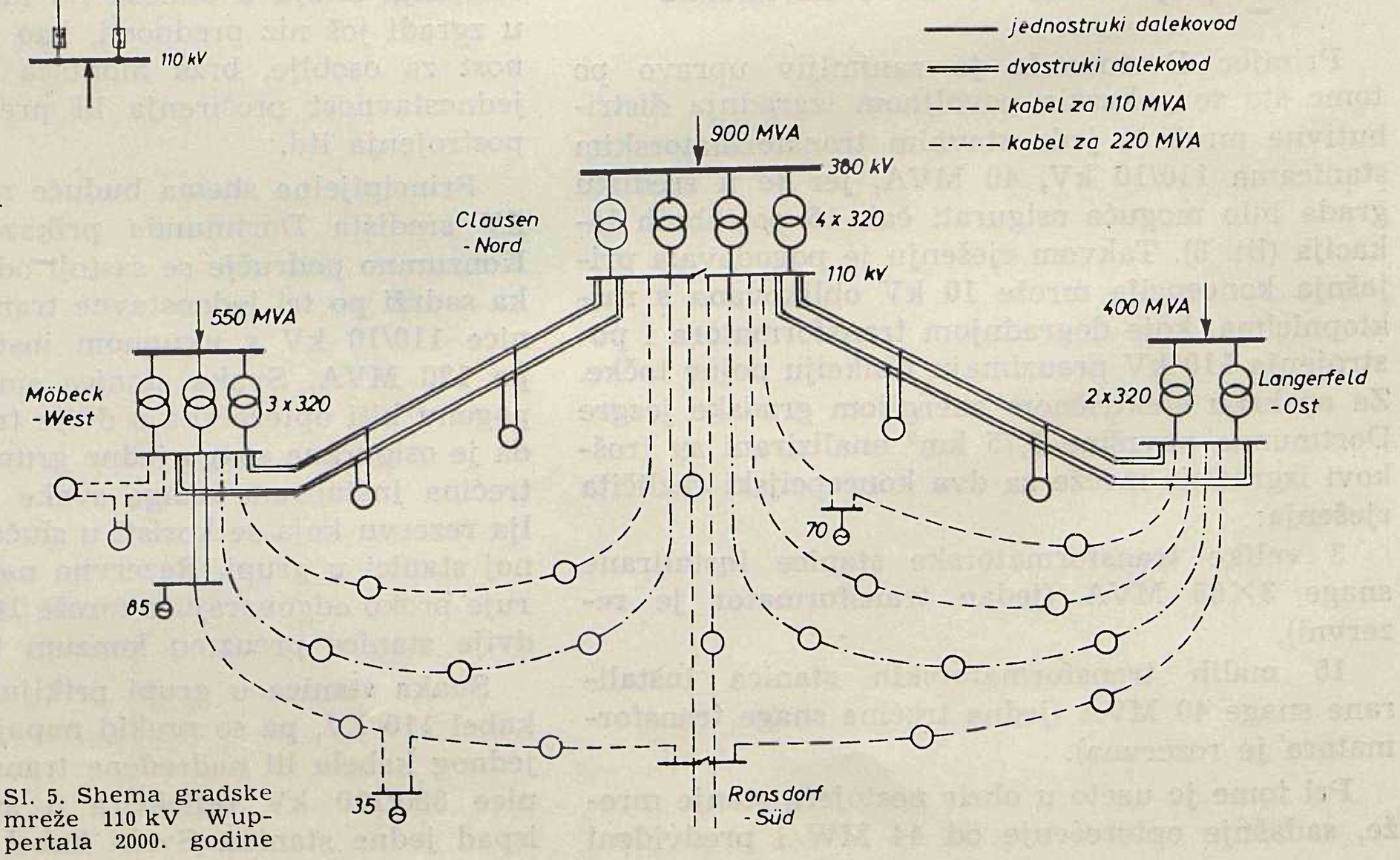
Sl. 4. Principijelna shema buduće mreže 110 kV i 10 kV središta Dortmunda

3.4. Koncepcija mreže 110 kV u Wuppertalu

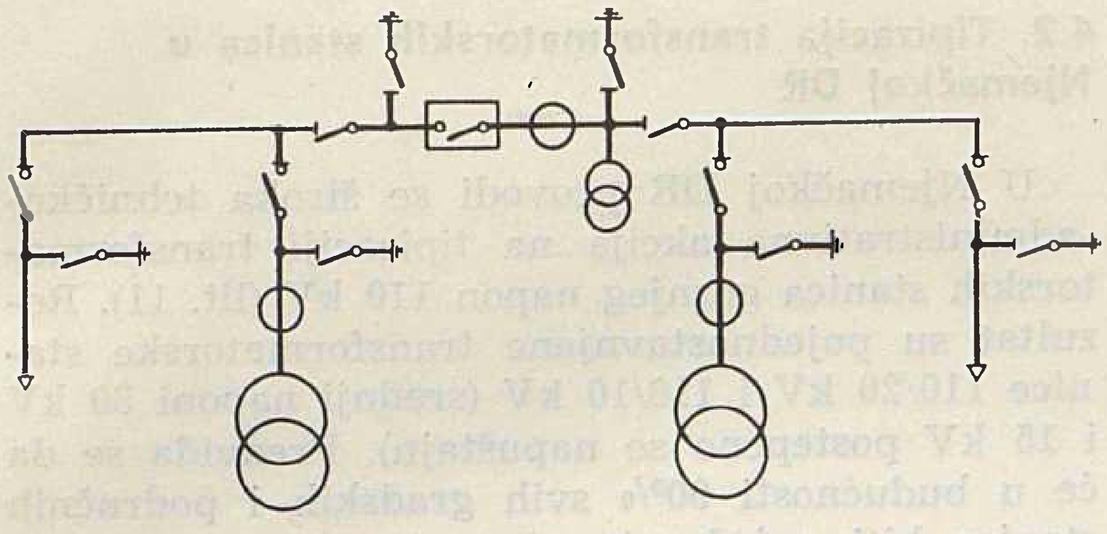
Shema buduće gradske mreže 110 kV u Wuppertalu prikazana je na sl. 5 (lit. 7). Za razdoblje od 1972. do 2000. godine predviđa se porast vršnog opterećenja s 300 MVA na oko 2 000 MVA. Oblik mreže odgovara uzdužnom širenju grada oko kojeg je predviđen prsten dalekovoda 110 kV. Do sada je realiziran sjeverni poluprsten, a južni još nije službeno odobren.

Mreža 110 kV će se napajati iz gradskih elektrana relativno male snage i tri pojne točke locirane na rubu grada. U prvo vrijeme će u sjevernoj pojnoj točki biti transformacija 220/110 kV, a istočna i zapadna će služiti kao rasklopnice. Priključak na mrežu 380 kV predviđa se tek u budućnosti. Budući da su transformatori snage 320 MVA i napona kratkog spoja 20%, moguć je paralelni pogon triju odnosno četiriju jedinica uz snagu kratkog spoja 4 000 MVA, odnosno 5 000 MVA u mreži 110 kV. Do opterećenja od približno 1 000 MVA moće će čitava mreža 110 kV biti u zamkastom pogonu, jer snaga kratkog spoja neće biti veća od 5 000 MVA. Za opseg opterećenja od 1 000 MVA do 2 000 MVA mrežu će trebati podijeliti na istočnu i zapadnu grupu.

Sjeverna pojna točka povezana je s rasklopnicima kabelima 110 kV prijenosne moći 110 MVA. Na svaki kabel priključuju se po dvije transformatorske stanice 110/10 kV vršne snage po 55 MVA. Nakon 1980. godine predviđaju se kabeli 110 kV s umjetnim hlađenjem prijenosne moći oko 220 MVA, koji mogu napajati tri stanice vršne snage po 75 MVA. Na sjeverni poluprsten, izveden s dvostrukim dalekovodima 110 kV prijenosne moći 2×125 MVA, direktno su priključene četiri stanice. Rasklopnica locirana na jugu ima rezervnu funkciju. Transformatorska stanica 110/10 kV



Sl. 5. Shema gradske mreže 110 kV Wuppertala 2000. godine



Sl. 6. Shema pojednostavnjenog oklopljenog postrojenja 110 kV u Wuppertalu

mogu biti glavne i pojednostavnjene. Kao glavne stanice izgradit će se samo četiri, i to u sastavu pojnih točaka odnosno rasklopnica. Postrojenje 110 kV glavnih stanica je klasične otvorene izvedbe s dvostrukim sekcioniranim sabirnicama i transformatorima 3×40 MVA.

Pojednostavnjenje transformatorske stanice 110/10 kV — ne odnosi se na direktno priključene stanice na sjeverni poluprsten — imaju postrojenje 110 kV u SF_6 tehnici s dva vodna i dva transformatorska polja opremljena rastavnim sklopkama, a prekidač se nalazi samo u poprečnoj vezi. To je takozvana pojednostavnjena H-shema prikazana na sl. 6. U slučaju kratkog spoja nema selektivnosti, već iz pogona ispada kabel i pripadni transformator. Vjerojatnost kvara na kabelima 110 kV je malena, jer su izvedeni u čeličnim cijevima sa stlačenim plinom. Instalirana snaga pojednostavnjene stanice je 2×40 MVA, a osigurana snaga iznosi 55 MVA.

Kod ispada iz pogona jednog transformatora 110/10 kV u pojednostavnjenoj stanici pripadno konzumno područje dobije 15 MVA iz susjedne stanice posredstvom mreže 10 kV. Da bi se iskoristila rezerva u transformaciji, mora jedna trećina kabelskih izvoda 10 kV svake stanice imati vezu s drugim stanicama.

4. POJEDNOSTAVNJENA KLASIČNA OTVORENA POSTROJENJA 110 kV

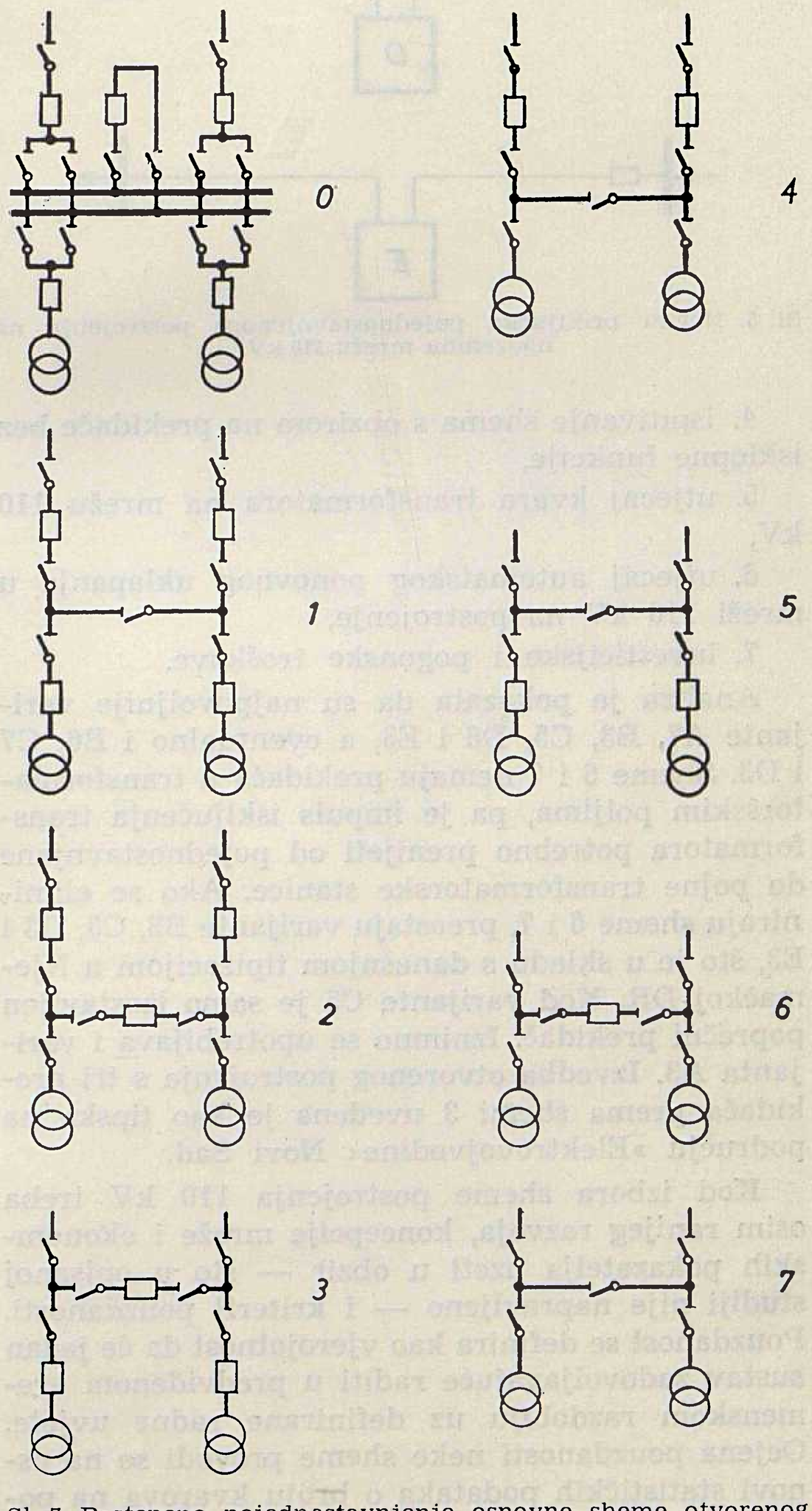
4.1. Mogućnosti pojednostavnjenja otvorenog postrojenja 110 kV

Primjena pojednostavnjenih klasičnih otvorenih postrojenja 110 kV analizirana je u Njemačkoj DR još 1962. godine (lit. 10). Razmatrana je transformatorska stanica s dva vodna i dva transformatorska polja na strani 110 kV, koja odgovara većini pogonskih zahtjeva i omogućuje željena pojednostavljenja. Budući da se rastavne sklopke ne nalaze u proizvodnim programima, nisu uzeta u obzir povoljna rješenja koja se postižu njihovom primjenom.

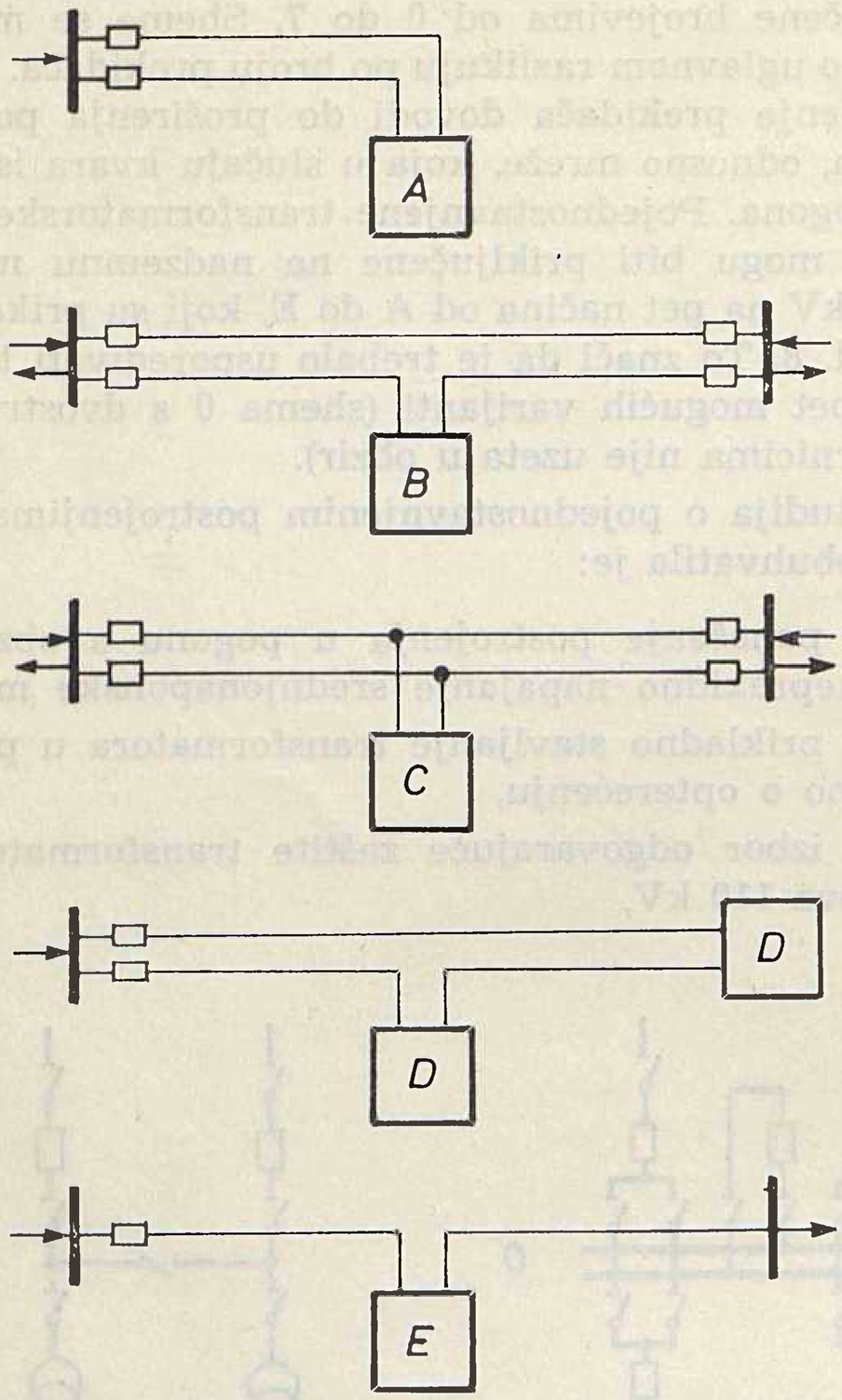
Na osnovi definiranog opsega postrojenja 110 kV moguće je postepenim pojednostavnjenjem ostvariti osam osnovnih shema, koje su na sl. 7. označene brojevima od 0 do 7. Sheme se međusobno uglavnom razlikuju po broju prekidača. Izostavljenje prekidača dovodi do proširenja postrojenja, odnosno mreže, koja u slučaju kvara ispada iz pogona. Pojednostavnjene transformatorske stanice mogu biti priključene na nadzemnu mrežu 110 kV na pet načina od A do E, koji su prikazani na sl. 8. To znači da je trebalo uspoređivati trideset pet mogućih varijanti (shema 0 s dvostrukim sabirnicima nije uzeta u obzir).

Studija o pojednostavnjenim postrojenjima 110 kV obuhvatila je:

1. ponašanje postrojenja u pogonu s obzirom na neprekidno napajanje srednjonaponske mreže,
2. prikladno stavljanje transformatora u pogon ovisno o opterećenju,
3. izbor odgovarajuće zaštite transformatora i vodova 110 kV,



Sl. 7. Postepeno pojednostavnjenje osnovne sheme otvorenog postrojenja 110 kV



Sl. 8. Načini priključka pojednostavnjenoga postrojenja na nadzemnu mrežu 110 kV

4. ispitivanje shema s obzirom na prekidače bez isklopne funkcije,

5. utjecaj kvara transformatora na mrežu 110 kV,

6. utjecaj automatskog ponovnog uklapanja u mreži 110 kV na postrojenje,

7. investicijske i pogonske troškove.

Analiza je pokazala da su najpovoljnije varijante A7, B3, C5, D6 i E3, a eventualno i B6, C7 i D3. Sheme 6 i 7 nemaju prekidača u transformatorsskim poljima, pa je impuls isključenja transformatora potrebno prenijeti od pojednostavnjene do pojne transformatorske stanice. Ako se eliminiraju sheme 6 i 7, preostaju varijante B3, C5, D3 i E3, što je u skladu s današnjom tipizacijom u Njemačkoj DR. Kod varijante C5 je samo izostavljen poprečni prekidač. Iznimno se upotrebljava i varijanta A3. Izvedba otvorenog postrojenja s tri prekidača prema shemi 3 uvedena je kao tipska na području »Elektrovojvodine« Novi Sad.

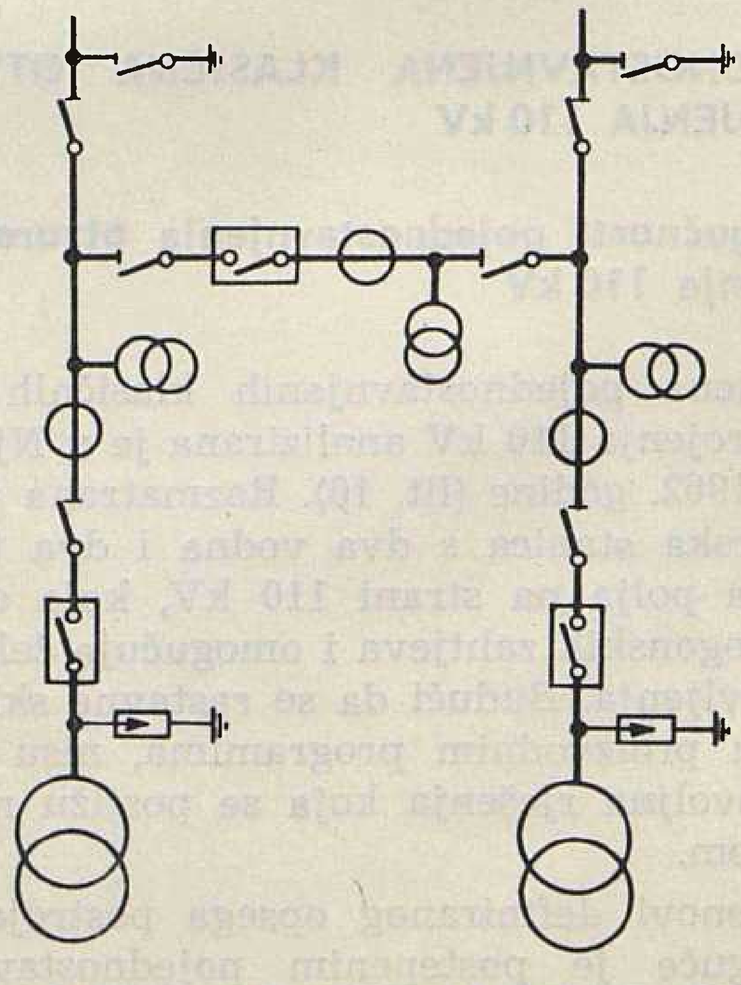
Kod izbora sheme postrojenja 110 kV treba osim ranijeg razvoja, koncepcije mreže i ekonomskih pokazatelja uzeti u obzir — što u opisanoj studiji nije napravljeno — i kriterij pouzdanosti. Pouzdanost se definira kao vjerojatnost da će jedan sustav zadovoljavajuće raditi u predviđenom vremenskom razdoblju uz definirane radne uvjete. Ocjena pouzdanosti neke sheme provodi se na osnovi statističkih podataka o broju kvarova na pojedinim elementima postrojenja.

4.2. Tipizacija transformatorskih stanica u Njemačkoj DR

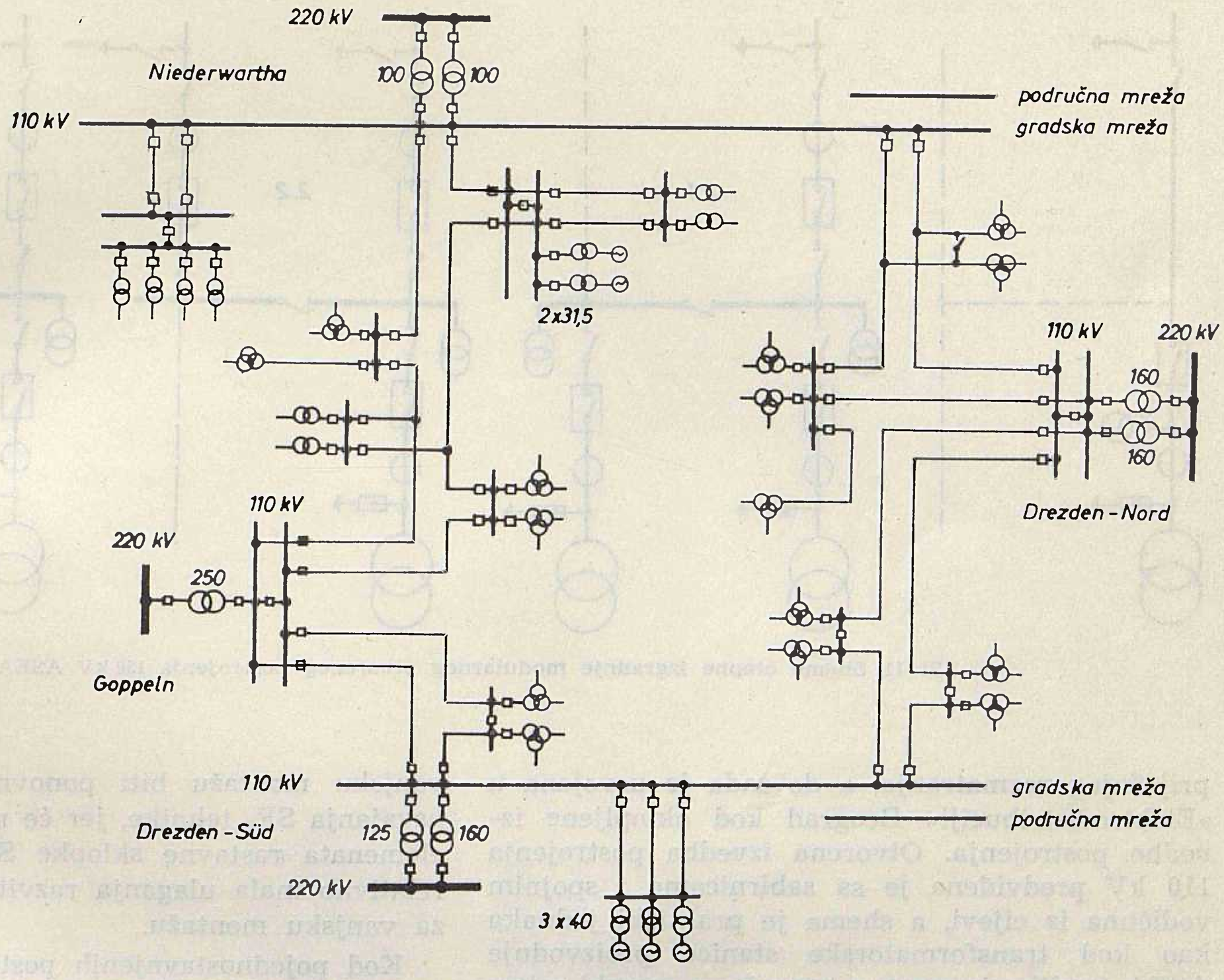
U Njemačkoj DR provodi se široka tehničko-administrativna akcija na tipizaciji transformatorskih stanica gornjeg napon 110 kV (lit. 11). Rezultat su pojednostavnjene transformatorske stanice 110/20 kV i 110/10 kV (srednji naponi 30 kV i 15 kV postepeno se napuštaju). Predviđa se da će u budućnosti 90% svih gradskih i područnih stanica biti pojednostavnjene izvedbe.

Pojednostavnjenje se u prvom redu odnosi na postrojenje 110 kV koje izvedeno prema jednopolnoj shemi prikazanoj na sl. 9. To je zapravo shema 3 iz ranijeg razmatranja, dakle s prekidačima u transformatorskim poljima i poprečnoj vezi. Postrojenje je klasično otvoreno, izvedeno bez sabirnica, a za spojne vodiče se koriste užeta. S obzirom na rasklopnu snagu postoji izvedba za 5 000 MVA i 7 500 MVA. Prilikom izgradnje u pravilu se odmah izvodi kompletno postrojenje. Predviđena su dva transformatora, od kojih jedan mora biti u stanju da preuzme cjelokupno vršno opterećenje stanice. Ova tipska transformatorska stanica predstavlja i s obzirom na racionalizaciju temelja, portala, upravljačkog sustava i srednjonaponskog postrojenja značajan napredak prema dosadašnjim rješenjima. Ograđeno zemljište stanice ima veličinu 40×55 m.

Rješenje tipske transformatorske stanice s postrojenjem 110 kV prema shemi 3 zahtijeva dovoljnu rezervu u transformaciji (lit. 12). Naime, kod trajnog kvara na jednom dalekovodu 110 kV osim oštećenog voda ispada iz pogona i jedan transformator (zaštita dalekovoda djeluje na poprečni prekidač i odgovarajući prekidač u transformatorskom polju). Prema tome, ako se želi da i kod definitivnog isklapanja jednog voda oba transformatora neprekidno ostanu u pogonu tako da se napajaju preko ispravnog voda, treba primijeniti shemu 1



Sl. 9. Shema tipiziranog otvorenog postrojenja 110 kV u Njemačkoj DR



Sl. 10. Shema gradske mreže 110 kV Drezdena 1985. godina

s prekidačem u svakom polju. Shema 2 s tri prekidača ne dolazi u obzir, jer u slučaju kvara na transformatoru dolazi do ispada i transformatora i jednog voda (zaštita transformatora djeluje na poprečni prekidač i odgovarajući prekidač u vodnom polju), što je nepovoljno zbog značaja tranzita energije kroz stanicu.

Na sl. 10. prikazana je shema gradske mreže 110 kV Drezdena u 1985. godini, gdje su primijenjena opisana rješenja (lit. 13). Transformatorske stanice 110/20/10 kV imaju visokonaponska postrojenja izvedena prema shemi 1 i shemi 3. Transformatori su snage 31,5 MVA. Do 1980. godine predviđen je zamkasti pogon čitave mreže 110 kV napajane iz četiri pojne točke 220/110 kV, da bi se nakon toga prešlo na odvojeni pogon gradske i područne mreže. Na taj način će se očekivana snaga kratkog spoja smanjiti od 5 660 MVA na 2 830 MVA.

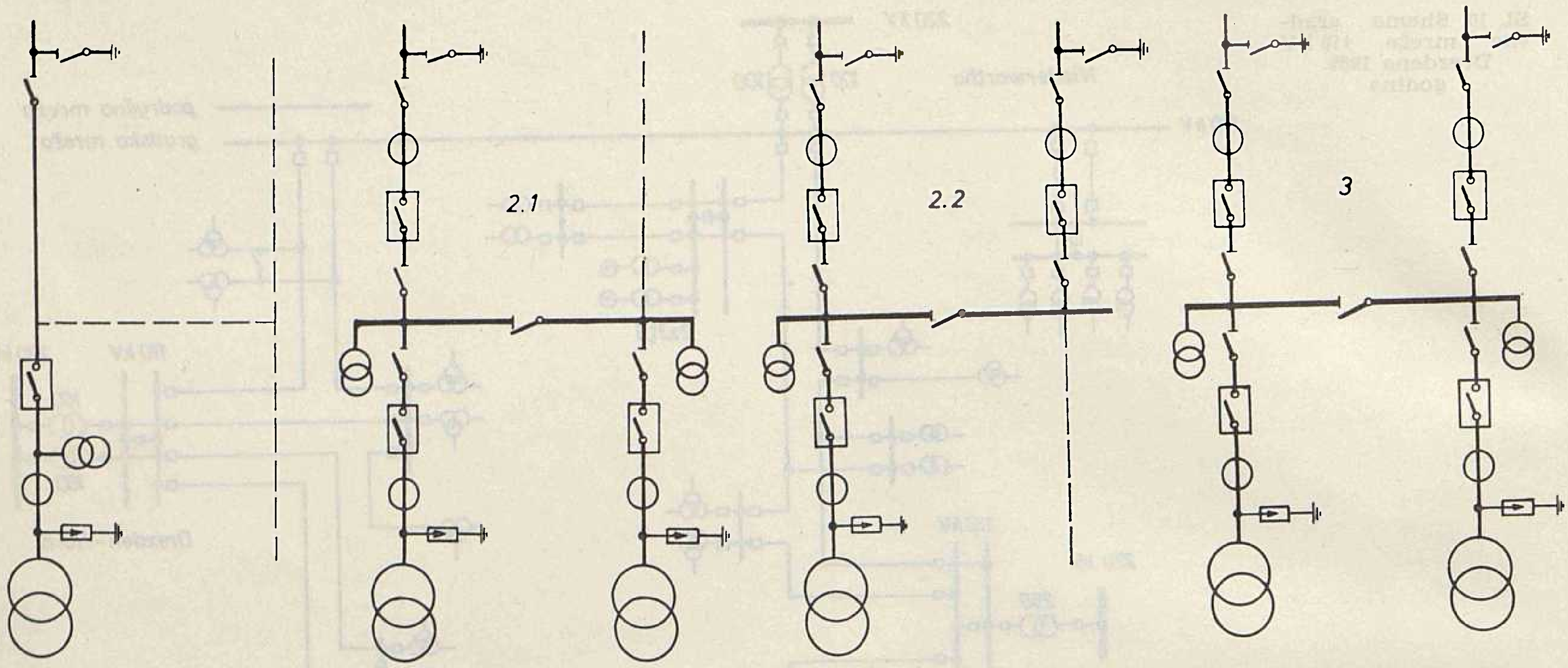
4.3. Modularne transformatorske stanice proizvodnje ASEA

Švedska tvrtka ASEA tipizirala je transformatorsku stanicu s visokonaponskim postrojenjem nazivnog napona 10 kV ili 20 kV (lit. 14 i 15). Visokonaponsko postrojenje se temelji na sustavu s jednostrukim sabirnicama, koje se u Švedskoj primjenjuju u 80% distributivnih i industrijskih transformatorskih stanica. Sabirnice su sekcionirane rastavljačem, a dva vodna i dva transformatorska polja mogu se kompletno opremiti, to jest stanica je predviđena s četiri prekidača (shema 1). Postrojenje je dimenzionirano za snagu kratkog spoja od 7 500 MVA kod 130 kV. Nazivna snaga transformatora je 40 MVA.

Vanjsko visokonaponsko postrojenje je modularne izvedbe. Sabirnice, vodno polje i transformatorsko polje predstavljaju glavne građevne grupe (module) koje se mogu različito kombinirati. Na taj način je omogućena prikladna izgradnja postrojenja u tri etape prikazane na sl. 11. Svaka etapa je već pripremljena za daljnju izgradnju, jer se primjenjuju sabirnice i spojni vodiči izvedeni s cijevima. Modularno visokonaponsko postrojenje karakteriziraju niski ukupni troškovi, visoka fleksibilnost, mogućnost jednostavnog proširenja, mala potrebna površina i prilagođenje zahtjevima okoline. Zgrada se također gradi modularno, a prilagođuje se broju potrebnih ćelija srednjonaponskog postrojenja. Način isporuke transformatorske stanice je »ključ u ruke«.

4.4. Otvorena postrojenja 110 kV s rastavnim sklopkama

Studijska grupa za razvodna postrojenja Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRÉ predložila je jednopolnu shemu transformatorske stanice 110/10 kV, za koju se smatra da odgovara prilikama svih većih urbanih sredina u nas (lit. 16). Shema postrojenja 110 kV zapravo je shema 1 iz



Sl. 11. Sheme etapne izgradnje modularnog otvorenog postrojenja 130 kV ASEA

prijašnjeg razmatranja, a do sada je usvojena u »Elektrodistribuciji« Beograd kod oklopljene izvedbe postrojenja. Otvorena izvedba postrojenja 110 kV predviđena je sa sabirnicama i spojnim vodičima iz cijevi, a shema je praktički jednaka kao kod transformatorske stanice proizvodnje ASEA (razlika je samo u tome što naponski mjerni transformatori nisu priključeni na sabirnice, već se nalaze u vodnim poljima). Ovisno o koncepciji distributivne mreže, alternativno je navedena mogućnost upotrebe rastavne sklopke umjesto prekidača te sabirničkog i izlaznog rastavljača u vodnim poljima.

Primjena rastavnih sklopki u klasičnim otvorenim postrojenjima 110 kV znači ista pojednostavnjenja kao i kod oklopljenog postrojenja. U inozemstvu se rješenja s rastavnim sklopkama 110 kV za vanjsku montažu koriste već godinama (lit. 17), a u nas je ta razmišljanja potakla izgradnja gradskih mreža 110 kV. Zato je zanimljiv elaborat o rastavnim sklopkama izrađen u Elektrotehničkom institutu »Rade Končar« u kojem se navodi da ni jedna ugledna evropska tvrtka ne proizvodi te aparate (lit. 18). Negativan odgovor su dali »Siemens«, ASEA, »Merlin & Gerin«, BBC nije odgovorio na upit, a jedini pozitivni odgovor poslala je tvrtka REG. Inače BBC proizvodi rastavne sklopke upravo na poticaj elektroprivrednih poduzeća, a posebno od RWE (lit. 19). Procijenjeni troškovi vlastitog razvoja su relativno visoki, a početak proizvodnje mogao bi biti u roku od tri godine. Ozbiljnije istraživanje tržišta nije moglo biti provedeno, što je i razumljivo ako se ima na umu da se rastavne sklopke do sada u nas nisu primjenjivale, a još uvijek ne postoji jasan stav o njihovoj skoroj primjeni.

Zaključeno je da za sada ne bi trebalo pristupiti razvoju ovih aparata. U zaključku je također rečeno da će pitanje rastavnih sklopki 110 kV za vanjsku montažu biti ponovno aktualno nakon usvajanja SF_6 tehnike, jer će na osnovi prekidnih elemenata rastavne sklopke SF_6 biti moguće uz relativno mala ulaganja razviti rastavnu sklopku za vanjsku montažu.

Kod pojednostavnjenih postrojenja 110 kV, na primjer samo s dva prekidača, nije više ekonomična upotreba komprimiranog zraka za gašenje električnog luka. »Rade Končar« uskoro predviđa isporuku prekidača 110 kV za vanjsku montažu, kod kojeg se luk gasi u komori s plinom SF_6. Imajući na umu perspektive SF_6 tehnike, trebalo bi preferirati plin SF_6 u odnosu na ulje. Prema tome moglo bi se pretpostaviti da će pojednostavnjena otvorena postrojenja 110 kV imati prekidače i rastavne sklopke s plinom SF_6 za gašenje luka.

5. ZAKLJUČCI

1. Problematiku optimalnog razvoja snage tropolnog kratkog spoja ovisno o porastu opterećenja u gradskim mrežama 110 kV treba rješavati s tehničkog i ekonomskog stajališta. Inozemna iskustva pokazuju da dopuštenu snagu kratkog spoja treba utvrditi na duži rok, jer kasnije povišenje većinom ne uspijeva zbog pogonskih i financijskih razloga.

2. Efikasan način ograničenja snage tropolnog kratkog spoja postiže se otvaranjem zamkastih mreža i stvaranjem grupnih mreža. Prijelazom sa zamkastog pogona na otvoreni pogon, gradske mreže 110 kV postaju jednostavne i pregledne. Ako se pri oblikovanju primijene koncepcije koje vrijede u srednjonaponskim mrežama, mogu se upotrebom rastavnih sklopki postrojenja 110 kV znatno pojednostavniti.

3. Pri izboru veličine transformatorskih stanica 110/10 kV često se teži izgradnji što manjih stanica, koje se bolje prilagođuju razvoju opterećenja. Za pojednostavnjene transformatorske stanice lakše je osigurati potrebne lokacije u gusto izgrađenim gradovima, pogotovo ako se umjesto konvencionalne upotrijebi SF_6 tehnika.

4. Izgradnja sve većeg broja transformatorskih stanica 110/10 kV zahtijeva racionalniji, brži i jeftiniji način rada. Zato tendencije razvoja idu prema tipizaciji i primjeni tvornički gotovih elemenata postrojenja.

LITERATURA

1. H. J. Haubrich: Entwicklung der Kurzschlussströme in Energieübertragungs - und Energieverteilungsnetzen. Elektrotechnische Zeitschrift-A 5/1976.
2. R. Gampenrieder, D. Steinwender, K. Papp: Der Einsatz von Kurzschlussbegrenzungsdrosseln in 110 kV - Netzen, Elektrizitätswirtschaft 20/1975.
3. K. P. Ewelt: Langfristige Rahmenplanung für die Stromversorgung von Hamburg, Energie 4/1971.
4. L. Schiweck: Schaltanlagen und Gerätetechnik für Hochleistungsübertragung, Elektrotechnische Zeitschrift-A 10/1975.
5. W. Mollwitz: Umspannwerksplanung für eine Grosstadt, Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft 2/1974.
6. VDE/ETG — Fachtagung Planung elektrischer Netze: Diskussionsbeiträge, Dortmund 1975.
7. H. Lipken: Wirtschaftliche Netzformen städtischer 10 kV-und 110 kV-Netze, Elektrizitätswirtschaft 22/1972.
8. H. C. Müller: Netzformen der Verteilungsnetze unter besonderer Berücksichtigung des zeitlichen Ausbaues, Elektrotechnische Zeitschrift-A 10/1975.
9. P. Bojić, H. Abdurahmanović: Pojednostavnjene izvedbe distributivnih TS 110/X kV komponentama u metalom oklopljenoj izvedbi sa SF_6 izolacijom, XIII. savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije - CIGRÉ, Bled 1977.
10. W. Hillig: Vereinfachung von 110 kV - Schaltanlagen, Sonderdruck aus den Mitteilungen des Instituts für Energetik 45/1962.
11. K. Ožegović: Tipizacija transformatorskih stanica gornjeg napona 110, 220 i 380 kV u DDR, Šesto savjetovanje o prijenosu električne energije u SFRJ, Cavtat 1976.
12. K. Ožegović: Varijanta umetnute transformatorske stanice 110/35 kV, Energija 7-8/1964.
13. G. Kriebel: Planung des 110 kV - Stadtnetzes Drezden mit niederohmiger Sternpunkterdung, Energietechnik 11/1975.
14. R. Solheim: Schlüsselfertige Umspannwerke, ASEA-Zeitschrift 2/1973.
15. S. Horneman: Modulare Freiluft - Schaltanalagen für Umspannwerke, ASEA - Zeitschrift 2/1973.
16. K. Begović, Z. Mrša: Problematika izgradnje transformatorskih stanica 110/10 kV u urbanim područjima, elaborat »Elektroprojekta«, Zagreb 1973.
17. K. Reiske: Neuzeitliche Netzgestaltung durch vereinfachte Hochspannungsschaltanlagen, VDE Fachbericht 21/1960.
18. M. Markulin, A. Miliša: Rastavna sklopka 110 kV za vanjsku montažu, elaborat Elektrotehničkog instituta »R. Končar«, Zagreb 1975.
19. H. Barchetti, W. Frey, G. Köppl: Hochspannungs-Lastschnellschalter für 72,5 . . . 750 kV. Einsatmöglichkeinten und Schutztechnik, Brown Boveri Mitteilungen 4-5/1968.

Naslov pisca:
Antun F a g a r a z z i, dipl. ing.
Elektra, Zagreb

ZASJEDANJE CIGRÈ U PARIZU 1978. GODINE

Slijedeće zasjedanje Međunarodne konferencije za velike električne mreže visokog napona — CIGRE održat će se od 30. kolovoza do 7. rujna u Parizu u palaći UNESCO.

Tokom zasjedanja, na kojem će biti podneseno 153 referata, bit će razmatrani tehnički problemi električnih mreža, što ih studiraju najbolji stručnjaci iz cijelog svijeta.

Diskusije su podijeljene na 15 specijalnih grupa, od kojih svaka ima na raspolaganju po jedan dan za obradu pojedinih problema koji se odnose na generatore, transformatore, prekidače, veze istosmjernim naponom, izolacione materijale, kabele, nadzemne vodove, rasklopna postrojenja, planiranje mreža, eksploataciju mreža, prenapone i koordinaciju izolacije, zaštitu, telekomunikacije, perturbacije i budućnost transporta električne energije. Zasjedanje svake od ovih grupa započinje obradom, već prije utvrđenih, preferencijalnih tema, a završava općom diskusijom najvažnijih pitanja koja zaokupljaju ove godine inženjere koji se bave mrežama.

Glavni problemi koji se tiču budućnosti elektroenergetskih mreža bit će dotaknuti — s jedne strane diskusijom okruglog stola, koja će biti organizirana u srijedu 30. kolovoza, odmah iza ceremonije otvaranja i koja je posebno zanimljiva za rukovodioce elektroprivrednih poduzeća, — s druge pak strane na zasjedanju Studijskog komiteta 41, 4. rujna, koji se bavi dugoročnim problemima elektroenergetskih mreža.

Za vrijeme zasjedanja organizirane su tehničke ekskurzije u mreži i laboratorijima Pariza i okolice.

Nakon zasjedanja (od 8. do 10. rujna) organizirana su dva putovanja. Jedno u Edinburg u Škotsku, a drugo u dolinu Loare u Francuskoj. U oba putovanja bit će posjećena nova tehnička postrojenja uz turistički program.

Za sve informacije u vezi ovog međunarodnog zasjedanja možete se obratiti Sekretarijatu Jugoslavenskog komiteta CIGRE, Berislavićeva 6, 41000 Zagreb.

USPOREDBA NEKIH STATISTIČKIH POSTUPAKA ZA ODREĐIVANJE VRŠNIH OPTEREĆENJA KUĆANSTVA

Rihard Schenner, Zagreb

U članku se analiziraju statističke metode za određivanje vršnih opterećenja kućanstva od izvoda pojedinih jednadžbi do primjene u praksi. Najprije se objašnjava u kojim se slučajevima mogu primijeniti statističke metode za određivanje vršnih opterećenja kućanstva, a zatim i matematički postupci.

DK 621.316.1 : 64

1. PODRUČJE PRIMJENE STATISTIČKIH POSTUPAKA ZA ODREĐIVANJE VRŠNOG OPTEREĆENJA KUĆANSTVA

Statistička se matematika bavi događajima čija je pojava slučajna, odnosno za čiju se pojavu ne zna uzrok. To je osnovni zahtjev kod primjene statističke matematike.

Vršno opterećenje jednog kućanstva ili grupe kućanstava jest suma opterećenja pojedinih aparata koji su uključeni u vrijeme vršnog opterećenja. Ako je opterećenje svakog od aparata iz te grupe slučajna pojava, može se vršno opterećenje te grupe analizirati pomoću metoda statističke matematike.

Navest će se nekoliko primjera aparata čije je opterećenje slučajna pojava odnosno aparata kod kojeg to nije slučaj.

Tipičan primjer aparata kod kojeg je opterećenje slučajna pojava jest hladnjak. Uključenje hladnjaka je posljedica povišenja temperature unutar hladnjaka. Do povišenja temperature dolazi zbog ulaza topline u hladnjak, a taj proces ovisi o mnogo različitih faktora (izolaciji hladnjaka, učestalosti otvaranja hladnjaka, debljini leda oko rashladnog uređaja i sl.), pa je zbog toga uključenje hladnjaka slučajna pojava.

Aparat čije opterećenje nije slučajna pojava jest termoakumulaciona peć. Princip rada termoakumulacione peći jest akumuliranje topline proizvedene električnim grijačima i predaje te topline u okolni prostor neovisno o tome da li su grijači uključeni ili ne. Obično se vrijeme niže tarife koristi za punjenje peći (grijači su uključeni), a za vrijeme više tarife grijači se isključuju, a akumulirana toplina se koristi za grijanje prostorija. Iz toga se može zaključiti da se ti aparati uključuju u točno definirano vrijeme. Ako se još uzme u obzir da je uključenjem aparata potrebno daljinski upravljati u slučaju masovnije upotrebe termoakumulacionog grijanja (L 1), tada se može sa sigurnošću tvrditi da se opterećenje termoakumulacionog grijanja ne može analizirati statističkim metodama.

Većina aparata pripada grupi koja se nalazi između ova dva slučaja. Postoje određeni uvjeti da se neki aparati uključe, što ovisi o prisutnosti ukućana, odnosno potreba za nekim aparatom, pa se rasvjeta uključuje noću, grijalica zimi, klima-uređaj ljeti i sl. To znači da se ti aparati upotrebljavaju samo u određeno vrijeme dana odnosno godine, ali je pojava opterećenja unutar tog vremena slučajna pojava, jer je potreba za tim aparatom prosječno jednaka u cijelom tom razdoblju.

2. STATISTIČKI POSTUPCI RAČUNA

Za određivanje vršnog opterećenja kućanstva odnosno grupe kućanstvava upotrebljavaju se ove razdiobe.

— binomna
— normalna.

Binomna razdioba služi za određivanje vršnog opterećenja jednog kućanstva, a normalna za određivanje vršnog opterećenja grupe kućanstava.

Normalna razdioba služi kao baza kod dva postupka računanja. Prvi postupak je objavljen u L 2, a drugi u L 3.

Kronološki se najprije pojavio u primjeni postupak iz L 2, zatim postupak iz L 3, a na kraju se pojavio postupak s binomnom razdiobom.

2.1. Primjena normalne razdiobe prema L 2

Ovaj se postupak često prema svojem autoru naziva i Rusckova metoda. Temelji se na pretpostavci da je razdioba opterećenja jednog kućanstva u vrijeme vršnog opterećenja distribuirana po normalnoj razdiobi. Karakteristične veličine te razdiobe su srednja vrijednost opterećenja P_0 i standardna devijacija opterećenja σ_0. Vjerojatnost da se pojavi neko opterećenje iz intervala opterećenja P_1 i P_2 određena je izrazom:

$$p(P_1 < P < P_2) = \frac{1}{\sigma_0 \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{P_1}^{P_2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{P - P_0}{\sigma_0}\right)^2} \cdot dP$$

Ako se uvede supstitucija

$$u = \frac{P - P_0}{\sigma_0},$$

dobije se izraz

$$p\,(P_1 < P < P_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{u_1}^{u_2} e^{-\frac{1}{2}u^2} \cdot du.$$

Minimalno i maksimalno opterećenje koje se pojavljuje u intervalu ± u određeno je izrazom

$$P = P_0 \pm u \cdot \sigma_0.$$

Za određivanje maksimalnih i minimalnih vrijednosti koje se mogu očekivati vrlo se često u praksi upotrebljava vrijednost u = 3, pa je vršno opterećenje jednog kućanstva određeno izrazom:

$$P_v = P_0 + 3 \cdot \sigma_0.$$

Takva vrijednost vršnog opterećenja znači (L 4 tablica V) da će se samo u 0,135% slučajeva pojaviti opterećenje veće od predviđenog, što se može prihvatiti.

Opterećenje grupe od n kućanstava je prema baznoj pretpostavci linearna kombinacija nezavisnih normalnih varijabli. Prema L 4 (pogl. V 4. 3. teorem 4) u tom se slučaju također dobije normalna razdioba s karakterističnim veličinama:

— srednja vrijednost opterećenja grupe od n kućanstva

$$P_{og} = \sum_{i=1}^{n} P_{oi}$$

— standardna devijacija grupe od n kućanstva

$$\sigma_g = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_{oi}^2}.$$

Vršno opterećenje grupe n kućanstva iznosi tada:

$$P_{vg} = \sum_{i=1}^{n} P_{oi} + 3\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_{oi}^2}.$$

Standardna devijacija za normalnu razdiobu opterećenja jednog kućanstva u vrijeme vršnog opterećenja određena je izrazom

$$\sigma_{oi} = \frac{P_{vi} - P_{oi}}{3}.$$

Vršno opterećenje grupe od n kućanstva određeno je tada izrazom:

$$P_{vg} = \sum_{i=1}^{n} P_{oi} + \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (P_{vi} - P_{oi})^2}.$$

Ako se radi o jednom tipu kućanstva, tada su srednje vrijednosti opterećenja jednog kućanstva i vršna opterećenja jednog kućanstva jednake kod svih n kućanstava pa se dobiva

$$P_{vg} = n \cdot P_o + (P_m - P_o) \cdot \sqrt{n}.$$

Iz tog izraza odredit će se faktor istodobnosti, koji je određen dijeljenjem vršnog opterećenja grupe kućanstava sumom vršnih opterećenja jednog kućanstva

$$f_n = \frac{P_{vg}}{n \cdot P_v} = \frac{P_o}{P_v} + \left(1 - \frac{P_o}{P_v}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}.$$

Za vrlo velik broj kućanstva (n = ∞) dobije se faktor istodobnosti:

$$f\infty = \frac{P_o}{P_v}.$$

Uvrštenjem tog izraza u jednadžbu za faktor istodobnosti dobije se

$$f_n = f\infty + (1 - f\infty)\frac{1}{\sqrt{n}}.$$

Prilikom određivanja normativa obično se napravi model tipičnog kućanstva koje je opremljeno određenim električnim aparatima.

Na taj način mogu se odrediti instalirane snage tipičnog kućanstva, ali ne i vršno opterećenje jednog takvog kućanstva. Da se odredi vršno opterećenje jednog kućanstva pomoću instalirane snage, primjenjuje se faktor potražnje. Vršno opterećenje jednog kućanstva određeno je izrazom

$$P_v = P_{inst} \cdot f_p,$$

gdje je:

P_{inst} — suma instaliranih snaga kućanskih aparata jednog kućanstva kW

f_p — faktor potražnje

Vršno opterećenje grupe kućanstva iznosi tada:

$$P_{vg} = n \cdot f_n \cdot f_p \cdot P_{inst} = n \cdot f_p \cdot f\infty \cdot P_{inst} + (1 - f\infty) \cdot f_p \cdot P_{inst} \cdot \sqrt{n}.$$

Faktori f_p i $f\infty$ određuju se mjerenjima.

2.2. Primjena normalne razdiobe prema L 3

Za razliku od prvog postupka koji polazi od opterećenja jednog kućanstva, kod ovog postupka se polazi od opterećenja jednog električnog aparata u kućanstvu. Analizom opterećenja grupe raznovrsnih aparata dolazi se do opterećenja grupe kućanstva.

U usporedbi s matematičkim postupkom iz L 3 uvedene su neke promjene, koje su objavljene u L 5. Najprije će se analizirati postupak s uvedenim promjenama, a zatim ukratko objasniti razlozi zbog kojih je došlo do uvođenja promjena.

Kako je već spomenuto, kod ove se metode polazi od opterećenja jednog aparata. Ako se analizira opterećenje grupe istovrsnih aparata, tada su opterećenja te grupe distribuirana po binomnoj razdiobi. Međutim, binomna razdioba nije praktična za rad. Zbog toga će se binomna razdioba aproksimirati normalnom razdiobom.

Uvjeti za tu aproksimaciju su prema L 4 ovi:

1. $\frac{1}{n+1} < p < \frac{n}{n+1}$

2. $n \cdot p \cdot (1 - p) > 9,$

gdje je:

n — broj istovrsnih aparata
p — vjerojatnost uključenja aparata odnosno pojave opterećenja pojedinog aparata.

Prvim uvjetom osigurava se da dotična binomna razdioba ima tjeme, a drugim da ima određenu simetričnost. U L 4 se ne analizira veličina pogreške koja nastaje ako ti uvjeti nisu ispunjeni.

Vjerojatnost uključenja pojedinog aparata određena je izrazom

$$p = \frac{W}{P \cdot t_u},$$

gdje je:

W — potrošnja aparata u određenom vremenskom periodu kWh
P — opterećenje koje se pojavljuje prilikom uključivanja aparata kW
t_u — moguće vrijeme upotrebe aparata u određenom vremenskom periodu h.

Moguće vrijeme upotrebe aparata jest vrijeme u kojem postoji određena vjerojatnost (p) uključenja aparata. Ono se određuje prema modelu odnosio pretpostavkama.

Potrošnja aparata može se odrediti pomoću određenog modela ili anketom kućanstava.

Opterećenje koje se pojavljuje prilikom uključenja aparata u većini je slučajeva jednako instaliranoj snazi aparata. Međutim, kod nekih aparata to nije slučaj. Jedan od takvih primjera je stroj za pranje rublja. Instalirana snaga tog aparata je suma snage grijača, motora za pranje i motora za centrifugiranje. Opterećenje koje se pojavljuje prilikom jednog ciklusa pranja maksimalno je u trenutku kada je uključen grijač i motor za pranje, srednje za vrijeme centrifugiranja, a minimalno kada radi samo motor za pranje. Drugih kombinacija i nema. Kod električog štednjaka ima pet elemenata (četiri grijaće ploče i pećnica), koji se uključuju neovisno jedan o drugome, pa je moguć velik broj kombinacija, ako se i zanemari mogućnost regulacije pojedinog elementa. Električni štednjak može se riješiti na taj način da se ne analizira kao jedan aparat, nego kao pet aparata, koliko ima i elemenata. Kod aparata čije se opterećenje mijenja prilikom upotrebe preporuča se račun s maksimalnim odnosno vršnim opterećenjem.

Karakteristične vrijednosti normalne razdiobe za opterećenje grupe od n istovrsnih aparata određene su prema L 4 izrazima:

— srednja vrijednost opterećenja grupe od n istovrsnih aparata

$$P_n = P \cdot p \cdot n$$

— standardna devijacija grupe od n istovrsnih aparata

$$\sigma_n = \sqrt{P^2 \cdot n \cdot p \cdot (1 - p)}.$$

Vršno opterećenje grupe od nekoliko kućanstava opet je linearna kombinacija nezavisnih normalnih varijabli. Pri tome su varijable opterećenja pojedinih grupa istovrsnih aparata, koja su distribuirana po normalnoj razdiobi. Isto kao i kod prvog postupka i u ovom slučaju se također dobije kao rezultat normalna razdioba. Ako ima m grupa raznovrsnih aparata, a u svakoj grupi n istovrsnih aparata, tada su karakteristične vrijednosti normalne razdiobe određene izrazima:

— srednja vrijednost opterećenja grupe kućanstava

$$P_{og} = \sum_{i=1}^{m} P_i \cdot p_i \cdot n_i$$

— standardna devijacija opterećenja grupe kućanstava

$$\sigma_g = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} P_i^2 \cdot n_i \cdot p_i \cdot (1 - p_i)}.$$

Vršno opterećenje grupe kućanstava tada iznosi:

$$P_{vg} = \sum_{i=1}^{m} P_i \cdot p_i \cdot n_i + 3 \sqrt{\sum_{i=1}^{m} P^2 \cdot n_i \cdot p_i \cdot (1 - p_i)}.$$

Kod prvog postupka pretpostavilo se da su sva kućanstva jednako opremljena aparatima. Isto tako je potrebno pretpostaviti da jedno kućanstvo ne posjeduje dva istovrsna aparata, što je realno, a to znači da je broj istovrsnih aparata n jednak za sve grupe aparata. Uz tu pretpostavku dobije se ovaj izraz za vršno opterećenje grupe kućanstava:

$$P_{vg} = n \cdot \sum_{i=1}^{m} P_i \cdot p_i + 3 \sqrt{\sum_{i=1}^{m} P_i^2 \cdot p_i \cdot (1 - p_i)} \cdot \sqrt{n}.$$

U ovom slučaju broj n predstavlja broj kućanstava u grupi, a m broj raznovrsnih aparata.

Uvrštenjem izraza za vjerojatnost uključivanja opjedinih aparata u izraz za vršno opterećenje grupe kućanstva dobije se:

$$P_{vg} = \sum_{i=1}^{m} \frac{W_i}{t_{ui}} \cdot n_i + 3 \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{W_i}{t_{ui}} \cdot n_i \left(P_i - \frac{W_i}{t_{ui}}\right)}$$

Iz ovog izraza može se zaključiti kolik je utjecaj pojedinih elemenata analize na rezultate analize. Najveći je utjecaj omjera potrošnje pojedinog aparata i mogućeg vremena upotrebe aparata. Opterećenje koje se pojavljuje prilikom uključenja aparata, razmjerno malo utječe na rezultate, pa se time može opravdati što se računa s vršnim opterećenjem aparata.

Razlike u računu prema L 3 odnose se na matematički aparat izračunavanja opterećenja grupe aparata. U L 3 se nakon praktično jednakog određivanja vjerojatnosti uključenja pojedinog aparata izračuna srednja geometrijska vjerojatnost

uključenja prosječnog aparata i srednje aritmetičko opterećenje prosječnóg aparata. Dalje se računa s *vrije*dnostima koje vrijede za prosječni aparat. Ova metoda daje to bolje rezultate što se opterećanja i vjerojatnost uključenja pojedinog aparata manje razlikuju.

Kod upotrijebljenog postupka ne treba paziti na te razlike.

2.3. Primjena binomne razdiobe

Mogućnost primjene binomne razdiobe za izračunavanje vršnog opterećenja kućanstva spominje se još u L 6. Međutim, da se izračuna vjerojatnost pojave svih mogućih opterećenja koja se mogu pojaviti u jednoj grupi aparata, potrebno je izvršiti 2^n računskih operacija. Broj n predstavlja broj aparata u grupi. Ako se računa samo s aparatima iz jednog kućanstva ($n = 15 \div 20$), broj računskih operacija penje se na nekoliko milijuna. Očito je da u takvim slučajevima dolazi u obzir jedino obrada pomoću računskog stroja, usprkos vrlo jednostavnom računu.

Jednadžba za izračunavanje vjerojatnosti pojave određenog vršnog opterećenja glasi:

$$p(P_1+P_3+P_4)=p_1\cdot(1-p_2)\cdot p_3\cdot p_4\cdot(1-p_5)\cdot(1-p_6)\ldots(1-p_n)$$

gdje je:

$p(P_1 + P_3 + P_4)$ — vjerojatnost pojave opterećenja $P = P_1 + P_3 + P_4$

$p_1, p_2, p_3 \ldots p_n$ — vjerojatnost uključenja aparata 1, 2, 3 . . . n

n — broj analiziranih aparata u kućanstvu.

Broj opterećenja koja se mogu pojaviti u grupi od n aparata jednaka su broju kombinacija to jest 2^n. Međutim, neka su opterećenja jednaka ali se pojavljuju uz razne kombinacije aparata. Da se odredi vjerojatnost pojave određenog opterećenja, potrebno je zbrojiti vjerojatnosti svih kombinacija aparata koje daju jednako opterećenje i na taj način formirati razdiobu vjerojatnosti svih opterećenja. Pomoću te razdiobe može se vrlo lagano odrediti maksimalno moguće opterećenje. Još je jednostavnije ako se veličine opterećenja svrstaju u razrede i sumiraju vjerojatnosti pojave opterećenja unutar svakog razreda. To se napravilo u izračunatim primjerima. Širina razreda iznosila je 0,5 kW. I kod ove razdiobe se vršno opterećenje odredilo na taj način da se predvidjela pojava većeg opterećenja od vršnog u samo 0,135% slučajeva.

2.4. Usporedba pojedinih postupaka i primjeri računa

Osnovna razlika između postupaka kod primjene normalne razdiobe jest ta što se jedan koristi faktorima za izračunavanje vršnog opterećenja koji se određuju mjerenjima u mreži, a drugi se bazira isključivo na modelu upotrebe pojedinih aparata. Prilikom upotrebe binomne razdiobe koristi se također isključivo model upotrebe pojedinih aparata.

Usporedba će se provesti na nekoliko primjera pomoću kojih će se navesti na neke karakteristične razlike.

Za postupak prema L 2 koristit će se ovi faktori:

— f_∞ = 0,2 za kućanstvo koje uportebljava za sve električnu energiju osim za grijanje stana

— f_∞ = 0,3 za kućanstvo koje se osim električnom energijom koristi i plinom ili energijom iz toplovoda

— f_p = 0,5 za sva kućanstva.

Za metodu prema L 3 koristit će se podaci, koji su primijenjeni za izradu normativa za Elektru Zagreb:

Naziv aparata	Instalirana snaga (P_{inst})	Opterećenje (P)	Potrošnja aparata u tjedan dana (W)	Vjerojatnost upotrebe aparata (p)
Klima-uređaj	3,00	3,00	168,00	0,6667
El. štednjak				
pećnica	2,40	2,40	2,40	0,0294
ploča I	1,00	1,00	1,05	0,0700
ploča II	1,00	1,00	9,33	0,4665
ploča III	2,00	2,00	4,67	0.1167
ploča IV	2,00	2,00	2,10	0,0500
Bojler u kupaonici	3,00	3,00	34,50	0,1369
Rasvjeta ljeti	1,50	0,75	12,60	0,4800
Stroj za pranje suđa	2,10	2,10	10,00	0,1134
Stroj za sušenje rublja	3,30	3,30	8,00	0,0551
Bojler u kuhinji	2,00	2,00	7,50	0,0893
Stroj za pranje rublja	3,50	3,00	6,00	0,0455
Hladnjak	0,12	0,12	12.60	0,6250
Televizor	0,12	0,12	2.70	0,4694
Glačalo	1,00	1,00	2,40	0.0545
Usisač prašine	0,70	0,70	1,40	0,0741
Radio-aparat	0,04	0,04	1.56	0,4643
Toaster	1,00	1,00	0.50	0 0172
Fen	0,50	0,50	0,25	0.0167
Mikser	0,15	0,15	0,15	0.0455
Grijalica u kupaoni	1,50	1,50	4,38	0,0811
Grijalica u stanu	1,50	1,50	10,50	0,1667

Ukupna instalirana snaga iznosi 33,43 kW.

Podaci za tjednu potrošnju grijalica i vjerojatnost upotrebe odnose se na prijelazno razdoblje (jesen, proljeće) kad se predviđa i pojava godišnjeg vršnog opterećenja ako u kućaistvu nema klima-uređaja.

Ako se pretpostavi da kućanstvo ima sve predviđene aparate i da svi aparati koji se upotrebljavaju ljeti sudjeluju u vršnom opterećenju, tada se dobiju ove jednadžbe za izračunavanje vršnog opterećenja:

$$\text{prema L 2}: P_{vg} = 3{,}343 \cdot n + 13{,}372 \cdot \sqrt{n}$$

$$n = 100 \quad P_{v100} = 468{,}02 \text{ kW}$$

$$\text{prema L 3}: P_{vg} = 4{,}804 \cdot n + 7{,}525 \cdot \sqrt{n}$$

$$n = 100 \quad P_{v100} = 555{,}65 \text{ kW}.$$

1. Primjer: Utjecaj klima-uređaja na opterećenje.

Svi faktori metode prema L 2 ostaju nepromijenjeni. Rezultati su slijedeći, ako se računa bez klima-uređaja:

$$\text{prema L 2}: P_{vg} = 3{,}043 \cdot n + 12{,}172 \cdot \sqrt{n}$$
$$n = 100 \quad P_{v100} = 426{,}02 \text{ kW}$$

$$\text{prema L 3}: P_{vg} = 2{,}804 \cdot n + 6{,}215 \cdot \sqrt{n}$$
$$n = 100 \quad P_{v100} = 342{,}55 \text{ kW}.$$

Prema L 2 je utjecaj klima-uređaja na opterećenje 100 kućanstava 42 kW (0,42 kW/kuć), a prema L 3 213,1 kW (2,13 kW/kuć). Očito je utjecaj klima-uređaja na opterećenje kućanstva prema postupku iz L 3 mnogo veći nego prema postupku iz L 2, ali naravno uz primijenjene faktore f_∞ i f_p.

2. Primjer: Utjecaj protočnog bojlera na opterećenje. Pri tome se misli na protočni bojler u kupaonici koji ima instaliranu snagu odnosno opterećenje 25 kW.

Svi faktori postupka prema L 2 ostaju nepromijenjeni. Instalirana snaga se mijenja od 33,43 kW na 55,43 kW.

Kod primijenjenog postupka prema L 3 mijenja se vjerojatnost upotrebe bojlera. Uz primjenu klasičnog bojlera računalo se s ovim veličinama:

— opterećenje bojlera 3 kW
— vrijeme moguće upotrebe 84 sata/tjedno, što znači 12 sati/dan, i to od 0 do 6 h, 13 h — 16 h, 21 h — 0 h (Predvidjela se upotreba bojlera većeg kapaciteta.)
— potrošnja električne energije od 34,5 kWh/tjedan.

S protočnim bojlerom vrijede ove veličine:

— opterećenje bojlera 25 kW
— vrijeme moguće upotrebe 63 sati/tjedno, što znači 9 sati/dan, i to od 5 h do 7 h, 15 h — 22 h
— potrošnja električne energije ostaje 34,5 kWh/tjedan.

Vjerojatnost upotrebe protočnog bojlera iznosi tada 0,0219, a produkt $P \cdot p = 0{,}547$ odnosno $P^2 \cdot p \cdot (1-p) = 13{,}387 \text{ kW}^2$.

Odabrana je ista grupa aparata koja se prvo analizirala, ali je klasični bojler zamijenjen protočnim bojlerom. Rezultati su slijedeći:

$$\text{prema L 2}: P_{vg} = 5{,}543 \cdot n + 22{,}172 \cdot \sqrt{n} \quad n = 100$$
$$PV\ 100 = 776{,}02 \text{ kW}$$

$$\text{prema L 3}: P_{vg} = 4{,}940 \cdot n + 12{,}943 \cdot \sqrt{n} \quad n = 100$$
$$PV\ 100 = 623{,}43 \text{ kW}.$$

Prema L 2 je utjecaj protočnog bojlera na opterećenje 100 kućanstava 308 kW 3,08 kW/kuć), a prema L 3 67,78 kW (0,67 kW/kuć).

Prema rezultatima iz prakse može se utjecaj klima-uređaja procijeniti s 2 : 3 kW/kuć (L 7 60 W/m² stana), a utjecaj protočnog bojlera s 0,5 kW / kuć (L 8), i to na nivou transformatorske stanice 10/0,4 kV.

Prema L 7 analizirao se konzum grada Münchena i utjecaj klimauređaja na konzum kućanstva računao se sa 60 W/m² ukupne površine stana.

U L 8 mjerena su opterećenja kućanstava u tri naselja koja su se razlikovala po energetskom opskrbljivanju kućanstva. U jednom naselju kuhalo se pomoću električne energije i pripremala topla voda za sve svrhe pomoću jednog protočnog bojlera od 18 kW. Drugo naselje je također koristilo električnu energiju za kuhanje, a za pripremu tople vode u kuhinju klasični bojler od 2 kW. Za pripremu tople vode u kupaonici služila je energija iz toplane. Ostali aparati bili su podjednaki u obje vrsti kućanstva. Stanovi se nisu grijali pomoću električne energije. Razlika u specifičnom opterećenju tih dviju vrsta kućanstva iznosila je 0,5 kW/kuć. ako se uzmu u obzir maksimalno izmjerena vršna opterećenja naselja. Broj kućanstva u svakom od naselja iznosio je oko 250 kućanstava.

U oba navedena primjera namjerno su izabrana dva aparata koja djeluju ekstremno suprotno na opterećenje. Protočni bojler s vrlo velikom instaliranom snagom (25 kW) manje djeluje na vršno opterećenje grupe kućanstva nego klima-uređaj s manjom instaliranom snagom (3 kW). Pokazalo se da je u ovim slučajevima povoljnije primijeniti postupak koji polazi od opterećenja jednog aparata (L 3) nego postupak koji polazi od opterećenja jednog kućanstva.

Ovdje se ne želi utvrditi točnost pojedinih postupaka, nego područja primjene u kojima pojedini postupci daju bolje rezultate.

Očito je u slučajevima kad se želi utvrditi djelovanje nekih aparata s ekstremnim karakteristikama, a koji se ne nalaze u upotrebi, povoljniji postupak koji polazi od opterećenja jednog aparata. (L 3).

Kad se želi odrediti opterećenje nekog naselja s aparatima za koje se poznaje faktor potražnje i faktor istodobnosti kod neizmjernog broja kućanstva, sigurno je povoljnija metoda prema L 2 i to manje zbog određivanja utjecaja pojedinog aparata na opterećenje nego zbog toga što se pomoću spomenutih faktora utvrđuju i navike upotrebe aparata u kućanstvu. To potvrđuju i podaci iz literature (L 9), gdje je utvrđeno da se f_∞ promijenio u nekolik o godina od 0,05 na 0,07, to jest za 40% svoje prijašnje vrijednosti, a aparati u kućanstvima ostali su praktično jednaki.

Pomoću modeliranja upotrebe pojedinih aparata vrlo je teško odrediti promjene koje nastaju mijenjanjem navika upotrebe aparata.

To se može potvrditi kratkom analizom upotrebe aparata za kuhanje u kućanstvu. Očita je tendenca u zadnjih deset do petnaest godina da se stanari kućanstva sve više prehranjuju izvan kućanstva. Danas praktično svaka osnovna škola ima svoju kuhinju, sve je više tvornica gdje radnici doručkuju odnosno ručaju i sve je više samopo-

služivanja s prehranom. S druge strane, instalirane snage električnih štednjaka ipak se stalno povećavaju, a električnih kuhala praktično nema u upotrebi radi kuhanja ručka ili večere. Uz takvu tendenciju vrlo je teško napraviti model upotrebe električnog štednjaka za 10—15 godina unaprijed. Da se te promjene obuhvate dovoljno točno, potrebna su organizirana i kontinuirana mjerenja opterećenja karakterističnih grupa kućanstava.

Za određivanja vršnog opterećenja jednog kućanstva sigurno je najtočnija analiza po binomnoj razdiobi. Ako u kućanstvu ima samo dva ili tri aparata, analize po normalnoj razdiobi ne daju dobre rezultate. Ovdje se želi samo utvrditi koje su razlike između rezultata. Analiza će se provesti s modelima kućanstva i to ovim električnim aparatima:

Model a): rasvjeta, stroj za pranje rublja, hladnjak, televizor, glačalo, grijalica (kupaonica), grijalica za stan (dogrijavanje stana u jesen i proljeće) i električni štednjak.

Model b): aparati iz modela a) + bojler u kuhinji i kupaonici

Model c): aparati iz modela b) + sitni aparati (usisač prašine, radio-aparat, toaster, fen, mikser) + stroj za pranje suđa.

Model d): aparati iz modela c (+ stroj za sušenje rublja

Model e): aparati iz modela d) + klima uređaj

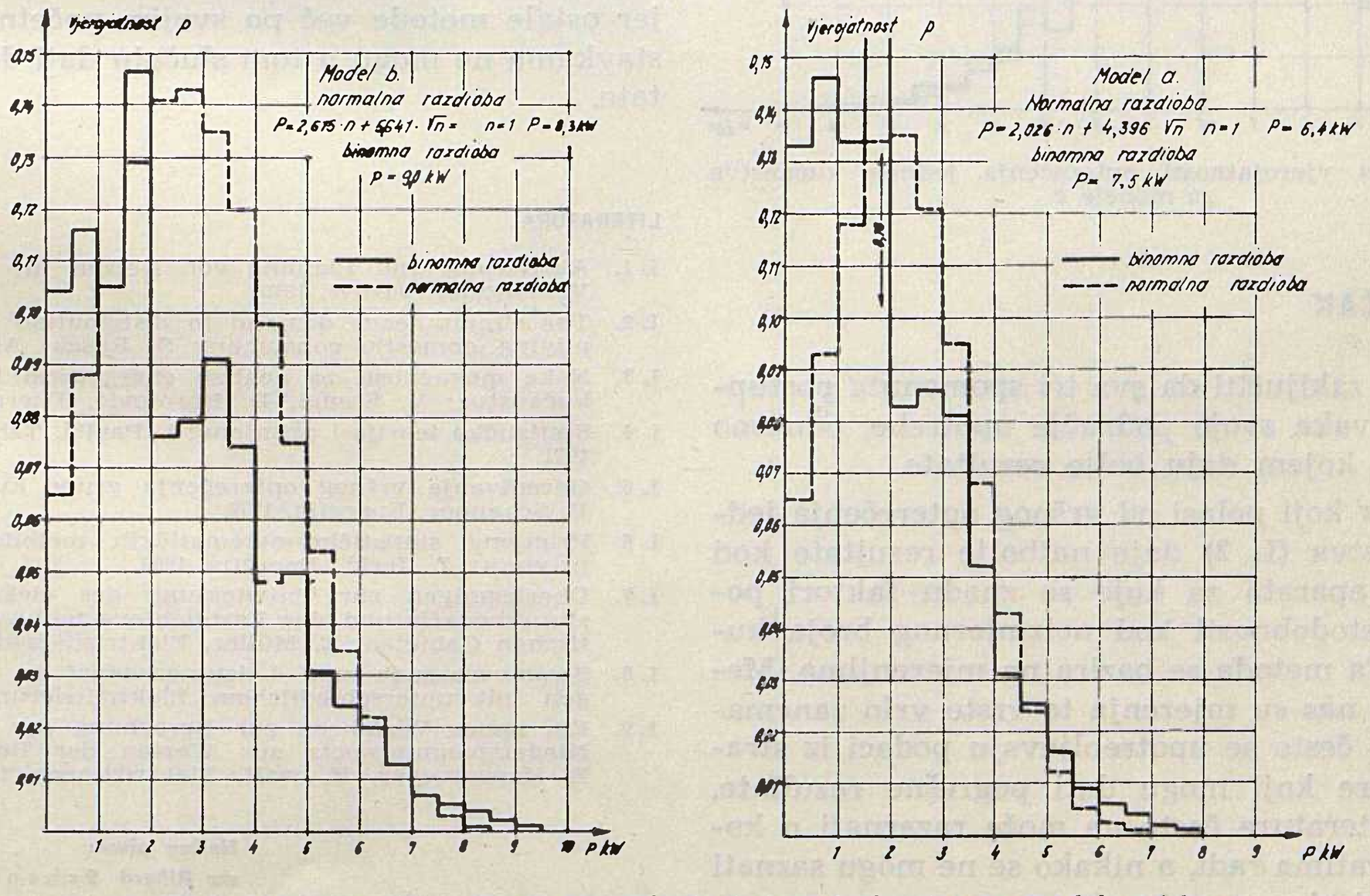
Izračunala su se vršna opterećenja u razdoblju kada se ona očekuju, pa su prema tome i uzimani u obzir aparati. Na primjer, za model e računalo se s aparatima koji se upotrebljavaju ljeti pa nisu uzete u obzir grijalice i slično.

Rezultati su slijedeći:

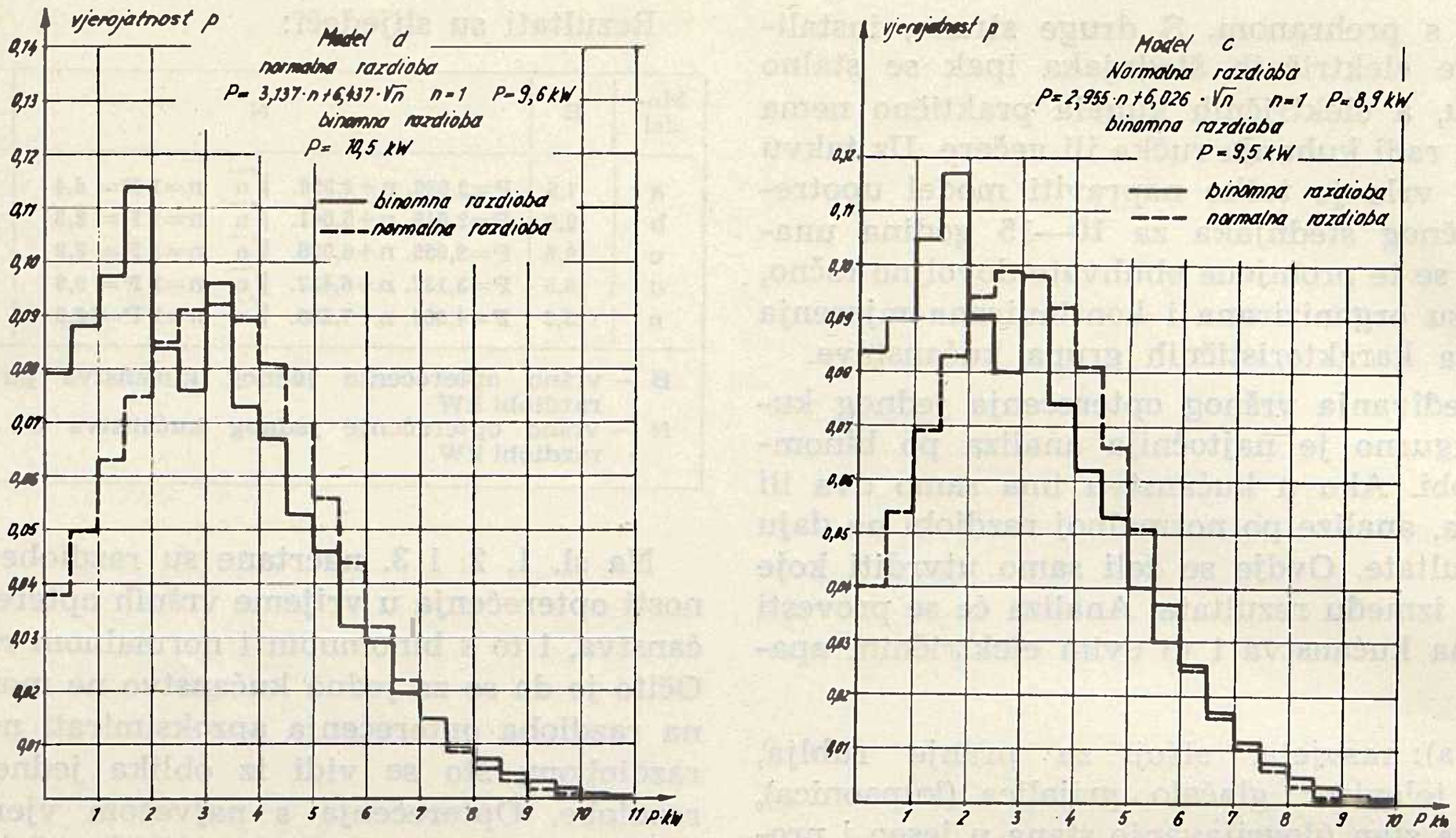
Model	B	N	Razlika %
a	7,5	$P=2{,}026.\ n+4{,}396.\ \sqrt{n}\quad n=1\ P=6{,}4$	17,2
b	9,0	$P=2{,}615.\ n+5{,}641.\ \sqrt{n}\quad n=1\ P=8{,}3$	8,4
c	9,5	$P=2{,}955.\ n+6{,}026.\ \sqrt{n}\quad n=1\ P=8{,}9$	6,7
d	10,5	$P=3{,}137.\ n+6{,}437.\ \sqrt{n}\quad n=1\ P=9{,}6$	9,3
e	13,3	$P=4{,}804.\ n+7{,}523.\ \sqrt{n}\quad n=1\ P=12{,}3$	8,1

B — vršno opterećenje jednog kućanstva po binomnoj razdiobi kW
N — vršno opterećenje jednog kućanstva po normalnoj razdiobi kW.

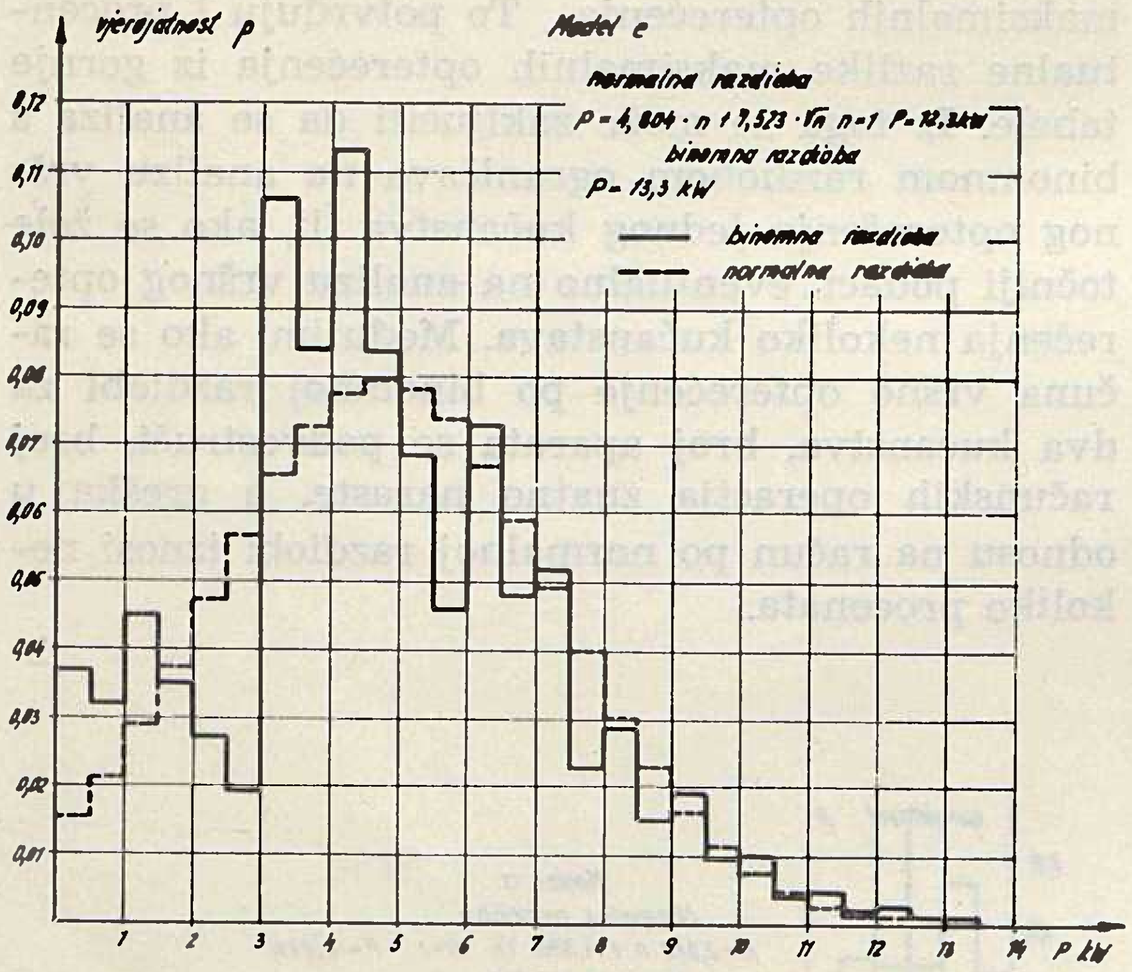
Na sl. 1, 2. i 3. nacrtane su razdiobe vjerojatnosti opterećenja u vrijeme vršnih opterećenja kućanstva, i to s binomnom i normalnom razdiobom. Očito je da se za jedno kućanstvo ne može binomna razdioba opterećenja aproksimirati normalnom razdiobom, što se vidi iz oblika jedne i druge razdiobe. Opterećenja s najvećom vjerojatnošću kod binomne su razdiobe za 0,5 do 1,5 kW manja nego kod normalne razdiobe. Međutim, oblik jedjedne i druge razdiobe ne razlikuje se znatno kod maksimalnih opterećenja. To potvrđuju i procentualne razlike maksimalnih opterećenja iz gornje tabele. Iz toga se može zaključiti da se analiza s binomnom razdiobom ograničava na analizu vršnog opterećenja jednog kućanstva ili, ako se žele točniji podaci, eventualno na analizu vršnog opterećenja nekoliko kućanstava. Međutim, ako se računa vršno opterećenje po binomnoj razdiobi za dva kućanstva, broj aparata se podvostruči, broj računskih operacija znatno naraste, a greška u odnosu na račun po normalnoj razdiobi iznosi nekoliko procenata.



Sl. 1. Razdioba vjerojatnosti opterećenja jednog kućanstva za modele *a* i *b*



Sl. 2. Razdioba vjerojatnosti opterećenja jednog kućanstva za modele c i *d*



Sl. 3. Razdioba vjerojatnosti opterećenja jednog kućanstva za modele e

5. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da sva tri spomenuta postupka imaju svaka svoje područje upotrebe, odnosno područje u kojem daju bolje rezultate.

Postupak koji polazi od vršnog opterećenja jednog kućanstva (L 2) daje najbolje rezultate kod kućanskih aparata za koje se znadu faktori potražnje i istodobnosti kod neizmjernog broja kućanstava. Ta metoda se bazira na mjerenjima. Međutim, kod nas su mjerenja te vrste vrlo zanemarena i vrlo često se upotrebljavaju podaci iz strane literature koji mogu dati pogrešne rezultate, jer se iz literature često ne može razaznati o kojim se aparatima radi, a nikako se ne mogu saznati navike upotrebe aparata.

U zapadnim zemljama je, na primjer, uobičaeno dvokratno radno vrijeme za određeni broj uposlenih, što ima određen utjecaj na opterećenje kućanstva, ali je teško odrediti kakav.

Postupak koji polazi od opterećenja jednog aparata u kućanstvu (L 3) daje dobre rezultate kod analiza utjecaja aparata koji se ne nalaze u upotrebi, ali se njihova pojava očekuje na tržištu, odnosno u upotrebi. Naročito se to odnosi na aparate s ekstremnim karakteristikama, malom potrošnjom električne energije, ali velikim opterećenjem i obrnuto. Kod takvih aparata vrlo je teško procijeniti kakav će biti faktor potražnje odnosno faktor istodobnosti kod neizmjernog broja aparata.

Postupak se binomnom razdiobom služi za izračunavanje vršnog opterećenja jednog kućanstva, jer ostale metode već po svojim početnim pretpostavkama ne mogu u tom slučaju dati dobre rezultate.

LITERATURA

L 1. Aktivirung und Planung von Netzen für allelektrische Versorgung: VDEW, 1970.
L 2. The simultaneous demand in distribution network suppliying domestic consumers: S. Rusck, ASEA, 1956.
L 3. Neke mogućnosti za analizu energetskih karakteristika kućanstva: V. Štengl, D. Borojević, Energija 1965.
L 4. Statistička teorija i primjena: I. Pavlić, Tehnička knjiga, 1971.
L 5. Određivanje vršnog opterećenja grupe kućanstva: R. Schenner, Energija, 1976.
L 6. Primjena statističko-matematičkih metoda u elektroprivredi: J. Jerić, Energija 1960.
L 7. Überlegungen zur Entwicklung des elektrischen Leistungsbedarfs und der Lastdichteverteilung in grosstädtischen Gebieten: E. Müller, Elektrizitätswirtschaft, 1975.
L 8. Stromverbrauch und Leistungsbedarf in Wohnsiedlungen mit unterschiedlichem Elektrifizierungsgrad:
L 9. Ein neues Verfahren zur Berechung der Belastung in Niederspannungsnetz aus Werten der Betriebsstatistik E. Hagenmeyer, H. wolf, Elektrizitätswirtschaft, 1973.

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

RAZVOJ NUKLEARNE ENERGETIKE

(Nastavak)

Vladimir Vuković, Zagreb

Ukratko je prikazan historijski razvoj nuklearnih elektrana od eksperimenta E. Fermija do ulaza u pogon prvih takvih elektrana u SSSR-u i Velikoj Britaniji. Zatim su opisani osnovni tipovi energetskih nuklearnih reaktora.

DK 621.039.5

3. POSTOJEĆE STANJE (1976. GODINA)

3.1. Nuklearni energetski reaktori

U tablici 1 dan je pregled nuklearnih energetskih reaktora koji se nalaze u eksploataciji (A) i onih koji će btii u eksploataciji do kraja 1980. godine (B), a sada se nalaze u gradnji. U svakom retku gornji manji broj označuje broj reaktora, a donji broj označuje ukupnu električnu snagu koja se dobije iz toga broja reaktora. Za izradu tablice korištena je literatura zapadnih zemalja (L 1), pa su podaci za elektrane u Istočnoj Evropi dosta škrti.

Iz tablice se vidi da je nuklearna energetika prisutna u 28 država, među kojima je i Jugoslavija. Ove godine nalazi se u pogonu 188 reaktora s ukupnom električnom snagom od 90 299 MWe, a već za 4 godine u proizvodnju će se uključiti novih 148 reaktora sa svojih 129 785 MWe. Tada će svijet eksploatirati oko 336 reaktora s ukupnom električnom snagom od 220 084 MWe. Prosjek po reaktoru iznosio bi 655 MWe. Naravno da prosjek sam po sebi nema neku naročitu vrijednost, ali se iz ovih podataka mogu stvoriti mnogi interesantni zaključci. Broj energetskih reaktora s instaliranom električnom snagom koja će biti na raspolaganju 1980. godine prikazan je u tablici 2.

Tablica 2.

Vrsta reaktora	Broj reaktora	Ukupna električna snaga, MWe	Procentni udjel u ukup. snazi	Prosječna el. snaga po reaktoru MWe
PWR	155	126 248	57,35	815
BWR	85	59 597	27,07	701
PHW-CANDU	20	10 238	4,64	512
GAS-GRAPH.	7	2 413	1,09	345
MAGHOX	28	5 656	2,56	202
AGR	11	6 644	3,08	604
FBR i OSTALI	30	9 288	4,21	310

U slijedećim točkama komentirat će se detaljnije glavni tipovi reaktora.

3.1.1. Vodeno-tlačni reaktori

Od kapaciteta u izgradnji koji će biti u eksploataciji do kraja 1980. godine 86 je ovakvih reaktora s ukupno 78 691 MWe (915 MWe po reaktoru). Trenutni primat je na strani PWR-sistema, ali to ne znači i apsolutnu opravdanost, a još manje znači sistem budućnosti, kako će se kasnije pokazati. U razvoju i izgradnji ovih sistema veću je ulogu u Americi imala tvrtka Westinghouse, a u Evropi Siemens. SSSR je također razvio ovaj sistem, i pored domaće izgradnje više reaktora isporučuje istočnoevropskim zemljama. U novije vrijeme Francuska i Japan, također sve više sudjeluju u razvoju ovih sistema. Budući da se radi o reaktorima s rashladnim krugovima čiji je pojedinačni kapacitet oko 300 MWe, može se govoriti o tehnički i sigurnosno prihvatljivim PWR sistemima s 3 do 4 rashladna kruga ili o električnoj snazi po reaktorskoj jedinici od 900 do 1 200 MWe. S obzirom na velike specifične investicijske troškove kod malih snaga nuklearnih elektrana, 900 MWe je po prilici i donja ekonomska granica za gradnju ovih jedinica. S druge strane, gornja je granica električne snage reaktorske jedinice oko 1 300 MWe, jer je termička snaga reaktora u Americi ograničena sa 3 800 MWt (gornja granica toplinske snage reaktorske jezgre odobrene po USAEC).

U pozitivne karakteristike PWR-sistema može se uvrstiti:

— Reaktori su kompaktni jer im je mala kritična masa, odnosno kritične dimenzije reaktora. Hlađenje vodom dopušta relativno velike gustoće snage. Te osobine i opširni istraživački radovi doveli su do neke vrste standardizacije sistema i komponenata, pa i do sniženja investicijskih troškova.

— Relativno visoko iskorištenje pri niskim obogaćenjima goriva i manja opasnost od goriva koje se ošteti (indirektni prijenos topline na sekundarni energetski sistem).

— Negativni temperaturni koeficijent reaktivnosti optočne vode, koja je jeftin moderator i hladilo, čini sistem vrlo stabilnim.

Na žalost, postoje i s labe strane ovog sistema na primjer:

— Visoka cijena obogačenog goriva i niski konverzijski odnos uz slabu produkciju fisibilnog materijala.

— Relativno visok pritisak u primarnom sistemu, radiolitička disocijacija vode i općenito radioaktivnost i agresivnost vode zahtijevaju relativno skupe materijale i skupu izradu komponenata.

— Kvarovi na visokoopterećenim komponentama (na primjer parogeneratori i sl.) te diskonti-

Tablica 1.

Red. br.	DRŽAVA	TIPOVI REAKTORA U EKSPLOATACIJI (A) I GRADNJI (B)																ZAJEDNO 1980 G
		PWR		BWR		PHW CANDU		GAS-GRAFIT		MAGNOX		AGR		FBR I OSTALI		UKUPNO		
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1	Argentina	—	—	—	—	—	1 649	—	—	—	—	—	—	1 366	—	1 366	1 649	2 1 015
2	Austrija	—	—	—	1 692	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 692	1 692
3	Belgija	4 1 751	2 1800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4 1 751	2 1 800	6 3 551
4	Brazil	—	1 657	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 657	1 657
5	Begarska	1 440	3 1320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 440	3 1 320	4 1 760
6	Kanada	—	—	—	—	6 2 403	8 5 597	—	—	—	—	—	—	—	—	6 2 403	8 5 597	14 8 000
7	Čehoslov.	—	4 1652	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 143	—	1 143	4 1 652	5 1 795
8	Finska	—	2 880	—	2 1382	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4 2 262	4 2 262
9	Francuska	1 325	18 17 162	—	—	—	—	6 1910	—	—	—	—	—	2 331	—	9 2 566	18 17 162	27 19 728
10	SR Njemačka	6 5 611	3 3 894	5 2 111	6 6 521	—	—	—	—	—	—	—	—	2 74	1 307	13 7 796	10 10 722	23 18 518
11	DR Njemačka	1 365	2 730	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 365	2 730	3 1 095
12	Mađarska	—	2 880	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 880	2 880
13	Indija	—	—	1 210	—	2 440	2 470	—	—	—	—	—	—	—	—	3 650	2 470	5 1 120
14	Iran	—	2 2400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 2 400	2 2 400
15	Italija	1 270	2 1960	2 1022	2 2 018	—	—	—	—	1 210	—	—	—	1 15	1 45	5 1 517	5 4 027	10 5 544
16	Japan	5 3 537	5 4 365	4 2 141	7 6 232	—	—	—	—	1 166	—	—	—	—	2 200	10 5 844	14 10 797	24 16 641
17	Koreja	—	2 1245	—	—	—	1 679	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3 1 924	3 1 924
18	Meksiko	—	—	—	1 674	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 674	1 674
19	Nizozemska	1 468	—	1 55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 523	—	2 523
20	Pakistan	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 137	—	1 137	—	1 137
21	Španjolska	1 160	6 5 580	1 460	1 974	—	—	1 503	—	—	—	—	—	—	—	3 1123	7 6 554	10 7 677
22	Švedska	1 860	2 1800	4 2 458	3 2 466	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 3 318	5 4 266	10 7 584
23	Švicarska	2 728	1 970	1 326	1 1 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3 1 054	2 1 970	5 3 024
24	Tajvan	—	—	—	3 2 258	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3 2 258	3 2 258
25	V. Britanija	—	—	—	—	—	—	—	—	26 5 280	—	5 2 700	6 3 944	1 385	—	34 8 365	6 3 944	40 12 390
26	SAD	36 29 021	28 30 728	22 13 643	12 12 836	—	—	—	—	—	—	—	—	3 1261	1 150	64 23 925	41 43 714	102 87 639
27	SSSR	9 4 021	—	5 118	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9 3 874	2 2 000	23 8 013	2 2 000	25 10 013
28	Jugoslavija	—	1 664	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 664	1 664
UKUPNO		69 47 557	86 78 691	46 22 544	39 37 053	8 2 843	12 7 395	7 2 413	—	28 5 656	—	5 2 700	6 3 944	23 6 586	7 2 702	188 90 299	148 129 785	336 220 084

mirana izmjena goriva još uvijek čini ovaj sistem nedovoljno raspoloživim.

— Nizak toplinski stupanj djelovanja zbog primjene zasičene pare s niskim parametrima.

Tablica 3. prikazuje glavne karakteristike suvremenih PWR-sistema, triju proizvođača nuklearne opreme: SAD, SSSR-a i SR Njemačke.

Pojedini stupci predstavljaju nuklearne sisteme za proizvodnju pare kako slijedi:

A — Nuklearna elektrana Bellefonte 1, Scotsboro, Alabama, SAD. Proizvođač čitavog nuklearnog sistema za proizvodnju pare i glavni isporučilac — ugovarač (»ključ u ruke«) je američka tvrtka Baboock & Wilcox.
Elektrana je jedna od najmodernijih komercijalnih nuklearnih elektrana, a planirano je da krene u pogon krajem 1979. godine.

B — Nuklearna elektrana Krško. Glavni isporučilac opreme po sistemu »ključ u ruke« američka tvrtka Weistinghouse Electric Corp.

C — Nuklearna elektrana Stade kod Hamburga. Referentna elektrana koju je Siemens (KWU) spominjao u ponudi za Krško. U pogonu od 1972. godine, a faktor opterećenja je imala preko 80%.

D — Nuklearna elektrana Biblis B (druga jedinica) na Rajni (Worms). Najveća PWR-jedinica na svijetu. Reaktorski sistem Siemens.

E — Sovjetska jedinica 440 MWe koja se isporučuje i zemljama istočne Evrope.

F — Sovjetska jedinica Novo Voronježž 5. morala bi biti u probnom pogonu. Prva veća jedinica s PWR-sistemom. Nije u komercijalnoj fazi.

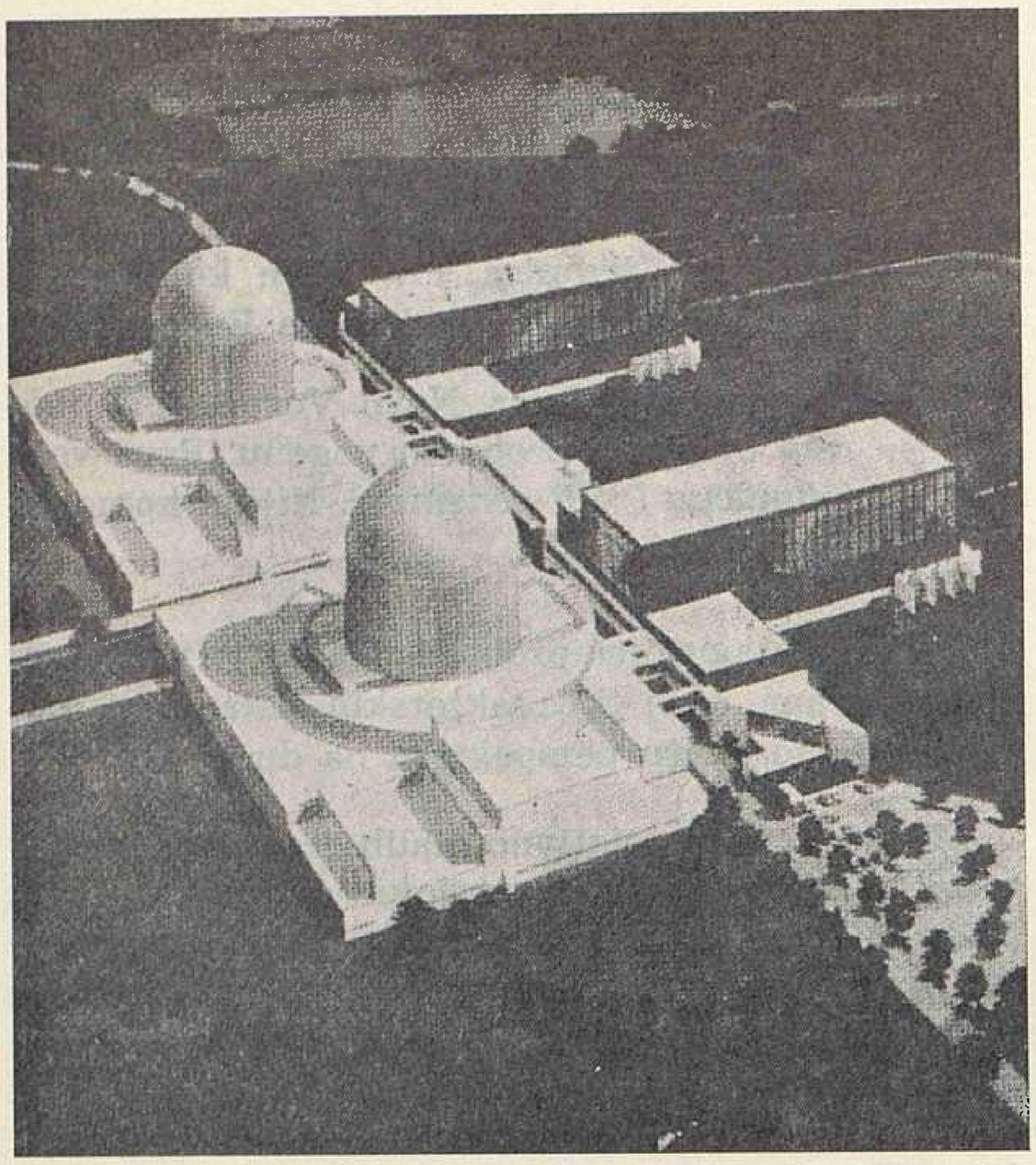
Kada ne bi postojao problem rezervi jeftinog prirodnog urana, ovaj tip reaktorskih sistema bi vjerojatno imao dobru perspektivu na duži rok.

Međutim, zbog relativno malih rezervi jeftinijeg goriva, mora se raditi na razvoju novih reaktorskih sistema. Da bi se na neki način ipak pariralo cijeni goriva, projektanti uporno traže načine da se standardiziraju pojedini sistemi i elementi elektrane,te da se na taj način poveća sigurnost, a smanje investicijski troškovi i rokovi izgradnje. Američka projektantska organizacija Stone & Webster još je 1974. godine predložila referentni projekt elektrane čiji je koncept na sl. 1. prostorni raspored postrojenja na sl. 2. i vertikalni presjek na sl. 3. Prihvaćanjem referentnih projekata državne vlasti mogu, uvjetno, unaprijed, na neki način, dopustiti gradnju pojedinih postrojenja.

Tablica 3.

GLAVNE KARAKTERISTIKE SUVREMENIH *PWR*-SISTEMA

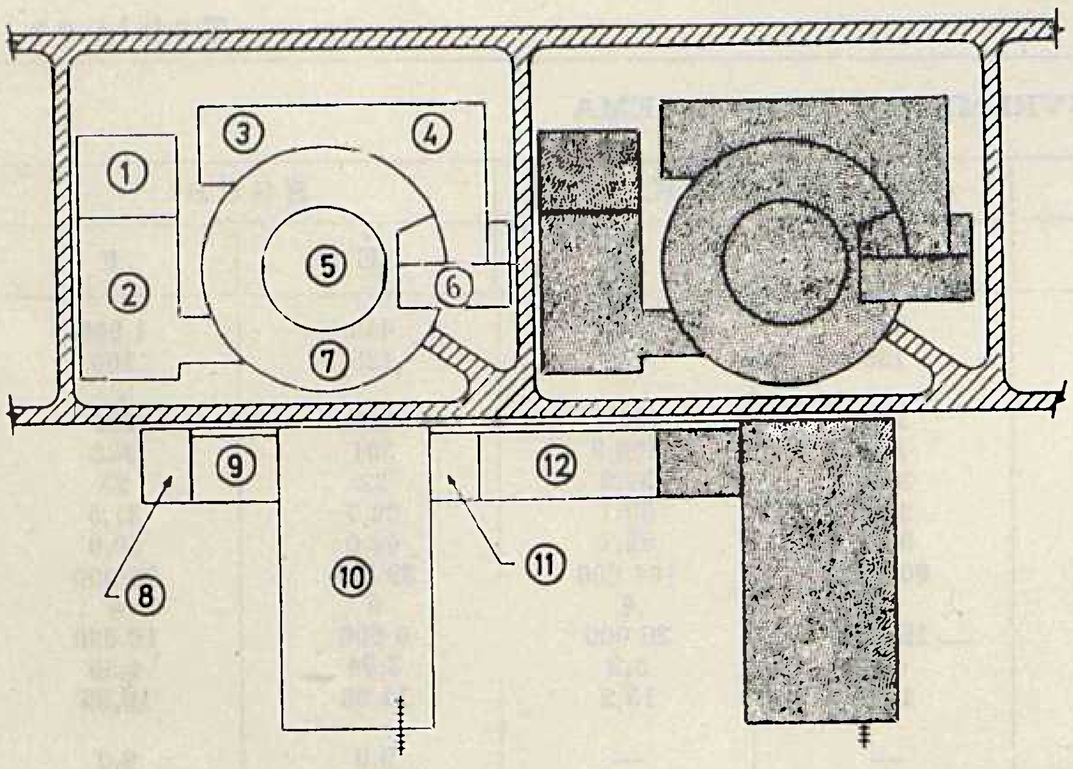
Osnovne karakteristike postrojenja	SAD		SR NJEMAČKA		SSSR	
	A	B	C	D	E	F
Bruto el. snaga, MWe	1 238	664	662	1 300	440	1 000
Tlak hladila, kp/cm²	1 57,1	157	158	158	125	160
Temp. vode, °C:						
— ulaz u reaktor	300	287,5	288	290,1	268	289
— izlaz iz reaktora	332	324,4	316	322,9	301	322
Bruto-iskorištenje, %	36	35,3	34,8	34,8	32	33
Neto-iskorištenje, %	34,7	33,4	33,2	33,1	29,7	31,5
Tlak pred turbinom, kp/cm²	73,7	61,3	50,7	52,7	44,0	60,0
Protok kroz reaktor, m³/h	99 845	46 160	60 700	104 000	39 000	76 000
Broj rashl. krugova	4	2	4	4	6	4
Kapacitet pumpe, m³/h	24 960	23 080	15 180	26 000	6 500	19 000
Promjer reaktor. posude, m	4,5	3,35	4,4	5,5	3,84	4,50
Visina reaktor. posude, m	13,1	11,46	12,5	13,2	11,80	10,85
Brzina vode, m/sek:						
— u glav. cjevovodima	—	15,7/12,4	—	—	9,6	9,3
— u ulaz. priključcima	—	15,7	—	—	9,6	9,3
— u izlaz. priključcima	—	15,7	—	—	8,0	6,3
— u aktivnoj zoni	—	5,15	—	—	3,5	5,3
Srednje topl. opter. kcal/m², k		507 510	—	—	378 000	545 000
Visina aktiv. zone, m	3,66	3,66	2,99	3,90	2,5	3,5
Ekv. promjer. ak. zone, m	3,52	2,45	3,05	3,604	2,88	3,2
Promjer šip. goriva, mm	9,6	9,5	11,00	10,75	9,1	9,1
Br. šipki u el. goriva	264	235	205	236	126	331
Br. elemenata goriva	205	121	157	193	349	151
Broj kontrol. šipki	108	37	49	61	37	105
Regulacija s borom	DA	DA	DA	DA	DA	DA
Materijal obloge goriva	Zirc. 4	Zirc. 4	Zirc. 4	Zirc. 4	Cirkonijeva legura s 1% Nb	Cirkonijeva legura, 1% Nb
Prosječno izgaranje, MWD/kg U	32,0	33,0	31,5	32,5	28,6	26—40
Sr. spec. opterećenje kW/l aktivne zone	101,6	108,7	85,6	92,3	83	111
Srednje obogaćenje goriva, % U-235	2,96	2,1—3,1	3,18	1,9—3,2	3,5	3,3—4,4



Sl. 1.

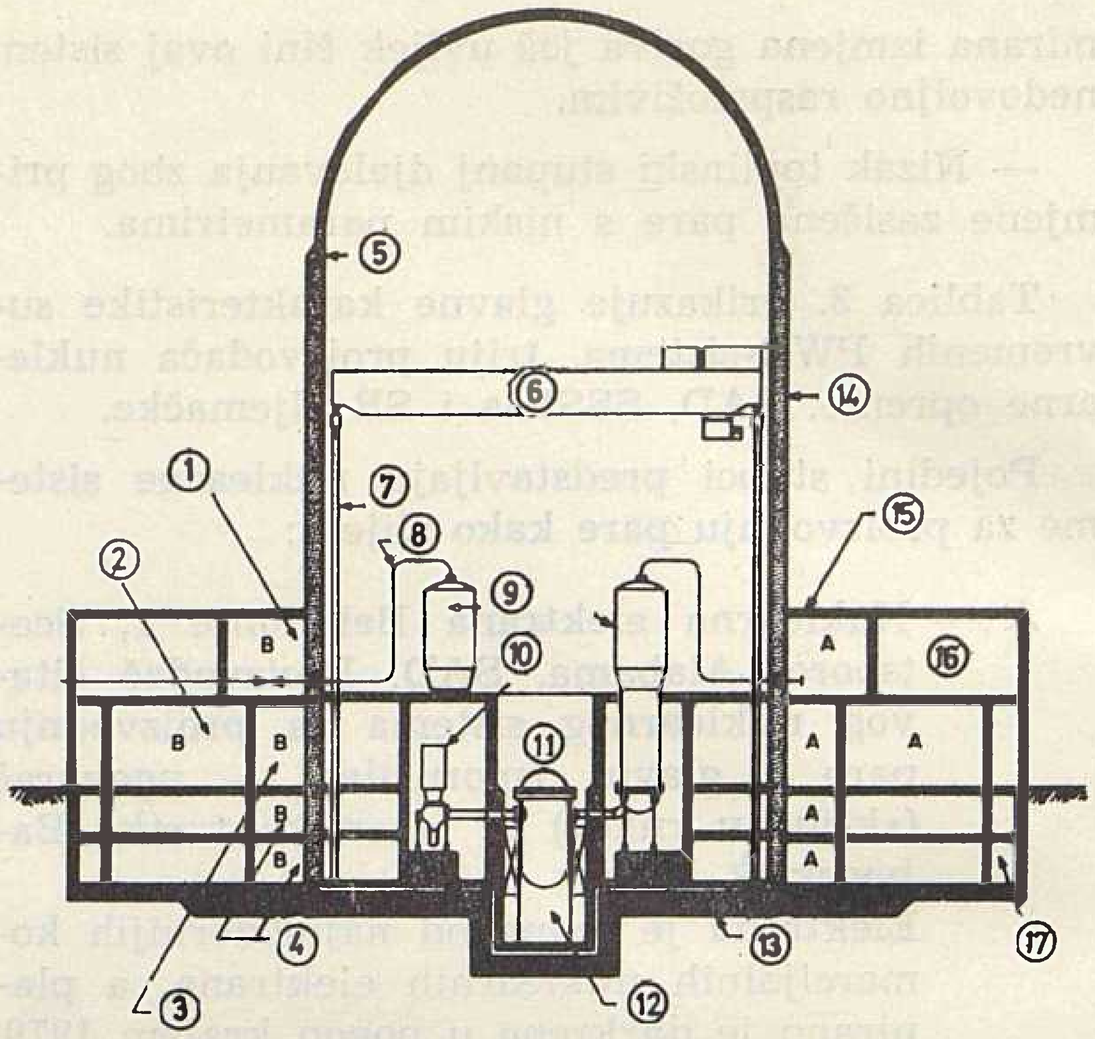
Osim toga, pogoni se mogu proširivati relativno jednostavnom prigradnjom pojedinih modula.

Slika 4. prikazuje raspored objekata, sl. 5. presjeke kroz reaktorsku zgradu njemačkih PWR-elektrana.



Sl. 2.: diesel zgrada, 2 — kontrolna zgrada, 3 — prostor spremnika, 4 — zgrada čvrstih otpadaka i dekontaminacija, 5 — kontejnment, 6 — gorivo, 7 — međuzgrada, 8 — administracija, 9 — rasklopno postrojenje, 10 — turbinska zgrada, 11 — pomoćni kotao, 12 — radionice.

Potpuno je različit koncept nuklearnog sistema za proizvodnju pare sovjetskih nuklearnih jedinica (sl. 6), gdje je za 440 MWe oko reaktora položeno 6 horizontalnih generatora pare s pripadajućim cirkulacijskim pumpama.



Sl. 3.: 1 — prostor ventila za svježu paru, 2 — sigurnosni uređaji, 3 — kablovski tunel, 4 — cjevovodni tunel, 5 — čelična obloga, 6 — polarni kran, 7 — čelični nosač krana, 8 — cjevovod svježe pare, 9 — generatori pare, 10 — pumpa reaktorskog hladila, 11 — reaktor, 12 — tunel instrumentacije u jezgri, 13 — zajednički temelj, 14 — konstrukcija kontejnmenta, 15 — međuzgrada, 16 — ventilacijska oprema, 17 — prolazi.

3.1.2. Vrelovodni reaktori (BWR).

Osim PWR-sistema, lakovodnoj vrsti pripadaju i vrelovodni reaktori, odnosno BWR sistemi. Razvoj ovih reaktora, možda s nešto manje uspjeha, prati razvoj PWR-sistema (tablica 4). Do kraja 1980. godine izgradit će se novih 39 reaktora s ukupnom snagom od 37 053 MWe. Prosječna snaga ovih reaktora u gradnji izražena u snazi generatora iznosi 950 MWe.

U razvoju ovih reaktora vodeću ulogu u Americi ima tvrtka General Electric, dok su u Evropi posebnu vrstu ovih reaktora, s unutrašnjim cirkulacijskim pumpama, razvile tvrtke ASEA (Švedska) i AEG (Njemačka). Japan također sudjeljuje u gradnji ovih sistema.

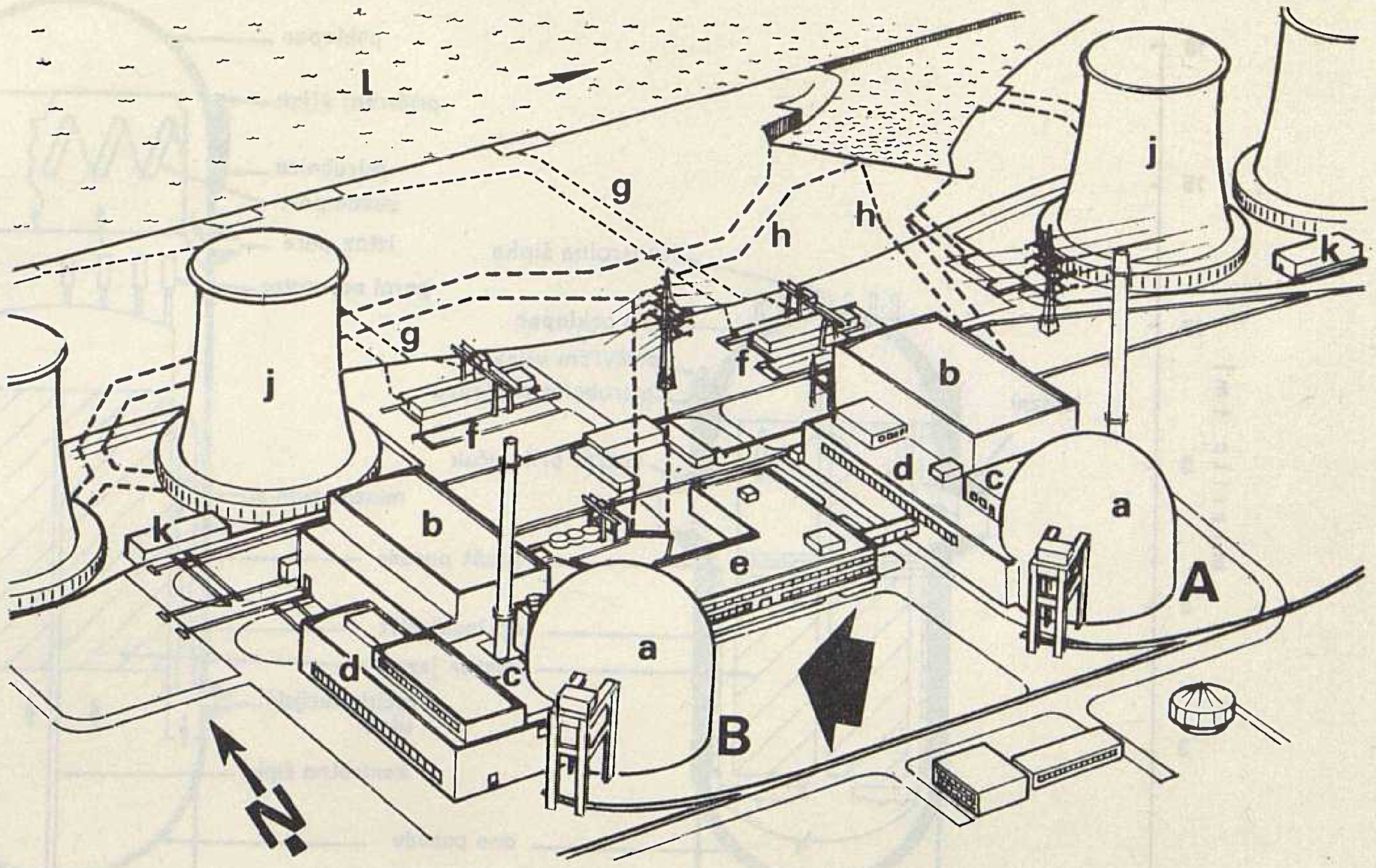
BWR sistemi su elastičniji u stupnjevanju kapaciteta jer nisu vezani na broj rashladnih krugova. Proizvođači reaktora najavljuju također standardizaciju BWR reaktorskih jedinica. Na primjer AEG predstavlja 3 standardne veličine reaktora od 700 do 1 300 MWe, pa se može smatrati da je to područje snage električnih jedinica ovih sistema koje će se nuditi tržištu u prilično standardnim oblicima i veličinama.

Ovi reaktori imaju slične karakteristike kao i PWR, ali treba upozoriti na razlike:

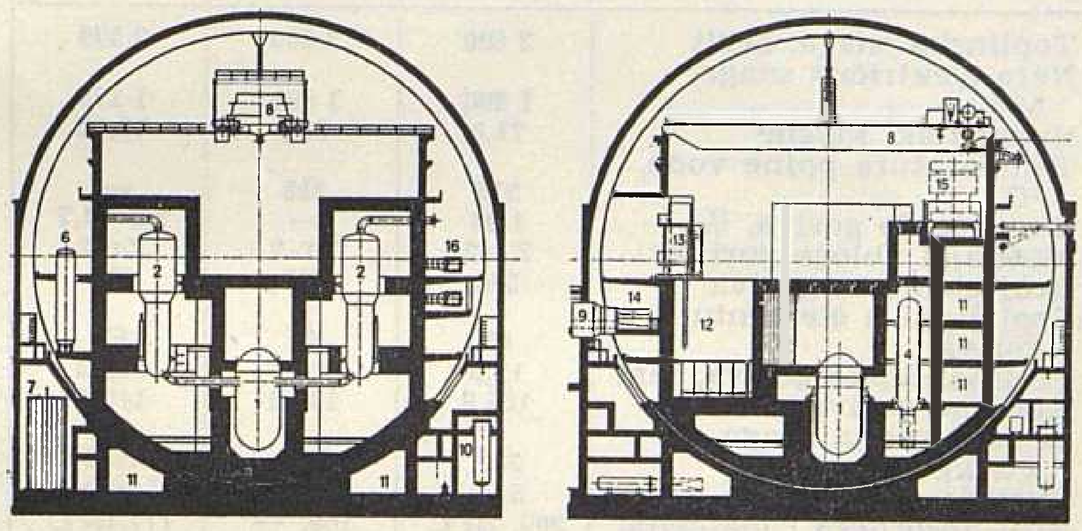
— Zbog manje gustoće snage i smještaja isparivača, odvajača vlage i sušača pare u reaktorsku posudu, ova ima veće dimenzije.

Na sl. 7 vidi se razlika dimenzija reaktorskih posuda PWR i BWR sistema.

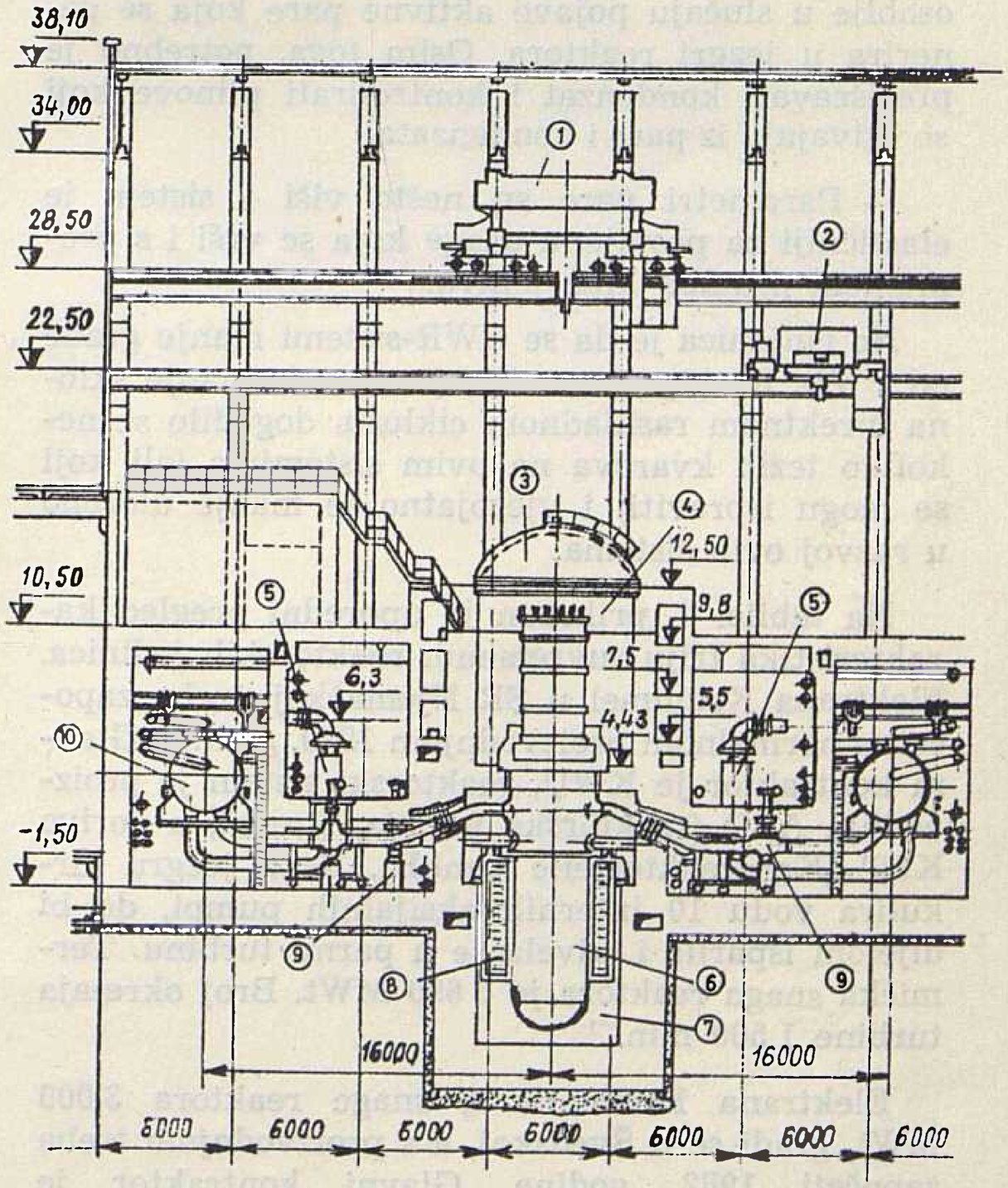
— Kod BWR ne postoje posebni generatori pare, ali turbina mora biti zaštićena da se ne ozrači



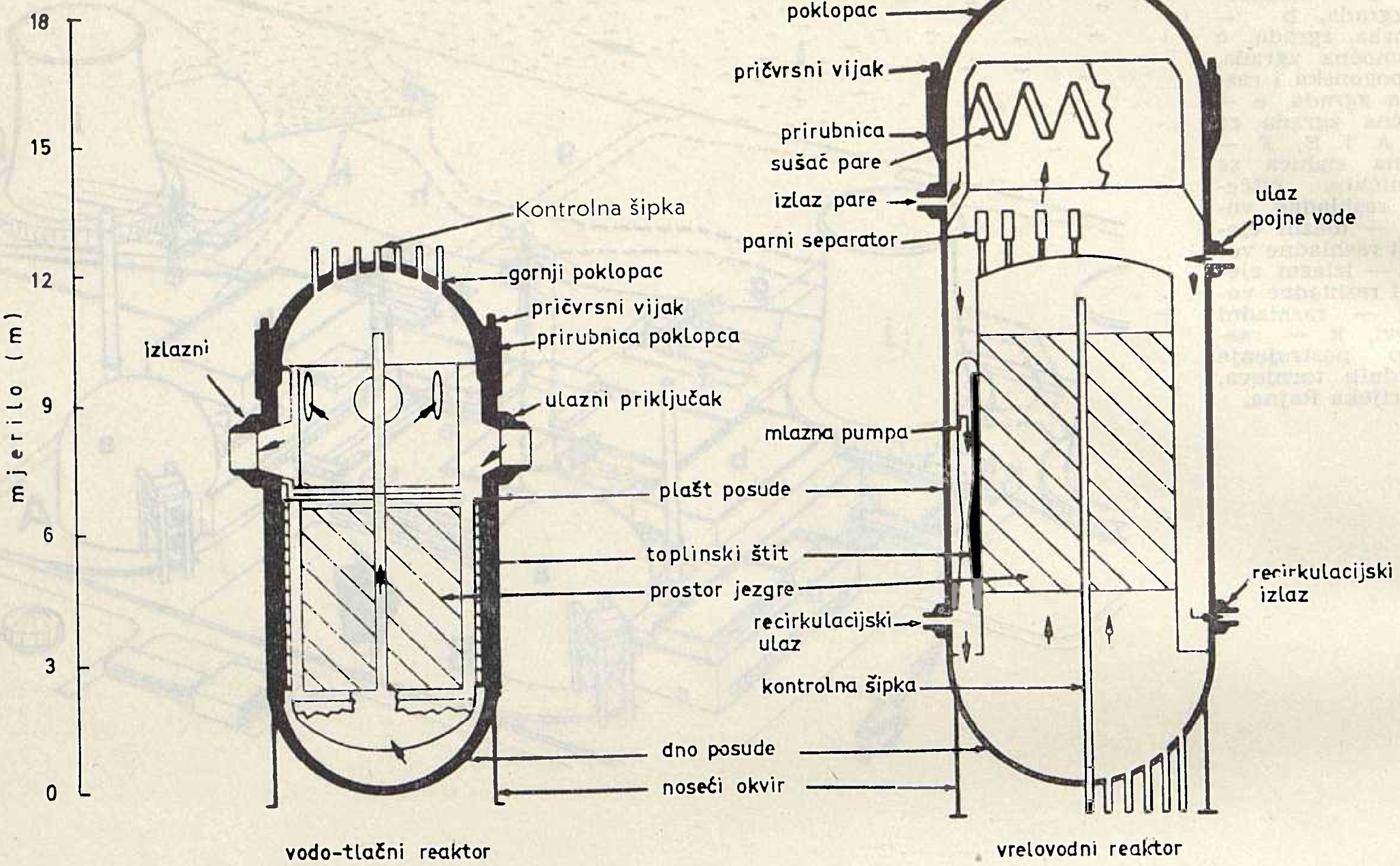
Sl. 4.: a — rekatorska zgrada, b — turbinska zgrada, c — pomoćna zgrada, d — pogonska i rasklopna zgrada, e — pomoćna zgrada za blok A i B, F — pumpna stanica sa mehaničkim čišćenjem rashladne vode, g — ulazni cjevovodi rashladne vode, h — izlazni cjevovodi rashladne vode, i — rashladni tornjevi, k — rasklopno postrojenje rashladnih tornjeva, l — rijeka Rajna.



Sl. 5.: 1 — reaktor, 2 — generatori pare, 3 — optočne pumpe, 4 tlačnik, 5 — ispušna posuda tlačnika, 6 — tlačni akumulatori, 7 — spremnik borirane vode, 8 — polarni kran, 9 — vrata za osoblje, 10 — izmjenjivač ostatne topline, 11 — prostor za ventile, 12 — bazen za ozračeno gorivo, 13 — stroj za izmjenu goriva, 14 — prostor za gorivo, 15 — prostor za odlaganje poklopca reaktora, 16 — ventilacijski kanali.



Sl. 6.: 1 — mostni kran sa zaštitnim cilindrom, 2 — mostni kran za pomoćne operacije, 3 — zaštitni poklopac, 4 — vodeni prostor za izmjenu goriva, 5 — glavne cirkulacijske pumpe, 6 — reaktor, 7 — reaktorski prostor, 8 — cilindrični vodeni omotač, 9 — glavni zasun, 10 — generator pare.



Sl. 7.

osoblje u slučaju pojave aktivne pare koja se generira u jezgri reaktora. Osim toga, potrebno je prečišćavati kondenzat i kontrolirati plinove koji se izdvajaju iz pare i kondenzata.

— Parametri pare su nešto viši i sistem je elastičniji za promjenu snage koja se vrši i s promjenom protoka kroz jezgru.

No činjenica je da se BWR-sistemi manje grade od PWR. Razloga ima više: javnost je manje sklona direktnom rashladnom ciklusu, dogodilo se nekoliko težih kvarova na ovim sistemima (ali koji se mogu ispraviti) i vjerojatno je manje uloženo u razvoj ovih sistema.

Na tablici 4. prikazan je uporedni pregled karakteristika triju suvremenih reaktorskih jedinica. Elektrana Krümmel u SR Njemačkoj, treba započeti s normalnom proizvodnjom 1979. godine. Glavni kontraktor je KWU, reaktorski sistem je proizvodnja AEG (reaktorska posuda, Breda), a gorivo KRT (Kernreaktorteile GmbH). Kroz jezgru cirkulira vodu 10 internih aksijalnih pumpi, da bi dijelom isparila i odvela se u parnu turbinu. Termička snaga reaktora je 3 690 MWt. Broj okretaja turbine 1 500 $min.^{-1}$

Elektrana Forsmark 3, snage reaktora 3 000 MWt, gradi se u Švedskoj, a s proizvodnjom treba započeti 1982. godine. Glavni kontraktor je ESEA/Atom.

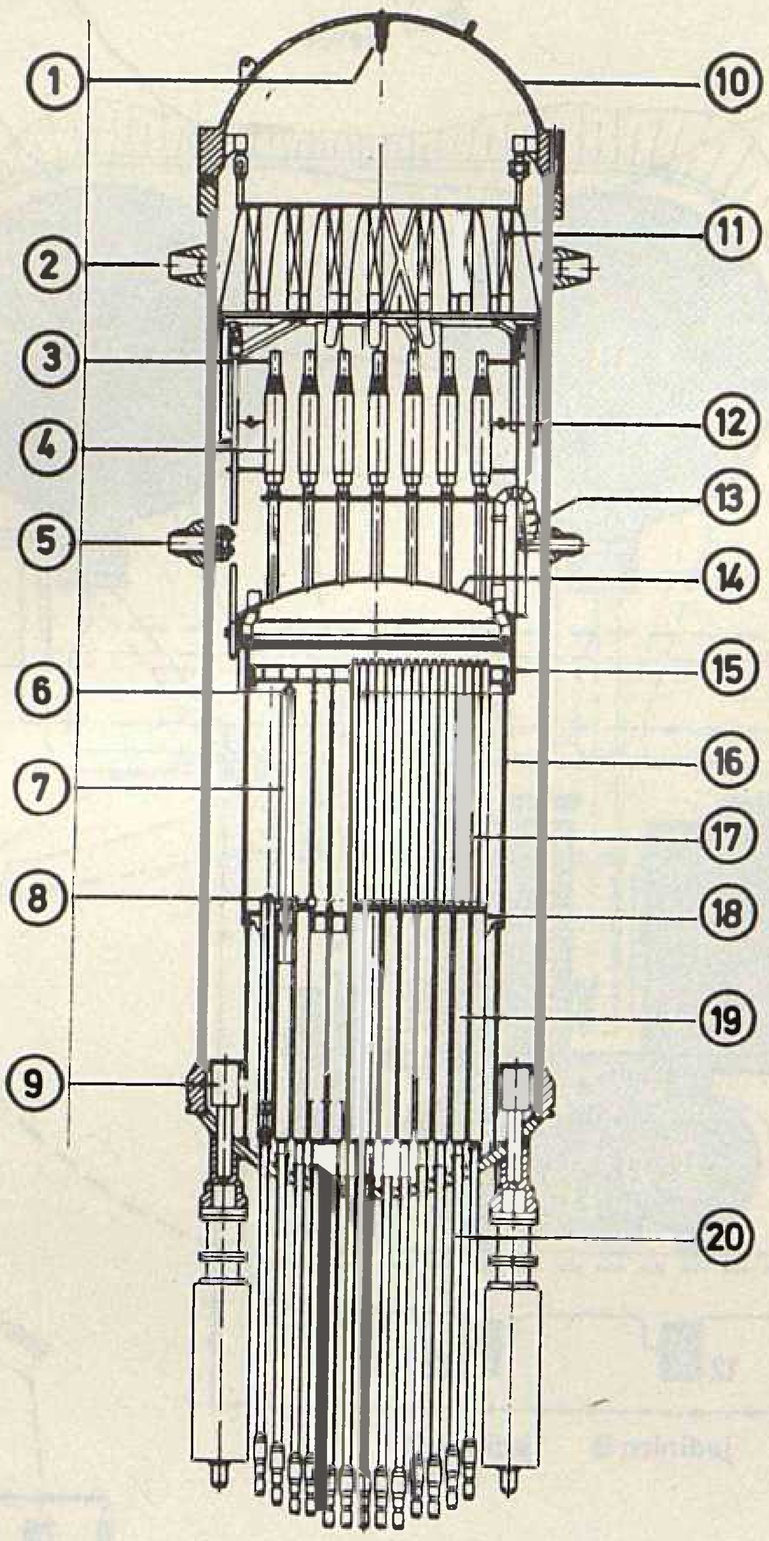
I ovaj reaktor je opremljen s 8 internih aksijalnih pumpi. Broj okretaja turbine će biti 1 500 $min.^{-1}$

Tablica 4.

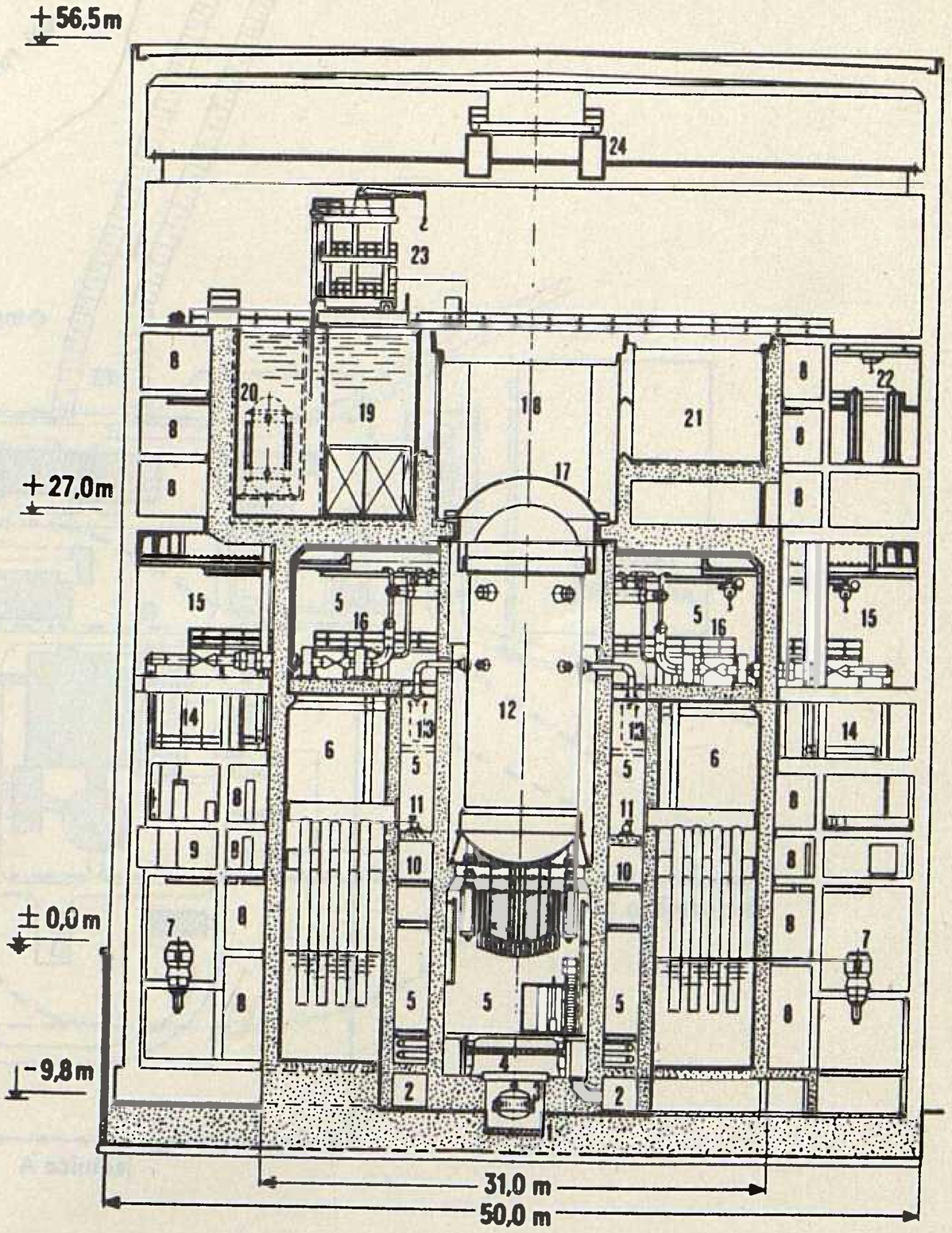
Glavne karakteristike	Reaktorsko postrojenje		
	Krümmel	Forsmark 3	Douglas Point 2
Toplinska snaga, MWt	3 690	3 000	3 579
Neto električna snaga, MWe	1 260	1 060	1 178
Radni tlak, kp/cm^2	71,0	71,4	73,12
Temperatura pojne vode, °C	215	215	—
Obogaćenje goriva, %	1,94	—	2,1—2,7
Materijal obloge goriva	Zr-2	Zr-2	Zr-2
Broj elemeata goriva	840	700	732
Broj šipki u elementu goriva	63	64	63
Promjer šipke goriva, mm	12,5	12,25	12,52
Količina goriva, t U	155,8	126,3	140,0
Koncentracija snage kW/kg U	23,7	23,8	25,6
Gustoća snage, kW/l	51,6	48,6	56,0
Broj apsorbera i materijal	205, B_4C	169, —	177, B_4C
Promj. reaktor. posude m	6,7	6,4	6,05
Visina reaktor. posude, m	21,85	20,8	21,59
Broj recirkulac. pumpi	10	8	2
Tip recirkulac. pumpi	Interna	Interna	Eksterna
Ukupni protok hladila, t/h	55.600	91 200	47 630
Stupanj djelovanja, %	34,2	35,3	32,9

Jedinica Douglas Point 2 gradi se u SAD. Ima 3 579 MWt. Reaktorski sistem je General Elektric, a turbina Weistinghouse. Cirkulacijske pumpe su samo 2 eksterne, ali su unutar posude ugrađene (po periferiji jezgre) mlazne pumpe (L 5). Turbina ima 1 800 $min.^{-1}$

Na slici 8. prikazan je uzdušni presjek AEG reaktora snage 3 840 MWt (1 300 MWe.) Na sl. 9. je uzdužni presjek standardne reaktorske zgrade, dok sl. 10. prikazuje tlocrt elektrane Gundremingen na Dunavu (SR Njemačka), gdje se predviđa gradnja dviju standardnih reaktorskih jedinica od po 1 300 MWe.



Sl. 8: 1 — sistem za polijevanje na vrhu posude, 2 — priključak za izlaz pare s ograničivačem protoka, 3 — reaktorska posuda, 4 parni separatori, 5 — ulazni priključak pojne vode, 6 — gornji kraj aktivne zone, 7 — kontrolne šipke, 8 — donji kraj aktivne zone, 9 — interne recirkulacijske pumpe s aksijalnim tokom hladila, 10 — poklopac reaktorske posude, 11 — sušač pare, 12 — normalni nivo vode, 13 — sistem za potapanje jezgre, 14 — gornji dio omotača jezgre, 15 — gornja rešetkasta ploča jezgre, 16 — omotač jezgre, 17 — element goriva, 18 — donja rešetkasta ploča jezgre, 19 — cijevne vodilice kontrolnih šipki, 20 — pokretači kontrolnih šipki.



Sl. 9.: 1 — glavni slivnik kontejnmenta, 2 — kanal za cjevovode i kablove, 3 — spremnik za prikupljanje i hlađenje kontejnmentskih aktivnih izljeva, 4 — montaža platforma u prostoru pogona kontrolnih šipki, 5 — suhi zdenac, 6 — dekompresijski bazen, 7 — RHR pumpe, 8 — prostor za posluživanje, 9 — kablovski prostor, 10 — transmiterski prostor, 11 — pumpe sistema za čišćenje reaktorske vode, 12 — reaktorska posuda, 13 — filter sistema za čišćenje reaktorske vode, 14 — donja platforma za cjevovode na koti + 12,5 m, 15 — gornja platforma za cjevovode na koti + 17,0 m, 16 — platforma cjevovoda suhog zdenca, 17 — poklopac suhog zdenca, 18 — reaktorski zdenac, 19 — bazen za odlaganje goriva, 20 — kontejneri za transport goriva, 21 — bazen za separaciju goriva i cijeđenje, 22 — prostor za svježe gorivo, 23 — stroj za izmjenu goriva, 24 — kran reaktorske zgrade.

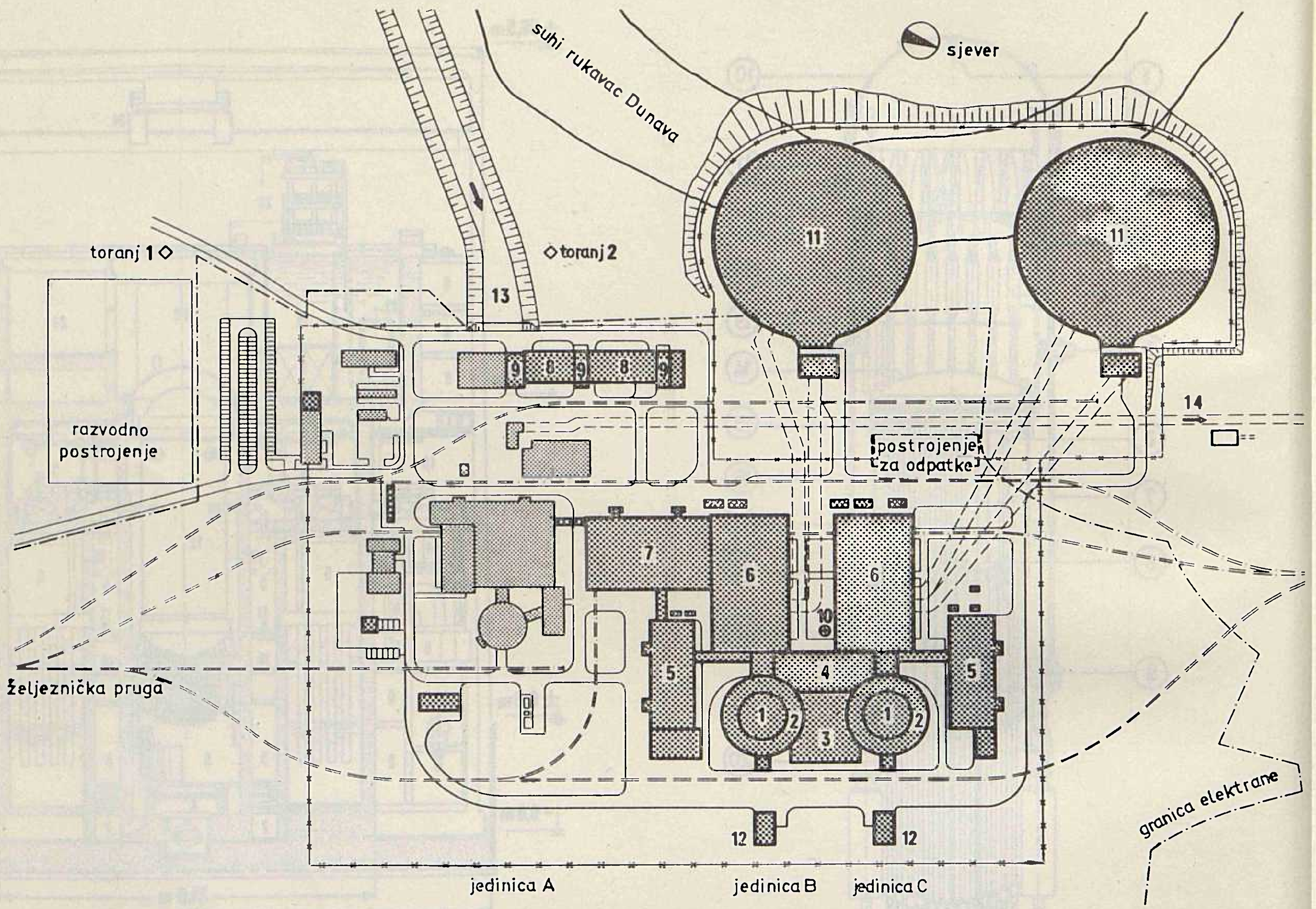
3.1.3. PHW CANDU teškovodni sistem

Ovaj tip reaktora je razvijen u Kanadi, gdje se uglavnom i gradi (tablica 1). Do 1980. godine u pogonu će biti 20 reaktora s ukupno 10 238 MWe, odnosno prosječne snage po jedinici od 512 MWe (tablica 2).

Ovaj reaktorski sistem je specifičnost Kanade i nije razvijen na internacionalnoj bazi. Zato su i sredstva za razvoj bila ograničena. Usmjerenje na ovaj tip reaktora udovoljava želji za nezavisnošću od monopola proizvođača obogaćenog goriva, koji su uglavnom držale SAD i SSSR. Gradnja ovih sistema se vjerojatno uklapa u vlastitu ekonomiju Kanade, no prodor na svjetsko tržište do sada nije ostvaren. U vrijeme raspisa natječaja za postrojenje Krško Kanada se nije pojavila, iako se »Atomic Energy of Canada Limited« prije toga interesirala za njegove uvjete.

Niža cijena goriva s prirodnim uranom jednim dijelom gubi na značaju zbog visoke cijene teške vode koja je potrebna za moderaciju i hlađenje.

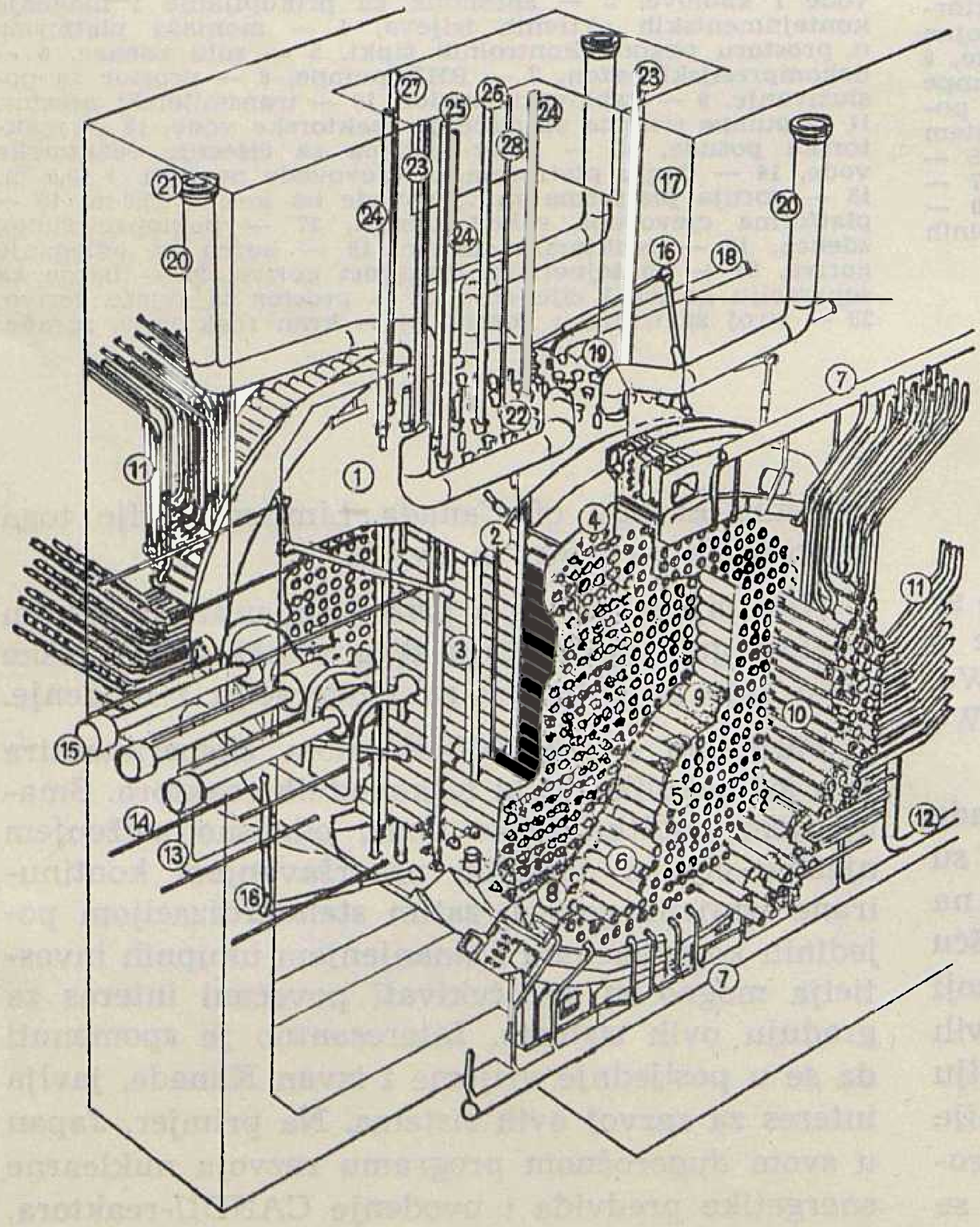
Paralelno s CANDU-sistemom eksperimentira se s još nekoliko vrsta teškovodnih reaktora. Smanjenjem gubitka teške vode, odnosno sniženjem njezine cijene, daljnjim usavršavanjem kontinuirane izmjene goriva, zatim standardizacijom pojedinih komponenata i smanjenjem ukupnih investicija mogao bi se očekivati povećani interes za gradnju ovih sistema. Interesantno je spomenuti da se u posljednje vrijeme i izvan Kanade, javlja interes za razvoj ovih sistema. Na primjer, Japan u svom dugoročnom programu razvoja nuklearne energetike predviđa i uvođenje CANDU-reaktora,



Postojeća jedinica A

Jedinica B/C u gradnji

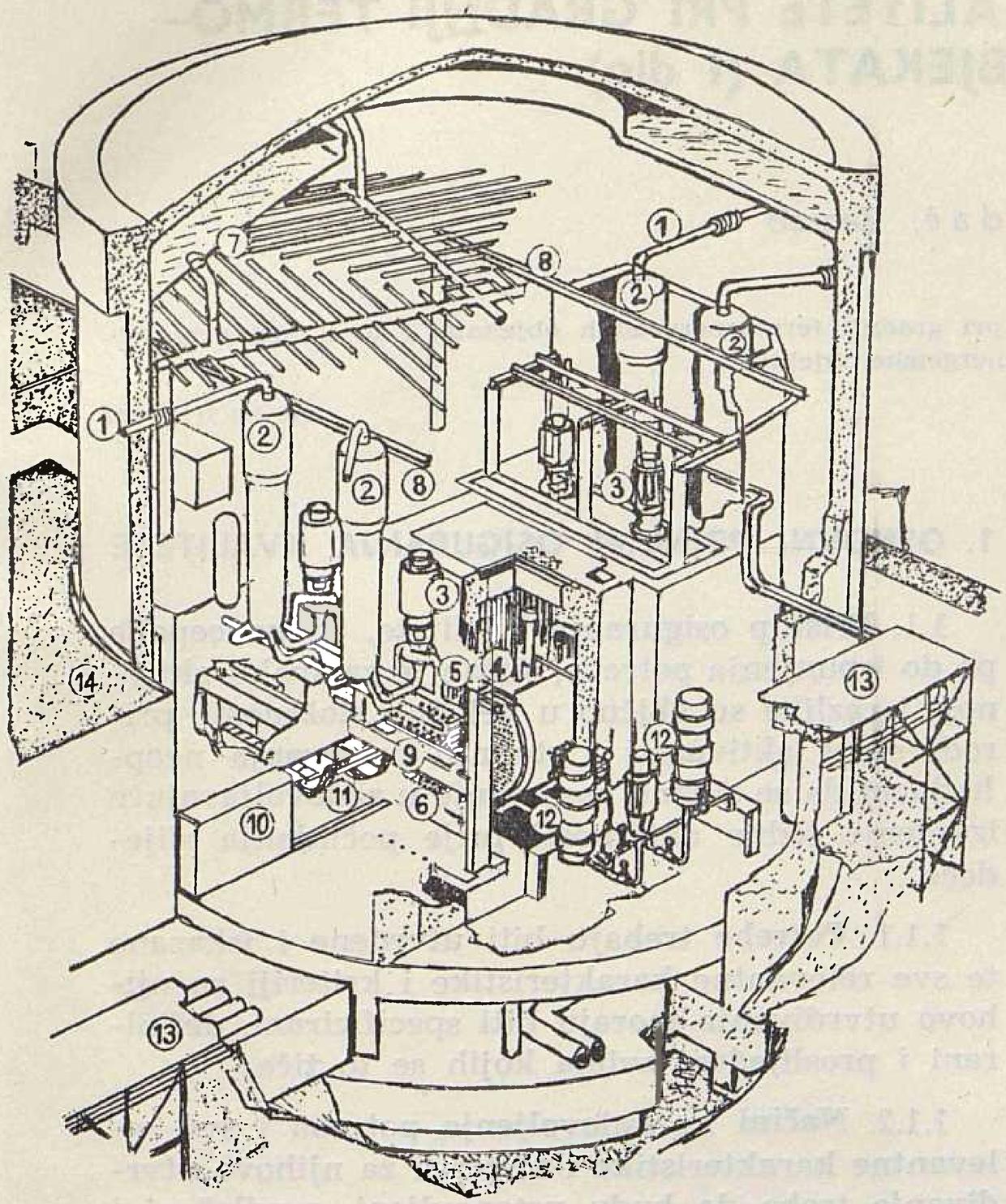
Sl. 10.: 1 — reaktorska zgrada (kontejnment), 2 — reaktorska zgrada (međuprostor), 3 — reaktorska pomoćna zgrada, 4 — reaktorska opzlužna zgrada, 5 — zgrada rasklopnog postrojenja, 6 — turbinska zgrada, 7 — pomoćno postrojenje, 8 — zgrada demineralizacije, 9 — pumpna stanica, 10 — ventilacijski toranj, 11 — rashladni toranj, 12 — zgrade dizel generatora, 13 — ulazni kanal, 14 — izljevni kanal.



Sl. 11.: 1 — kalandrija, 2 — plašt kalandrije, 3 — cijevi kalandrije, 4 — pregradna ploča, 5 — bočna cijevna stijena, 6 — vanjski omotač snopova cijevi, 7 — kolektor cijevi za hladilo, 8 — ulazno i izlazno sito, 9 — kuglasta čelična zaštita, 10 — cijevni završeci, 11 — dovodne cijevi, 12 — izlaz moderatora, 13 — ulaz moderatora, 14 — monitor fluksa i injektiranje otrova, 15 — ionizacijska komora, 16 — kompenzacija potresa, 17 — pokrovni zid, 18 — gornje cijevi za hlađenje, 19 — preljev moderatora, 20 — tlačne rasteretne cijevi, 21 — tlačni rasteretni disk, 22 — priključci šipki za kontrolu reaktivnosti, 23 — otvor za gledanje, 24 — šipka za obustavu, 25 — šipka za podešavanje, 26 — kontrolna absorpcijska šipka, 27 — zona kontrolnih šipki, 28 — monitor vertikalnog fluksa.

jer očekuje da će mu Kanada osigurati isporuku urana.

Na sl. 11 prikazan je reaktor, a na sl. 12. razmještaj komponenata nuklearnog sistema za proizvodnju pare elektrane Gentilly 2 u Quebecu. Ova je jedinica u gradnji, a predviđa se ulaz u normalnu proizvodnju početkom 1979. godine. Termička snaga reaktora je 2 131 MWt. Kako je snaga generatora po prilici jednaka onoga u Krškom, na tablici 4. dan je uporedni pregled karakterističnih veličina PHW CANDU Gentilly 2 i PWR Krško.



Sl. 12.: 1 — cjevovod svježe pare, 2 — generatori pare, 3 — glavne pumpe za cirkulaciju hladila, 4 — sklop kalandrije, 5 — dovodne cijevi, 6 — sklopovi kanala goriva, 7 — dovod vode za polijevanje, 8 — kranska staza, 9 — stroj za izmjenu goriva, 10 — vrata stroja za izmjenu goriva, 11 — kablovi, 12 — pumpe za cirkulaciju moderatora, 13 — cijevni most, 14 — pomoćna zgrada.

Najveća jedinica u gradnji (PHW-CANDU) je snage 814 MWe s četiri rashladna kruga.

3.1.4. Gas-Graphit i Magnox-reaktori

Klasični reaktori ove vrste više se ne grade, pa se na ovome mjestu neće razmatrati. Na tablici 1. i 2. vidi se broj i lokacija ovih reaktora u pogonu.

3.1.5. Usavršeni plinom hlađeni reaktori — AGR

Osim postojećih pet reaktora, s ukupnom električnom snagom od 2 700 MWe, do kraja 1980. godine izgradit će se 6 novih reaktora s ukupno 3 944 MWe. Velika Britanija će tada eksploatirati

Tablica 5.

Glavne karakteristike	Reaktorsko postrojenje	
	Gentilly 2	NE Krško
Fisijska snaga, MWt	2 180	1 876
Neto-elektr. snaga, MWe	640	632
Toplinsko iskorištenje, %	29,4	33,4
Hladilo	D_2O	H_2O
Tlak hladila, kp/cm²	97,02	157
Moderator	D_2O	H_2O
Tlak moderatora, kp/cm²	4,5—11,9	157
Količina moderatora, t	264	—
Protok moderatora, t/h	3 726	32 280
Količina hladila, t	179	120
Protok hladila, t/h	28 000	32 280
Temperatura hladila, °C:		
— prije reaktora	266,4	287,5
— poslije reaktora	312,0	324,4
Promjer jezgre reaktora, m	6,286	2,45
Dužina jezgre reaktora, m	5,944	3,66
Količina urana, t	85,8	49,73
Vrsta goriva	Prirodni U	2.1—3,1% U-235
Promjer šipke goriva, mm	13,08	9,5
Toplinski fluks, kW/m²	1 288,5	590,1
Broj generatora pare	4	2
Ukupna količina pare, t/h	3 430	3 710
Temp. pojne vode, °C	187	221,1
Temp. pare, °C	260	279
Tlak p. ispred turbine, kp/cm²	46,2	61,3

11 plinom usavršenih hlađenih reaktora s prosječnom jediničnom električnom snagom od 640 MWe. Ti su reaktori prijelazna faza u razvoju plinom hlađenih reaktora. Prednosti su im:

— viši toplinski stupanj djelovanja postrojenja zbog visokih parametara pare;

— primjena suvremenih parnih turbina;

— reaktorska je posuda od prednapregnutog betona i

— posjeduju veću sigurnost u eksploataciji.

Unatoč svemu, ovi se reaktori nisu probili izvan Velike Britanije. Na tablici 6. dane su osnovne karakteristike postrojenja za proizvodnju pare nuklearne elektrane Hinkley Point B s 2 reaktora ukupne snage od 2 988 MWt i dvije turbine od po 660 MWe (2 × 660).

Tablica 6.

Hlađenje ugljičnim dioksidom		Proizvedena para	
Ulazna temperatura, °C	634	Temperature svježe pare, °C	541
Izlazna temperatura, °C	288	Pritisak svježe pare kg/cm²	170
Ulazni pritisak, kg/cm²	40,1	Količina svježe pare, kg/sek	470
Protok, kg/sek	3790	Temperatura pojne vode, °C	156

Ova se elektrana počela graditi 1967. godine, a još se ne nalazi u komercijalnoj eksploataciji. To je uzrok što ovi reaktori nisu naišli na širu primjenu.

(Završetak u idućem broju)

Naslov pisca:
Vladimir Vuković, dipl. ing,
NE Krško

SMJERNICE ZA OSIGURANJE KVALITETE PRI GRADNJI TERMO-ENERGETSKIH OBJEKATA (I dio)

Vladimir Bradač, Zagreb

U članku se daju osnovne smjernice za osiguranje kvalitete pri gradnji termoenergetskih objekata, i to u fazi projektiranja, dobave i proizvodnje te ugradnje opreme za termoenergetske objekte.

DK 621.311.22.004

UVOD

Mnogi proizvođači ili isporučioci opreme tvrde da su postigli kvalitetu ili »sveukupnost karakteristika proizvoda koje mu omogućavaju da zadovolji danim zahtjevima«. I zaista, mnogi od njih ulažu značajne napore za postizanje tog cilja. Često, međutim, velik dio tih napora postaje neuspješan zbog popravljanja grešaka uočenih u toku upotrebe proizvoda. Povezano s time, kompleksnost, troškovi razvoja, proizvodnje i održavanja moderne opreme naglašavaju potrebu za ujedinjenjem zahtjeva na projektiranje, proizvodnju, dobavu i ugradnju te opreme kako bi se osigurala željena kvaliteta u toku upotrebe.

Općenito, kvaliteta se može definirati kao usklađenost s određeiim standardima dobrote, obostrano prihvatljivim kupcu i prodavaču. Kupac ne bi trebao očekivati da će dobiti više od onoga što je voljan platiti, a prodavač ne bi smio isporučiti manje od onoga za što mu je plaćeno. I kupac i prodavač, dakle, barataju obostrano prihvatljivim i dogovorenim uzancama vezanim za kupčeva očekivanja i prodavačevu reputaciju da ih ispuni.

Kupac redovno zna što želi s obzirom na tehničke karakteristike proizvoda. Međutim, on očekuje još nešto: siguran i pouzdan rad kuplienog proizvoda. Interes prodavača (proizvođača) ne bi trebalo biti samo ispunjavanje tehničkih zahtjeva kupca, već, radi održavanja reputacije, i zadovoljstvo kupca u toku upotrebe proizvoda.

Organizirani pristup definiranju onoga što se želi, prvenstveno što želi kupac, u toku svih faza izgradnje termoenergetskih objekata (projektiranje, dobava, proizvodnja, ugradnja i pogon), kao i mjere da se ustanovi da li su te želje ispunjene možemo nazvati »osiguranjem kvalitete«.

Dakle, »kvaliteta« predstavlja usklađenost s obostrano dogovorenim standardima, a »osiguranje kvalitete« predstavlja skup akcija neophodnih da se stekne određena pouzdanost da su ti standardi ispunjeni, te na taj način osigura (mjereno u terminima vjerojatnosti) sigurnost i raspoloživost opreme u pogonu.

U prvom dijelu ovog rada prikazat će se osnovne mjere koje moraju biti poduzete prilikom projektiranja opreme za termoenergetske objekte da bi se postigla željena razina kvalitete.

1. OSNOVNI PRINCIPI OSIGURANJA KVALITETE

1.1. Pristup osiguranju kvalitete, od koncepcije pa do ispunjenja potrebe, sličan je za svaku aktivnost i razlike su obično u veličini, složenosti, prirodi same aktivnosti i stupnju osiguranja neophodnom da se stekne povjerenje u zadovoljavajuće izvršenje jedne aktivnosti prije počinjanja slijedeće.

1.1.1. **Potrebe** trebaju biti utvrđene i iskazane te sve relevantne karakteristike i kriteriji za njihovo utvrđivanje moraju biti specificirani, definirani i proslijeđeni svima kojih se to tiče.

1.1.2. **Načini** za zadovoljenje potreba i sve relevantne karakteristike i kriteriji za njihovo utvrđivanje treba da budu ustanovljeni, predloženi i njihova pogodnost demnostrirana svima kojih se to tiče.

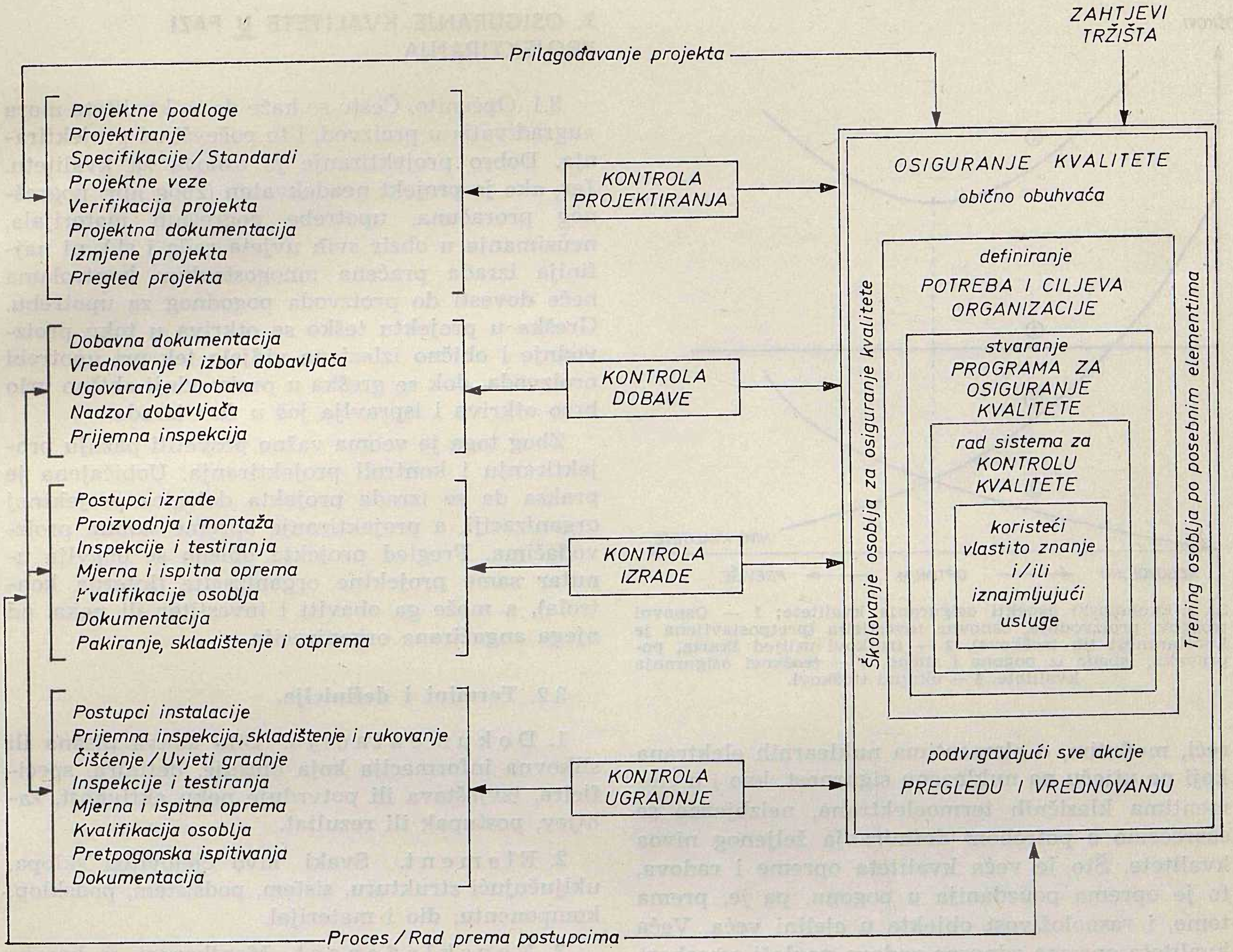
1.1.3. **Aranžmani** ili ugovori za isporuku usluga ili proizvoda i svi dodatni zahtjevi treba da budu ustanovljeni i proslijeđeni svima kojih se to tiče.

1.1.4. **Putovi i načini** na koje će se isporučiti usluga ili proizvesti i isporučiti proizvod i na koje će se kvaliteta osigurati i potvrditi treba da budu ustanovljeni, proslijeđeni i primjenjivani.

1.1.5. **Upute** prema kojima će se davati usluga ili upotrebljavati i održavati proizvod u svrhu trajne potvrde kvalitete treba da budu ustanovljene i proslijeđene svima kojih se to tiče.

1.2. Uspješnost bilo koje aktivnosti ovisi o tome da li se imaju ispravni ciljevi ili potrebe, da li se imaju, u pravo vrijeme i na pravom mjestu, odgovarajući izvori (npr.: informacije, metode materijali, osoblje, alati, mjerna oprema itd.) koji omogućavaju provedbu aktivnosti i potvrdu njezine uspješnosti, da li se imaju odgovarajuće institucije (npr.: organizacija, autoritet, komunikacija, koordinacija planiranje, programiranje, analiza itd.) koje omogućavaju provedbu aktivnosti bez zastoja i uspješno i o ispravnoj upotrebi svih tih izvora i institucija.

1.3. Uspjeh bilo kojeg pothvata, procesa, projekta ili posla, usmjerenog na ispunjenje potrebe, ovisi o zajedničkom i pojedinačnom uspjehu njegovih pojedinih aktivnosti, od kojih neke utječu na kvalitetu usluge ili proizvoda, pa prema tome di-



Sl. 1. Osnovni elementi osiguranja kvalitete (shema je dana samo, kao primjer vjerojatnih veza unutar jedne organizacije. Ne treba je shvatiti u smislu davanja bilo kakvih prednosti bilo horizontalnom bilo vertikalnom rasporedu a niti kao potrebu da se određena organizacija baš tako organizira)

rektno utječu i na uspjeh, dok ostale omogućavaju i osiguravaju da direktne aktivnosti budu uspješne, pa prema tome imaju indirektan utjecaj na uspjeh.

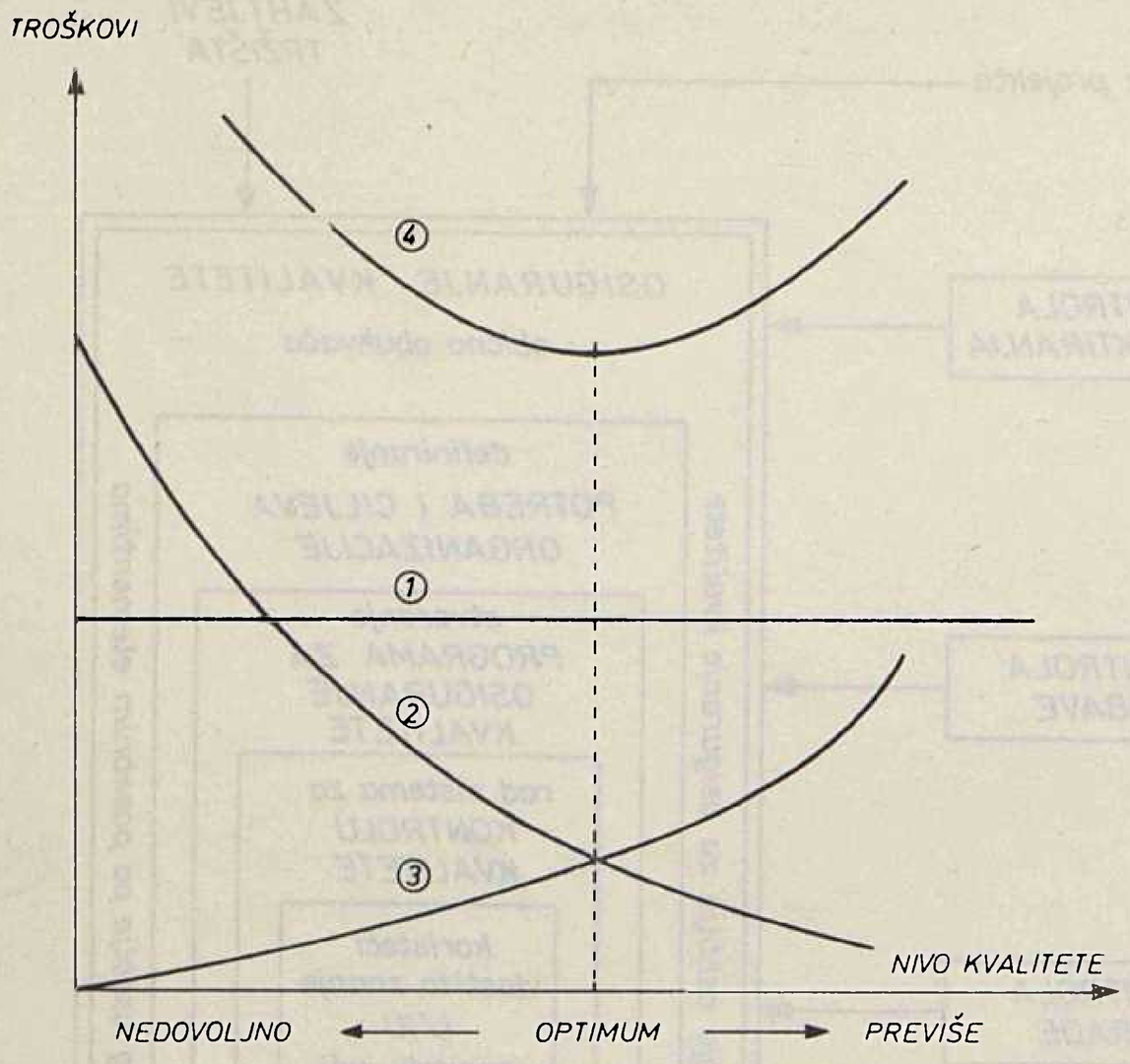
Dakle, s v e a k t i v n o s t i u bilo kojem poslu i s v e o s o b e koje ih provode pridonose postizanju kvalitete, pa se stoga na njih mogu primjenjivati principi osiguranja kvalitete. Tipične aktivnosti koje utječu na postizavanje kvalitete jesu planiranje, dobava, kupnja, prodaja, ugovaranje, istraživanje, projektiranje, razvoj, proizvodnja, inspekcije, testiranja, kalibracija, isporuka, montaža, pogon, održavanje, servisiranje, studije raspoloživosti itd. Osobe koje provode navedene aktivnosti jesu, u užem i širem smislu značenja te riječi: korisnici, kupci, prodavači, inženjeri, tehničari, programeri, montažeri, inspektori, ispitivači, konzultanti, pogonsko osoblje, proizvođači, potrošači itd.

Na slici 1. prikazani su osnovni elementi programa za osiguranje kvalitete. Shema je dana samo kao primjer vjerojatnih veza i odnosa u jednoj organizaciji.

2. EKONOMSKI ASPEKTI OSIGURANJA KVALITETE

Američki model osiguranja kvalitete*, što ga je propisala američka vladina agencija NRC (Nuclear Regulatory Commission) s obaveznom primjenom na elemente što utječu na sigurnost kod nuklearnih elektrana, pretpostavlja kvalitetu komponenata troškovima. Takav pristup je opravdan kada se radi o elementima neophodnim za sigurno funkcioniranje nuklearne elektrane odnosno elementima za sprečavanje nepovoljnih utjecaja radioaktivnog zračenja na ljude i okolinu. Govo-

* Američka vladina agencija NRC, koja između ostalog izdaje odobrenja i ovlaštenja za izgradnju i korištenje nuklearnih elektrana, uvjetuje primjenu pisanog programa za osiguranje kvaliteta u fazama projektiranja, izgradnje i pogona nuklearnih elektrana. Program mora biti usklađen s Dodatkom B američkog federalnog propisa 10 CFR 50 (Appendix B: »Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants«; title 10: »Atomic Energy«, Chapter I — USAEC; part 50: »Licensing of Production and Ulitization Facilities«; Code of Federal Regulations) koji sadrži kriterije za osiguranje kvalitete za nuklearne elektrane i mora se, kao najmanje, primijetiti na elemente koji utječu na sigurnost.



Sl. 2. Ekonomski aspekti osiguranja kvalitete: 1 — Osnovni troškovi proizvodnje, osnovna investicija (pretpostavljena je konstantnost tih troškova), 2 — troškovi uslijed škarta, popravaka, ispada iz pogona i slično, 3 — troškovi osiguranja kvalitete, 4 — ukupni troškovi.

reći, međutim, o elementima nuklearnih elektrana koji ne utječu na nuklearnu sigurnost, kao i o elementima klasičnih termoelektrana, neizbježno se susrećemo s potrebom definiranja željenog nivoa kvalitete. Što je veća kvaliteta opreme i radova, to je oprema pouzdanija u pogonu, pa je, prema tome, i raspoloživost objekta u cjelini veća. Veća kvaliteta opreme odnosno radova povlači za sobom više troškove. Zbog toga je neophodno veliku pažnju posvetiti određivanju željenog nivoa kvalitete a s time i »količinu« osiguranja kvalitete koja će se primijeniti za postizanje tog nivoa.

N slici 2. dan je prikaz ukupnih troškova u ovisnosti o nivou kvalitete, uz pretpostavku da su osnovni troškovi proizvodnje odnosno osnovne investicije konstantne. Lijevo od optimuma je propuštena prilika za efikasnim osiguranjem kvalitete, tako da su gubici zbog škarta u proizvodnji, ispada iz pogona itd. viši od troškova za rješenje tih problema i u tom području »bolje« osiguranje kvalitete košta manje. Desno od optimuma troškovi su neekonomski zbog težnji savršenstvu i u tom području je »liječenje« štetnije od »bolesti«, pa »bolje« osiguranje kvalitete košta više.

Govoreći o osiguranju kvalitete, moramo biti svjesni da će kod proizvođača opreme biti otpora i nerazumijevanja za zahtjeve investitora u vezi s kvalitetom. Investitor je taj koji je u toku pogona objekta suočen s problemima održavanja opreme i problemima vezanim uz ispade objekta koji cjelokupnoj zajednici pričinjavaju velike gubitke, dok proizvođači opreme često u višoj kvaliteti vide direktno povećanje svojih proizvodnih troškova, a ne vide direktnu dobit.

3. OSIGURANJE KVALITETE U FAZI PROJEKTIRANJA

3.1. Općenito. Često se kaže da se kvaliteta mora »ugrađivati« u proizvod, i to počevši od projektiranja. Dobro projektiranje je osnova za kvalitetu. Jer, ako je projekt neadekvatan (zbog npr. pogrešnog proračuna, upotrebe pogrešnih materijala, neuzimanja u obzir svih uvjeta rada i sl.), ni najfinija izrada praćena mnogostrukim kontrolama neće dovesti do proizvoda pogodnog za upotrebu. Greška u projektu teško se otkriva u toku proizvodnje i obično izlazi na vidjelo tek pri upotrebi proizvoda, dok se greška u proizvodnji obično vrlo brzo otkriva i ispravlja još u fazi izrade.

Zbog toga je veoma važno posvetiti pažnju projektiranju i kontroli projektiranja. Uobičajena je praksa da se izrada projekta delegira projektnoj organizaciji, a projektiranje opreme samim proizvođačima. Pregled projekta obično se obavlja unutar same projektne organizacije (interna kontrola), a može ga obaviti i investitor ili neka, od njega angažirana organizacija.

3.2. **Termini i definicije.**

1. D o k u m e n t a c i j a. Bilo kakva pisana ili slikovna informacija koja opisuje, definira, specificira, izvještava ili potvrđuje neku aktivnost, zahtjev, postupak ili rezultat.

2. E l e m e n t. Svaki nivo cjelovitog sklopa, uključujući strukturu, sistem, podsistem, podsklop, komponentu, dio i materijal.

3. N e u s k l a đ e n o s t. Manjkavost u karakteristikama, dokumentaciji ili u postupcima koja čini neprihvatljivom ili neodređenom kvalitetu jednog elementa.

4. P r o j e k t i r a n j e. Proces koji vodi do izdavanja projektne dokumentacije kao što su crteži, specifikacije i ostali dokumenti koji definiraju tehničke zahtjeve na strukture, sisteme i komponente.

5. P r o j e k t n e v e z e. Odnosi između projektnih grupa unutar jedne organizacije (unutarnje projektne veze) ili između projektnih grupa različitih organizacija (vanjske projektne veze).

6. P r o j e k t n i u l a z i. Oni kriteriji, parametri, osnove ili drugi zahtjevi na kojima se zasniva detaljan konačni projekt.

7. S p e c i f i k a c i j a. Jezgrovito izrečen (napisan) skup zahtjeva kojima mora udovoljiti proizvod, materijal ili proces uz naznačen postupak, gdje god je moguće, pomoću kojega se može utvrditi da li je danim zahtjevima udovoljeno.

8. V e r i f i k a c i j a. Čin potvrde, dokazivanja i osiguranja da je neka aktivnost ili stanje primijenjeno u skladu sa specificiranim zahtjevima.

3.3. **Administrativno-tehnički postupci.** Da bi se osiguralo da se projektiranje provodi na planiran,

kontroliran i ispravan način, potrebno je, ako je primjenjivo, definirati:

1. Odgovornosti organizacija koje sudjeluju u projektiranju, kao što su investitor, projektant građevnog dijela, projektant tehnološkog procesa i ostali,

2. odgovornosti unutar projektnih organizacija,

3. izmjene tehničkih informacija između projektnih organizacija,

4. kontrolu dokumentacije, uključujući preglede, odobrenja, raspodjelu i revizije,

5. održavanje i čuvanje projektne dokumentacije,

6. identificiranje kriterija, standarda i ostalih zahtjeva za projektiranje,

7. pripremu projektne dokumentacije,

8. nivoe kvalitete, standarde za prihvaćanje i zahtjeve za dokumentiranim dokazima o kvaliteti,

9. izbor metoda za verifikaciju projekta,

10. provedbu verifikacije projekta,

11. provedbu provjera aktivnosti projektiranja,

12. kontroliranje promjena projekta.

Pri definiranju tih postupaka treba imati na umu prirodu organizacije (investitor, proizvođač opreme, projektna organizacija), važnost projekta za sigurnost i raspoloživost objekta, vrstu projekta (eksperimentalni, razvojni ili standardni) i prirodu projekta (idejni, preliminarni ili detaljni).

3.4. **Zahtjevi na projektne ulaze.** Potrebno je identificirati i dokumentirati zahtjeve na projekt kao što su projektne osnove, standardi, zahtjevi propisa i slično. Ti zahtjevi, koji predstavljaju projektne ulaze moraju, ako je primjenjivo, sadržavati:

1. osnovne funkcije svake strukture sistema i komponente,

2. zahtjeve za performanse, kao što su snaga, kapacitet i sl.,

3. standarde i propise uključujući i izdanje koje se treba primijeniti,

4. projektna stanja, kao što su pritisak, temperatura, napon i sl.,

5. opterećenja, kao što su termička, mehanička, opterećenja zbog vjetra i sl.,

6. uvjete okoline koji se javljaju u toku skladištenja, ugradnje i pogona, kao što su temperatura, vlažnost, utjecaj korozivnih medija i sl.,

7. zahtjeve na materijal, kao što su svojstva neprovodljivosti elektriciteta, zaštitne prevlake, otpornost na koroziju i sl.,

8. mehanička opterećenja, kao što su vibracije, naprezanja, sile reakcije i sl.,

9. hidrauličke zahtjeve, kao što su dozvoljeni padovi pritiska, dozvoljene brzine fluida, NPSH-pumpi i sl.,

10. električke zahtjeve, kao što su izvori, napon, izolacija, motori i sl.,

11. zahtjeve za raspored elemenata u objektu (dispozicija),

12. zahtjeve pri raznim uvjetima pogona kao što su upuštanje, normalan pogon, zaustavljanje, rad u slučaju nužde i sl.,

13. zahtjeve za instrumentacijsku i kontrolnu opremu,

14. zahtjeve za mogućnosti provedbe testiranja uključujući i uvjete pod kojima će testiranja biti provedena,

15. zahtjeve u vezi s održavanjem, popravkom i inspekcijom u toku pogona uključujući i uvjete u kojima će biti provođeni,

16. zahtjeve o pitanju mogućnosti transporta, kao što su najveća težina, gabaritne mjere i sl.,

17. zahtjeve za rukovanje, skladištenje i slanje,

18. ostale zahtjeve potrebne da se spriječi nepotrebno ugrožavanje zdravlja i sigurnosti javnosti.

3.5. **Proces projektiranja.** Aktivnosti projektiranja treba da budu provedene na takav način da se osigura da su primjenljivi projektni zahtjevi ispravno preneseni u specifikacije, crteže, postupke i instrukcije. Odgovarajući standardi i kvalitete trebaju biti identificirani, dokumentirani i njihov izbor odobren. Eventualna odstupanja od standarda kvalitete, uključujući i razloge za takva odstupanja, moraju biti identificirana, odobrena, dokumentirana i kontrolirana.

Aktivnosti projektiranja mogu biti propisane u specifikacijama za izradu, uputama za rad, ispitnim postupcima ili u bilo kojem pisanom obliku koji omogućava osoblju koje ima iskustva na takvim aktivnostima odgovarajuću kontrolu izvršenja i dopušta pregled, provjeru ili verifikaciju aktivnosti.

U projektnim organizacijama potrebno je poduzeti mjere za kontrolu projektnih informacija i njihova toka kroz proces projektiranja sve do trenutka kada te informacije postanu dio projektnih dokumenata kao što su specifikacije ili crteži.

Aktivnosti projektiranja moraju biti dovoljno dokumentirane da se kompetentnom tehničkom osoblju omogući odgvarajuća provjera i vrednovanje. To osoblje mora biti različito od onog koje je sudjelovalo u projektiranju (neovisna verifikacija), no može biti iz iste organizacije koja izrađuje projekt (interna kontrola). Projektna dokumentacija kao što su specifikacije, nacrti i ostali dokumenti, mora biti tako pripremljena da se olakša kontrola. Treba definirati:

— identifikaciju dokumenata
— indikaciju statusa (preliminarni, konačni)
— standardne simbole
— način provjere
— zahtjeve za preglede i odobrenja
— izdavanje i distribuciju
— revizije
— postupak s neusklađenostima
— zahtjeve na format.

3.6. **Kontrola projektnih veza.** Veze između organizacija koje izvode aktivnosti što utječu na kvalitetu projektiranja terba da budu identificirane u pisanom obliku i treba da uključe one organizacije koje daju kriterije za projektiranje, projektiraju, izrađuju specifikacije ili daju tehničke savjete.

Moraju biti definirane i dokumentirane odgovornosti za pripremu, pregled i odobrenje dokumentacije koja govori o projektnim vezama. Treba da budu uspostavljene komunikacijske veze (unutarnje i vanjske) između organizacija koje sudjeluju u projektiranju, a te veze moraju obuhvaćati i izmjene projekta onako kako projektiranje napreduje.

Tok projektnih informacija među organizacijama koje vrše projektiranje treba biti kontroliran kako bi se osiguralo da su točni podaci preneseni u specifikacije i crteže. Treba uspostaviti takav sistem koji osigurava da se svaki dokument kojim se traži neka informacija ili akcija može povezati s dokumentom kojim je na taj zahtjev odgovoreno.

3.7. **Verifikacija projekta.** Potrebno je ustanoviti mjere kojima će se verificirati (potvrditi) adekvatnost projekta da se ustanovi je li projekt usklađen s projektnim zahtjevima. To obavlja osoblje koje nije neposredno sudjelovalo u projektiranju, ali može biti iz iste organizacije koja izrađuje projekt.

Opseg verifikacije projekta prvenstveno zavisi od važnosti projektirane opreme. Vrsta i dubina verifikacije također ovisi o važnosti i složenosti projekta, stupnja standardizacije, stanja tehnologije i sličnosti s prijašnjim provjerenim i dokazanim projektom.

Za verifikaciju projekta su prihvatljive ali ne i isključive ove metode:

— pregled projekta
— metoda drukčijeg proračuna
— kvalifikacijsko testiranje.

3.7.1. Pregled projekta. Pregled projekta provodi se da bi se osiguralo da su projektni dokumenti točni i odgovarajući. Dubina pregleda može varirati od detaljne provjere kompletnog postupka projektiranja do provjere pristupa projektiranju i dobivenih rezultata. Provodi li pregled jedna osoba ili više njih, postoji određeni broj osnovnih pitanja na koja pregled treba dati odgovor:

1. Da li su projektni ulazi ispravno odabrani i uključeni u projekt?

2. Da li su pretpostavke nužne da se izradi projekt odgovarajuće opreme opravdane?

3. Da li su odgovarajući zahtjevi za kvalitetu specificirani u projektu?

4. Jesu li primjenljivi zakoni, propisi i standardi navedeni u projektu i je li njihovim zahtjevima udovoljeno?

5. Da li su bili razmatrani (ako su primjenljivi) problemi i iskustva s izgradnje i iz pogona kako bi se eventualno ispravio projekt?

6. Da li je upotrijebljena pogodna metoda projektiranja?

7. Je li rezultat projektiranja razuman u odnosu na projektne ulaze?

8. Da li su specificirani dijelovi, oprema i procesi pogodni za zahtijevanu primjenu?

9. Da li su specificirani materijali kompatibilni međusobno i u odnosu na uvjete okoline kojima će biti izloženi?

10. Jesu li razmatrani određeni zahtjevi u pogledu održavanja?

11. Je li projektom omogućena pristupačnost za potrebno održavanje i popravke?

12. Da li je projektom omogućena pristupačnost za provedbu neophodnih ispitivanja u toku pogona?

13. Jesu li u projektu sadržani kriteriji prihvatljivosti koji omogućavaju provjeru ispunjenja zahtjeva postavljenih projektom?

14. Jesu li postavljeni odgovarajući zahtjevi za rukovanje, skladištenje, čišćenje i isporuku opreme?

15. Da li su postavljeni odgovarajući zahtjevi za identifikaciju opreme?

16. Da li su postavljeni odgovarajući zahtjevi za pripremu i dostavu dokumentacije?

3.7.2. Metoda drukčijeg proračuna. Potvrda nekih vrsta proračuna ili analiza može se obaviti usporedbom s rezultatima proračuna provedenog drukčijom metodom. Takav proračun mora provesti osoba koja nije obavila prvobitni proračun. Kada se primjenjuje metoda drukčijeg proračuna, da se verificira prvobitni projekt, mora se također obaviti pregled kojim će se ustanoviti jesu li primijenjene ispravne pretpostavke, jesu li upotrijebljeni ispravni ulazni podaci i je li upotrijebljena ispravna metoda proračuna.

Drukčija metoda koja se upotrebljava može biti pojednostavnjen proračun i njome se ne mora točno provjeravati prvobitni proračun ili analiza, ali ona mora dati rezultate koji su reda veličine onih dobivenih prvobitnim proračunom.

3.7.3. Kvalifikacijsko testiranje.

Provjera projekta kod nekih vrsta projektiranja ili pak provjera specifičnih projektnih veličina može se obaviti i pomoću pogodnog kvalifikacijskog testiranja prototipa opreme. U slučaju takve provjere testiranje se mora obaviti u najlošijim uvjetima definiranim projektom.

Kada se testiranjem namjeravaju provjeriti samo određene projektne veličine (karakteristike), onda se za provjeru ostalih aspekata projekta moraju upotrijebiti druge metode.

Kvalifikacijsko testiranje treba provoditi prema pisanom postupku koji sadrži ili se poziva na granice prihvatljivosti navedene u primjenljivoj projektnoj dokumentaciji. Postupak treba također sadržavati preduvjete koji moraju biti ispunjeni prije testiranja. Takvi preduvjeti su na primjer: kalibrirana instrumentacija, pogodna oprema, izučeno osoblje, stanje ispitne opreme i samog objekta ispitivanja, pogodni uvjeti okoline i mjere za snimanje podataka testiranja. Rezultate testiranja moraju vrednovati i dokumentirati projektanti kako bi se vidjelo da je udovoljeno zahtjevima testiranja.

Ako testiranje pokaže da su potrebne modifikacije opreme da bi se dobile prihvatljive performanse, potrebno je izvršene modifikacije dokumentirati, a opremu ponovno testirati ili na drugi način potvrditi da su sada osigurane zadovoljavajuće performanse. Ako se testiranje obavlja na modelima ili simulatorima, prije testiranja moraju se utvrditi i provjeriti zakoni sličnosti.

3.8. Kontrola dokumentacije. Potrebno je ustanoviti mjere kojima će se osigurati da dokumenti, uključujući i njihove promjene, budu pregledani s obzirom na adekvatnost, odobreni za upotrebu od ovlaštenog osoblja i ispravno distribuirani. Promjene dokumenata bi, u načelu, morale biti podvrgnute istom postupku pregleda, odobrenja i distribucije kao i izvorni dokumenti.

Osoblje koje sudjeluje u projektiranju treba biti upoznato i upozoreno na upotrebu ispravnih uputa, postupaka, crteža i projektnih zahtjeva.

Mjere za kontrolu dokumentacije treba da obuhvate:

1. identifikaciju osoblja ili organizacija odgovornih za pripremu, pregled, odobravanje i izdavanje projektne dokumentacije.
2. identificiranje pravilnih dokumenata koji će se upotrebljavati u toku projektiranja uključujući primjenljivu reviziju, datum izdavanja ili neku drugu informaciju koja će točno identificirati dokument,
3. osiguranje da su ispravni dokumenti dostupni i da se primjenjuju,
4. ustanovljavanje liste raspodjele dokumentacije koja će osigurati da odgovarajuće osoblje posjeduje ispravnu dokumentaciju za obavljanje svojih aktivnosti.

3.9. Kontrola promjene projekta. Izmjene projekta, uključujući i izmjene nastale u toku gradnje, treba kontrolirati i dokumentirati, a njihov utjecaj pažljivo razmotriti i informacije u vezi s promjenama proslijediti svim osobama ili organizacijama na koje promjene mogu utjecati. Promjene treba da budu opravdane i podvrgnute kontrolnim mjerama jednakim onima koje su primijenjene pri izradi izvornog projekta. Uzroci promjena projekta najčešće su ovi:

1. rezultati kvalifikacijskog, pretpogonskog ili pogonskog testiranja ne zadovoljavaju,
2. otkriveni su problemi zadiranja sistema u sistem u toku ugradnje.
3. postoje nedostaci struktura, sistema ili komponenta koji ih sprečavaju da zadovolje funkcionalnim zahtjevima,
4. razrješenje neusklađenosti,
5. promjene u zakonskim ili drugim odredbama,
6. pogonsko iskustvo,
7. poboljšanje projekta.

3.10. **Korektivne akcije.** Svrha je korektivnih akcija da se njima ispravi otkrivena greška ili nedostatak. U slučaju značajnih i ponovljenih grešaka ili nedostataka korektivna akcija treba obuhvatiti otkrivanje uzroka i poticanje određenih promjena u procesu projektiranja s namjerom da se spriječi ponavljanje sličnih grešaka ili nedostatka.

Nedostaci ili greške u projektiranju mogu se otkriti na slijedeće načine:

1. mjerama za verifikaciju projekta,
2. od strane osoblja koje se koristi projektom dokumentacijom,
3. sistemom provjera,
4. provedbom testiranja,
5. stvarnim greškama u toku upotrebe (pogona).

Ako je potrebna promjena projekta, zbog otkrivene greške ili nedostatka, potrebno je pregledati i po potrebi modificirati postupke projektiranja i postupke verifikacije projekta.

3.11. **Provjere.** U toku procesa projektiranja potrebno je provesti određene provjere s aspekta osiguranje kvalitete u toku projektiranja. Svrha je tih provjera da se u jednoj projektnoj organizaciji ustanovi usklađenost svih akcija s kriterijima osiguranja kvalitete u toku projektiranja.

Provjere treba da provede osoblje koje ne sudjeluje neposredno u aktivnostima koje se provjeravaju. Na primjer, osoba koja provjerava provedbu verifikacije projekta ne smije biti odgovorna za verifikaciju projekta.

Provjere mogu biti inicirane unutar jedne organizacije (unutarnje provjere), a mogu biti izvršene i izvan (vanjske provjere) od strane organizacije koja je naručila izradu projekta.

Provjere uključuju vrednovanje programa za osiguranje kvalitete u toku projektiranja, postupaka i instrukcija, korektivnih akcija i efikasnost njihove primjene. Osim toga provjere treba da budu provedene i kada nastupi jedna ili više slijedećih situacija:

1. kada je neophodno da se utvrdi podobnost organizacije s kojom se ugovara usluga projektiranja,

2. Kada je, nakon ugovaranja usluga, prošlo dovoljno vremena da bi se mogla provjeriti primjena kriterija za osiguranje kvalitete tokom projektiranja i na taj način provjeriti da li projektna organizacija postupa u skladu s ugovorenim ili propisanim zahtjevima,

3. ako je došlo do značajnih organizacijskih promjena u projektnoj organizaciji ili u postupcima za projektiranje,

4. kada se sumnja da su zbog grešaka i neusklađenosti unutar projektne organizacije dovedene u opasnost sigurnosne ili funkcionalne karakteristike opreme koja se projektira,

5. kada se smatra neophodnim da se provjeri primjena zahtijevane korektivne akcije.

Rezultati provjere moraju biti dokumentirani i s njima treba biti upoznato rukovodstvo organizacije u kojoj je provjera izvršena. Ako je u toku provjere ustanovljena neusklađenost sa zahtjevima za osiguranje kvalitete ili drugim dokumentiranim zahtjevima, potrebno je zatražiti korektivnu akciju i tu korektivnu akciju nakon određenog vremena ponovno podvrgnuti provjeri.

LITERATURA

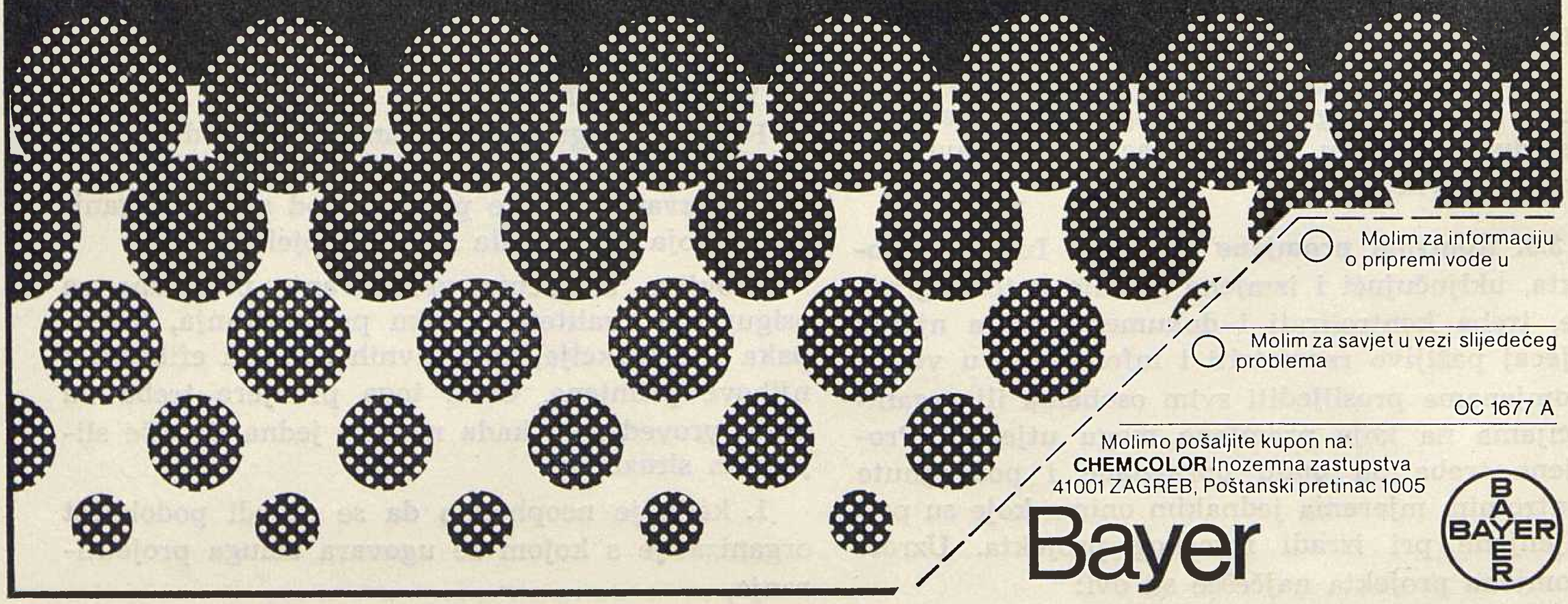
1. BS 4891, 1972, A guide to quality assurance.
2. ANSI/ASME N45.2, 1977, Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilities.
3. ANSI N45.2.10, 1973, Quality Assurance Terms and Definitions.
4. ANSI N45.2.11, 1974, Quality Assurance Requirements for the Design of Nuclear Power Plants.
5. Guidance on Quality Assurance Requirements During Design and Procurement Phase of Nuclear Power Plants — Rev. 1, USAEC, 1974.
6. I. G. Singer, M. R. Ackerman; Design for Quality: Eegineering Quality Assurance for Fossil — Fueled Steam Generators and Allied Equipment, American Power Conference, Chicago, Ill. April 21—23, 1975.
7. P. Kalmeta, USAEC model osiguranja kvalitete kod nuklearnih elektrana, prvi dio, Energija 1976, br. 3—4.

Naslov pisca:
Vladimir Bradač, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Priprema vode u nuklearnim elektranama

Lewatit/Lewasorb

Ionski izmjenjivač tvrtke Bayer – djelotvoran, ekonomičan



○ Molim za informaciju o pripremi vode u

○ Molim za savjet u vezi slijedećeg problema

OC 1677 A

Molimo pošaljite kupon na:
CHEMCOLOR Inozemna zastupstva
41001 ZAGREB, Poštanski pretinac 1005

Bayer

BAYER

Savjetovanja i konferencije

SAVJETOVANJE O PLANIRANJU, IZGRADNJI I EKSPLOATACIJI ELEKTRODISTRIBUTIVNIH MREŽA U JUGOSLAVIJI

Od 10. do 14. listopada 1977. godine održano je u Herceg-Novom (SR Crna Gora) I savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža u Jugoslaviji, u organizaciji Zajednice jugoslavenske elektroprivrede — Odela za distribuciju električne energije, uz suradnju elektroprivrednih organizacija za distribuciju električne energije svih republika i autonomnih pokrajina. Domaćini Savjetovanja su bili: Elektrodistribucija SR Crne Gore, Titograd i Poslovno udruženje elektroprivrednih preduzeća za distribuciju električne energije Srbije, Beograd. Savjetovanju je prisustvovalo 520 sudionika, pretežno iz osnovnih organizacija i drugih oblika udruživanja elektrodistribucije Jugoslavije, zatim predstavnici elektroprivrednih organizacija za proizvodnju i prijenos električne energije, naučnoistraživačkih institucija i proizvođači domaće elektroopreme.

Za savetovanje je odštampan Zbornik sa 71 stručnim referatom u tri posebne knjige opsega 1 285 stranica formata B-5, Program rada i pregled referata i Izvještaj stručnih izvestilaca po grupama referata. Referati su bili razvrstani u tri glavne grupe:

I grupa: *PLANIRANJE DISTRIBUTIVNIH MREŽA* — 24 referata

II grupa: *IZGRADNJA DISTRIBUTIVNIH MREŽA* — 22 referata

III grupa: *EKSPLOATACIJA DISTRIBUTIVNIH MREŽA* 25 referata.

Desetog listopada u 18 sati u hotelu Riviera u Herceg-Novom, Savjetovanje je svečano otvorio predsjednik Organizacijskog odbora dipl. ing. Miloš Kremić, pozdravljajući goste i sve učesnike.

Pozdravne govore uputili su::

— Petar Stijepčić, predsjednik Skupštine općine Herceg-Novi u ime grada domaćina,

— Milorad Velašević, dipl. ing., predsjednik Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRE.

Uvodno izlaganje »O razvoju elektroprivrede Jugoslavije sa osvrtom na razvoj delatnosti distribucije električne energije« dao je dr Lazar Ljubiša, dipl. ing., generalni direktor Zajednice jugoslavenske elektroprivrede. Time je svečano otvoreno Savjetovanje, uz prigodni umjetnički program pjevačkog okteta »Bokelji«.

Radni dio Savjetovanja odvijao se prema utvrđenom programu rada zasjedanja pojedinih sekcija.

Posljednjeg radnog dana — 14. listopada 1977. godine — na osnovi podnesenih referata, izvještaja stručnih izvjestilaca i diskusije, Savjetovanje je usvojilo ove zaključke:

I. PLANIRANJE DISTRIBUTIVNIH MREŽA

1. Prognoza potrošnje električne energije osnovna je podloga za planiranje razvoja distributivne mreže. Za to je neophodno sređivanje statističkih podataka za što duže razdoblje, analiza strukture potrošnje po kategorijama potrošača i analiza promjene ove strukture. Pri prognoziranju treba posebnu pažnju posvetiti utjecaju ostalih oblika energije i načina njihova korištenja (nafta, plin, daljinsko grijanje, itd.) na potrošnju električne energije.

Za uspješno prognoziranje potrošnje električne energije i planiranje razvoja distributivnog elektroenergetskog sistema nužna je suradnja distributivnih organizacija i organizacija koje vrše prostorno planiranje u jednoj urbanoj sredini.

Dugoročne prognoze razvoja potrošnje električne energije treba konstantno pratiti i aktualizirati.

2. Pri planiranju razvoja elektrodistributivnih mreža potrebno se, zbog složenosti problema, koristiti matematičkim (prvenstveno dinamičkim) modelima, uz sistematizaciju i selekciju parametara bitnih za traženo rješenje.

S obzirom na sve složenije elektrodistributivne sisteme, preporučuje se uvođenje u praksu mini-računala. To treba imati posebno na umu kod projektnih i razvojnih službi, kao i tamo gde ne postoje velika računala.

3. Porastom gustoće opterećenja javlja se potreba da se 110 kV mreža uklopi u distributivni sistem, pa pri oblikovanju 110 kV mreže treba primijeniti i koncepcijska rješenja koja vrijede za srednjonaponske mreže.

4. Treba nastaviti s radom na problemu izbora optimalnog oblika srednjenaponske mreže, uzimajući u obzir nivo srednjeg napona, snage transformatorskih stanica i broj energetskih transformatora 110/X kV, kao i koncepciju držanja rezerve u snazi.

5. Tehničko-ekonomske analize i dosadašnja praksa pokazuju neophodnost biranja što jednostavnijih oblika niskonaponskih mreža.

6. Distributivni sistem napajanja s jednim srednjim naponom (110/X kV) ekonomičniji je od sistema s dva srednja napona (110/X/Y kV). U izvangradskim i prigradskim nadzemnim mrežama s relativno razvijenom potrošnjom u najviše slučajeva pokazuje se sistem 110/20 kV kao optimalni sistem napajanja.

U gradovima je utjecaj postojeće kabelske mreže 10 kV na izbor srednjeg napona značajniji nego kod nadzemnih mreža, pa može bitno utjecati na izbor srednjeg napona.

7. Problematika izbora srednjeg napona u distributivnim mrežama veoma je aktualna, na što upućuje veći broj studija, referata i analiza u nas i u svijetu, a na što je upozoreno i na ovom Savjetovanju.

Predlaže se da Zajednica jugoslavenske elektroprivrede (ZJE) organizira konzultaciju zainteresiranih stručnjaka na kojoj bi se donijeli detaljniji i konkretniji zaključci.

8. Prijelaz na drugi srednji napon složen je i dugotrajan proces. Trajanje ovog procesa mnogo ovisi o razvijenosti i stanju postojeće mreže. Posebno se upozorava na važnost planiranja prijelaznih rješenja, te je zbog toga nužno planove detaljno razraditi.

9. U područjima gdje su razvijeni postojeći distributivni naponi 35 kV i 10 kV, prelazak na napon 20 kV ne može biti ekonomski uspješan ako se postojeće mreže 35 kV i 10 kV ne iskoriste do kraja tehničke amortizacije.

10. Radi racionalnijeg planiranja i tipizacije elemenata postrojenja i vodova opravdana je tipizacija snaga tropolnih kratkih spojeva u distributivnim mrežama. U tom smislu mogu se preporučiti ove granične vrijednosti:

— na 110 kV do 5 000 MVA (izuzetno 7 500 MVA)
— na 35 kV do 750 MVA
— na 20 kV do 500 MVA
— na 10 kV do 250 MVA (izuzetno 350 MVA).

11. Za gradske transformatorske stanice 110/X kV koje se nalaze u područjima razgranate kabelske mreže izvedene energetskim kabelima s vodljivim (prema zemlji) plaštom, mogu se, umjesto namjenskih uzemljivača, upotrijebiti plaštevi ovih kabela kao uzemljivači, kombinirani s temeljnim uzemljivačima transformatorskih stanica. Računom dobijene rezultate u pogledu ispunjenja uvjeta neopasnosti treba potvrditi mjerenjem prije puštanja transformatorske stanice u rad.

12. Na manjim energetskim mrežama tonfrekventna komanda može se masovnije primijeniti ako se takve mreže napajaju signalima MTK na 110 kV naponskom nivou. Radi realizacije ove koncepcije potrebno je na jugoslavenskom nivou sjediniti snage imajući pri tome na umu naše uvjete.

II. IZGRADNJA DISTRIBUTIVNIH MREŽA

1. U velikim urbanim područjima ima ekonomskog i tehničkog opravdanja da se TS 110/X kV grade s opremom SF_6 za 110 kV zbog malih gabarita, pouzdanosti rada ovakvih postrojenja, sigurnosti ljudstva prilikom manipulacije, kao i minimalnih godišnjih troškova oko održavanja i revizija.

2. Potrebno je da se što prije, putem ZJE, pokrene izrada dopune tehničkih propisa za izgradnju i održavanje razvodnih postrojenja potpuno oklopljenih i izoliranih plinom SF_6, shodno preporukama IEC-a.

3. Postojanje više tipova SF_6 postrojenja u uvjetima ograničenih potreba jugoslavenskog tržišta već na početku njihove primjene otežava tipizaciju elemenata i postrojenja kao cjeline.

4. Prekidač snage 110 kV, uz energetski transformator, najskuplji je element TS 110/X kV te zbog toga treba težiti pojednostavnjenju jednopolnih shema kod kojih se prekidač 110 kV zamjenjuje sklopkom (rastavljač snage). Smanjenjem broja prekidača smanjuje se i broj rastavljača, što pojeftinjuje TS ili RP.

5. Potrebna je što tješnja suradnja između distribucija i proizvođača opreme, pa se predlaže da se u okviru ZJE formiraju zajedničke komisije koje bi radile na:

— izradi jednopolnih shema distributivnih TS svih naponskih nivoa;

— tipizaciji i unifikaciji opreme — uz suradnju s Jugoslavenskim zavodom za standardizaciju.

6. Elementi niženaponske strane značajno utječu na gabarit TS 110/X kV, te treba nastojati da budu što manjih dimenzija. To se može postići ugradnjom elemenata s »izvlačivim blokovima«.

Postrojenja s »izvlačivim blokovima« s kombiniranom izolacijom imaju prednost pred postrojenjima sa zračnom izolacijom, ali su za sada znatno skuplja. Zato je potrebno da proizvođači opreme i dalje usavršavaju tehnologiju izrade i snižavaju cijenu proizvodnje. Također je potrebno pristupiti izradi tehničkih normativa.

7. Smanjenje dimenzija elemenata postrojenja 110/X kV omogućilo je da jednoetažna postrojenja pružaju jeftinije rješenje i bržu gradnju nego klasična dvoetažna, a pogonski daju jednaku sigurnost.

8. Za sprečavanje razornog djelovanja struja kratkih spojeva mogu se, u slabo dimenzioniranim postrojenjima srednjeg i niskog napona, upotrebljavati i ograničivači kratkih spojeva.

9. Prihvaćaju se energetski distributivni transformatori 10/20/0,38 kV s namotima od aluminija uz uvjet da se dobiju jednake tehničke karakteristike kao kod transformatora s namotima izrađenim od bakra.

10. Trebalo bi razmotriti upotrebu hermetski zabrtvljenih energetskih distributivnih transformatora od valovitog lima, čime bi se spriječila oksidacija ulja, trajnost ulja povećala, a održavanje transformatora svelo na minimum.

11. Za povezivanje kabelskog voda s energetskim distributivnim transformatorima preporučuje se primjena transformatora s kabelskim završnicama.

12. Distributivni energetski transformatori 20/10/0,4 kV, bez odvajaka za prilagođivanje (»komutator«), prihvatljivi su samo u posebnim uvjetima.

13. Preporučuje se eksperimentalna primjena poliesterskih stupova u niskonaponskim mrežama uz razradu tehničkih normativa.

14. Problemu zaštite čovjekove okoline od nedozvoljenog nivoa buke koju izazivaju transformatori i postrojenja mora se posvetiti izuzetna pažnja. Treba primjenjivati transformatore sa smanjenom bukom ili akustičku i vibracijsku izolaciju izvora buke.

15. Modularni statički sistemi zaštite i automatike pokazuju niz prednosti pred klasičnim sistemom zaštite. Zbog toga, bi trebalo modularne sisteme primjenjivati pri izgradnji novih, a također i pri rekonstrukciji starih postrojenja. Posebno je preporučljiva njihova primjena u uvjetima oskudice prostora i tamo gdje se upotrebljavaju SF_6 postrojenja.

Potrebno je da domaći proizvođači relejnih uređaja ponude gotove sklopove relejnih uređaja.

16. Poželjno je uvođenje lokalne automatike u distributivne transformatorske stanice s obzirom na to da to ne iziskuje značajnija financijska ulaganja.

17. Neophodno je poznavati redukcione faktore energetskih kabela u distributivnim mrežama čija je neutralna točka uzemljena direktno ili preko malog otpora radi ispunjenja uvjeta neopasnosti i utvrđivanja utjecaja na telekomunikacione kablove.

18. Prisutna neusklađenost tehničkih normativa za izgradnju nadzemnih vodova i nacionalnih standarda za izolatore zahtijeva usklađivanje normativa i standarda na području udarnih napona (podnosivi i 50%-tni preskočni).

19. U nizu visokonaponskih izolatora obrađenih nacionalnim standardima nedostaje izolator čije su električne osobine usklađene sa zahtjevima što ih tehnički normativi postavljaju za vodove nazivnog napona 20 kV, te je neophodno razraditi standard za potporni izolator električnih osobina koje su u skladu sa zahtjevima tehničkih normativa.

III. EKSPLOATACIJA DISTRIBUTIVNIH MREŽA

1. Radovi pod naponom realnost su koju možemo što prije usvojiti.

Prioritet uvođenja suvremenih metoda radova na mreži trebao bi biti slijedeći:

a) rad »u blizini napona« i »rad pod naponom« na niskonaponskim postrojenjima;

b) rad »pod naponom« na visokonaponskim postrojenjima.

Kod priprema za uvođenje rada »pod naponom« i »u blizini napona«, potrebno je prethodno riješiti problem tehničkih normativa, odnosno izmjene i dopune odgovarajućih tehničkih propisa, odabrati metode i postupke rada pod naponom, izabrati odgovarajuću opremu pomagala i alat, te školovati kadrove.

2. Za radove pod naponom na visokonaponskim postrojenjima prednost treba dati metodi rada pod naponom po shemi: »provodnik pod naponom-čovjek-izolacija-zemlja«, kao pogodnijoj i ekonomičnijoj za naše uvjete.

Trebalo bi prvenstveno provesti tipizaciju potrebne zaštitne opreme u skladu s našim potrebama, uz konzultaciju svih zainteresiranih korisnika, pa nakon toga ostvariti odgovarajuću suradnju s proizvođačima opreme radi postizanja što bolje kvalitete opreme.

3. Distributivna energetska postrojenja treba projektirati i graditi tako da je na njima moguće primijeniti sve zaštitne mjere na radu, rad pod naponom i održavanje postrojenja.

4. U daljnjem razvoju distributivnih mreža, u programima razvoja i planovima izgradnje potrebno je da nađu svoje mjesto i mjere za poboljšanje kvalitete električne energije.

5. Potrebno je na nivou ZJE utvrditi ujednačeno kriterije o pouzdanosti opskrbe distributivnih konzumnih područja u zavisnosti od njihove veličine i značaja, te u skladu s time izgrađivati distributivnu mrežu.

6. Osobitu pažnju treba posvetiti ugradnji uređaja za kompenzaciju reaktivnih snaga kod potrošača i u samoj distributivnoj mreži. Dosadašnja provjerena rješenja nepobitno dokazuju da šira primjena kompenzacije bitno pridonosi održavanju kvalitete električne energije, a uz to donosi i značajne ekonomske efekte.

7. Potrošačima električne energije, prilikom izdavanja energetske suglasnosti za priključenje na mrežu, treba uvjetovati ugradnju uređaja za kompenzaciju reaktivnih snaga u zavisnosti od njihovih energetskih karakteristika i danih uvjeta u mreži.

8. U distributivnoj mreži treba težiti ugradnji kompenzacionih uređaja za kompenzaciju jalovih snaga potrebnih samoj mreži.

9. Za rješavanje problematike daljinskog upravljanja osnov je studija — idejni projekt dugoročnog perspektivnog razvoja elektrodistributivnog dijela energetske mreže.

Radi uspješnijeg projektiranja potrebno je na nivou ZJE definirati:

— izbor mjernih veličina, mjesta mjerenja i način prijenosa;

— broj signala i mjesta njihova postavljanja;

— potrebu primjene lokalne automatike i njihova principska rješenja.

10. S obzirom na predstojeću sve veću primjenu MTK, poželjno je radi upravljanja opterećenjem u mreži i racionalnijeg iskorištenja električne energije:

— tarifni sistem izmijeniti tako da se mogu iskoristiti sve pogodnosti koje pruža uvođenje mrežne tonfrekventne komande (MTK);

— električne instalacije u zgradama izvesti tako da se termoakumulacionim trošilima može upravljati pomoću MTK.

11. Potrebno je izraditi struju o mogućnosti sistema MTK da preuzme neke od funkcija pumpno-akumulacionih elektrana u izravnavanju dnevne potrošnje električne energije.

12. Predlaže se formiranje radne grupe na nivou ZJE za informacione sisteme s prvenstvenim zadatkom da izradi:

— prijednlog sadržaja skupa podataka o elemenima mreže,

— da predloži način i strukturu šifriranja elemenata mreže.

13. Potrebno je da distributivne organizacije imaju kao stalan zadatak obuku kadrova kako onih koji rade na uvođenju informacionog sistema, tako i onih koji će ga koristiti, jer je to odlučujuće u daljnjem razvoju i uvođenju informacionog sistema.

14. Pokrenuti postupak za izmjenu čl. 198. Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova u smislu da se dozvoli polaganje telekomunikacionih i elektroenergetskih kabela u isti rov kada telekomunikacioni kabeli treba da služe potrebama elektroprivrednih organizacija.

15. Ubrzati donošenje Pravilnika o tehničkim normativima upotrebe elektroenergetskih postrojenja izrađenih za nazivni napon 10 kV za rad u mreži nazivnog napona 20 kV kod srednjonaponskih mreža s uzemljenom nultom točkom preko malog otpora koje su opremljene za brzo isključenje u slučaju kvara.

16. Razraditi preporuke o održavanju 20 kV mreže i postrojenja i uvesti statističko praćenje kvarova i ponašanje nove opreme u radu. Teorijski i praktično obraditi zaštitu 10 kV vodova u mreži 20 kV od atmosferskih prenapona.

17. Radi boljeg održavanja i ekonomičnije izgradnje elektroenergetskih postrojenja potrebno je tipizacijom i standardizacijom obuhvatiti što je moguće veći broj elemenata i rješenja. Neophodan je zajednički rad i suradnja elektrodistributera i domaćih proizvođača opreme te se preporučuje Zajednici jugoslavenske elektroprivrede da formira stručne radne grupe.

Potrebno je osigurati dostavljanje materijala iz područja tehničkih normativa svim distributivnim organizacijama i nastojati da se u rad komisija, stručnih radnih grupa, tehničkih odbora i sl. uključe i stručnjaci iz manjih distributivnih organizacija.

18. Da bi održavanje nadzemnih vodova u veoma teškim reljefnim i atmosferskim uvjetima bilo olakšano, potrebno je prilikom projektiranja i izgradnje koristiti stečena iskustva, meteorološke statističke podatke, podatke o geološkom sastavu tla i pogodnosti koje pružaju prometnice.

19. Nastaviti eksperimentalni rad i praćenje ponašanja 10 kV vodova u mrežama nazivnog napona 10 kV u raznim uvjetima i u raznim područjima SFRJ, kako bi se došlo do zaključka koliko teški uvjeti rada mreže utječu na sniženu izolaciju.

20. Održavanje i izgradnja vodova na izuzetno teškim uvjetima ostavlja neugodne posljedice na zdravlje radnika, tako da većina tih ljudi rano postaju invalidi.

Potrebno bi bilo da se izvidi mogućnost priznavanja beneficiranog radnog staža za osoblje koje radi veoma naporne poslove na izgradnji i održavanju vodova u teškim radnim uvjetima.

21. Preporučuje se osnovnim organizacijama da pomognu razvoj novatorstva i pruže punu pomoć onima koji se zalažu za primjenu boljih i racionalnijih rješenja.

22. Školovanost kadrova je osnova za siguran, kvalitetan i efikasan rad u distributivnoj djelatnosti. Preporučuje se distributivnim organizacijama da inovaciji znanja i obuci kadrova, naročito za rad na mreži, pridaju iznimnu pažnju.

IV. METEOROLOGIJA U DISTRIBUCIJI

1. Za potrebe planiranja, izgradnje i eksploatacije elektrodistributivnih mreža, distributivne organizacije i hidrometeorološke službe treba da nastave i prošire međusobnu suradnju.

2. Za projektiranje i izgradnju nadzemnih vodova nužno je koristiti se meteorološkim podacima, naročito ovima: o dodatnom opterećenju zbog djelovanja vjetra, o težini i dimenziji ledenih naslaga, o atmosferskim električnim pražnjenjima, zagađenosti i salinitetu zraka.

Za projektiranje i ispravnu eksploataciju kabelskih vodova napona 110 kV nužno je poznavati meteorološke i geološke parametre tla. U tom smislu u suradnji s meteorološkom službom treba razraditi metode o izradi osnovnih karata prostornih i vremenskih raspodjela spomenutih meteoroloških parametara.

3. Posebno se preporučuje zajednička razrada metodologije obavještavanja i dostavljanja podataka o prognoziranom vremenskom stanju, radarskim promatranjima i mjerenjima, o razvoju i nailasku grmljavinskih nepogoda i vjetra s razornim djelovanjem kako bi se poduzele preventivne mjere.

4. Pristupiti studijsko-istraživačkom radu na pronalaženju korelativnih veza između naglih promjena meteoroloških elemenata i pojava i promjena u potrošnji — proizvodnji električne energije.

V. OPĆI ZAKLJUČCI SAVJETOVANJA

1. a) Potreba i zainteresiranost distributivnih organizacija za usklađeno rješavanje problema i međusobnu suradnju u planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža uvjetuju da se ovakva stručna savjetovanja redovno održavaju.

b) Iduće savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji distributivnih mreža treba održati 1980. godine.

c) U razdoblju između dva savjetovanja potrebno je održavati tematske konzultacije.

d) Radi održavanja kontinuiteta, izbora i usklađivanja tema savjetovanja i konzultacija, kao i selekcije problema, potrebno je pri Savjetu za distribuciju električne energije ZJE formirati stalno radno tijelo za stručna savjetovanja.

2. Preporučuje se stručnjacima iz elektrodistributivnih organizacija da više surađuju s našim stručnim časopisima.

Za sudionike Savjetovanja domaćini su organizirali stručnu ekskurziju na Cetinje s razgledanjem Muzeja elektroprivrede SR Crne Gore, historijskih muzeja i posjete mauzoleju velikog filozofa i pjesnika Petra Petrovića Njegoša na Lovćenu.

U okviru ovog Savjetovanja domaći proizvođači elektroopreme izložili su svoje proizvode i učesnicima pružili potrebne informacije.

VLADIMIR ZLOKOVIĆ, dipl. ing.

OSVRT NA RAD INTERNACIONALNE (EVROPSKE) GROMOBRANSKE KONFERENCIJE U POSLJEDNJE DVIJE GODINE

Internacionalna (evropska) gromobranska konferencija okuplja prilično brojan skup znanstvenika i stručnjaka vrlo širokog spektra, koji se može pohvaliti sistematskim i ozbiljnim radom. To toliko više što taj skup nema stalnog sekretarijata ili drugi izvršni organizacijski oblik, već organizaciju pojedinih konferencija ili savjetovanja odnosno dogovora preuzima neka nacionalna strukovna organizacija za dotičnu zemlju.

U ovom osvrtu želimo prikazati glavna zapažanja i neke zaključke s posljednja dva radna sastanka ovog skupa. Prvi se odnosi na 13. internacionalnu gromobransku konferenciju održanu još 1976. godine u Italiji. Drugi pak na gromobransku pretkonferenciju održanu krajem svibnja 1977. godine u Poljskoj.

13. INTERNACIONALNA (EVROPSKA) GROMOBRANSKA KONFERENCIJA 1976. GODINE U VENECIJI

Ova konferencija odnosno savjetovanje održano je u organizaciji Talijanskog elektrotehničkog komiteta (CEI) uz sudjelovanje više od 200 sudionika iz 14 evropskih zemalja. Rad se odvijao pretežno u obliku diskusija jer su referati bili već tiskani i dostavljeni učesnicima; autorima je načelno dozvoljeno dati u svom kratkom izlaganju samo eventualne dopune i nove podatke u izabranoj tematici. Kao i na prethodne dvije konferencije, tematika je bila podijeljena u ovih pet tematskih skupina.

1. Istraživanja oluja i munja
2. Teoretski problemi zaštite od munje
3. Praktički problemi zaštite
4. Upute, propisi i norme (standardi)
5. Posebni (specijalni) problemi zaštite od munje.

U prvoj tematskoj skupini (koju je vodio prof. dr K. Berger iz Švicarske) bili su vrlo interesantni rezultati istraživanja umjetno pobuđenih munja u Francuskoj. Pobuđivanje munja vrši se pomoću raketa za obranu od tuče koje povuku za sobom u olujni oblak čeličnu žicu. Dobiveni su iznenađujuće dobri rezultati. Prvo se dobila uzlazna munja koja se ne može usporediti s prirodnom munjom. Slijedeće uzastopne munje imaju pak vrlo sličan tok prirodnim munjama, pa je ta vrsta pokusa prikladna za ispitivanja udara munje u visoke objekte. Interesantan je bio i drugi referat istraživača umjetnih munja iz Francuske. Pokazalo se da znatan dio s raketama pobuđenih munja dovodi do pojave daljnjih, uzastopnih munja, koje ne udare u toranj za ispitivanje, već u okolna stabla i teren u udaljenosti 7 . . . 145 m od ispaljivanja rakete. To znači da se daljnje uzastopne munje ne drže raketne trase, čime je načelno podrmano pitanje »zaštitnog prostora« gromobrana.

Vrlo je interesantan bio i referat sovjetskih istraživača o posebnostima udara munje u televizijski toranj Ostankino u Moskvi. Većina fotografski registriranih munja koje su udarile u toranj visok 537 m, bila je tipa uzlaznih munja iz vrha tornja; uz tih 185 munja snimljeno je i 16 munja što su udarile u prostoru do 500 m od tornja. Dok je srednji broj munja na km² i godinu u području Moskve 2 . . . 2,5 — utvrđen je za prostor u radijusu 500 m od tornja znatno veći broj, i to oko 4. Kod 75 munja utvrđeno je razgranjenje prema gore. Samo 8% svih udara u toranj imalo je tip silaznih munja koje su udarile u toranj u razmaku 60 . . . 220 m ispod vrha tornja, kod čega su one do 300 m udarale u toranj horizontalno. Opažanje povećanog broja udara munja u okolicu visokog tornja podudara se s opažanjem »anomalnih pražnjenja« u Francuskoj u okolici raketne trase. Sovjetska opažanja na 239 udara u 8 godina (dakle oko 30 godišnje) dokazuju pobuđivanje silaznih munja prisutnošću visokih tornjeva i time potrebu zaštite u blizini tih tornjeva.

U diskusiji o referatima ove tematske skupine bilo je naglašeno da su slične pojave povećanog broja udara u blizini visokih televizijskih i sličnih tornjeva zapažene i u SRNJ. Čini se da ugroženost okolice visokih objekata ovisi o materijalu tornjeva; oko metalnog Eiffeltova tornja u Parizu nema opasnih odnosno uopće nikakvih udara u okolicu — koliko je poznato (prof. Fritsch). Novi visoki i vrlo visoki tornjevi redovito su od armiranog betona. Takvi tornjevi imaju u SRNJ na vanjskom zidu zasebne metalne gromobranske pojase koji su dobro uzemljeni; ipak se zapažaju udari munje u blizini tornjeva (Trachtmann, SRNJ).

U drugoj tematskoj skupini (koju je vodio prof. dr T. Horváth iz Mađarske) bio je posebno interesantan referat prof. Baatza iz SRNJ »Hvataljke i područje zaštite« koji je zbog oštro negativnog stava o radioaktivnim gromobranima pobudio živu diskusiju. Referent je u prikazu referata i u diskusiji ponovno naglasio da radioaktivni gromobran nema veće djelovanje od klasičnog i da ne predstavlja bolju zaštitu, ali ugrožava okoline zbog zračenja. Prof. Baatz je u diskusiji podvrgnuo kritici i veliki zaštitni prostor radioaktivnog gromobrana prema reklami te vrste gromobrana. Referent je u ponovnoj diskusiji pitao što je s rezultatima ispitivanja radioaktivnih gromobrana u Jugoslaviji.

Dosta živu diskusiju pobudio je i drugi referat prof. Baatza, i to o unutarnjoj zaštiti od udara munje. Referent je već prije istaknuo tu problematiku kao novi, suvremeni problem zaštite. Naglasio je da je svakako u praksi vrlo teško izvođenje sigurne »unutarnje« zaštite. (»Unutarnja« zaštita obuhvaća mjere protiv djelovanja električnih i magnetskih polja struje munje kod njezina prolaza kroz »vanjsko-zaštitnu« instalaciju na objektu, a na metalne instalacije i električne, posebno elektronske uređaje unutar objekta). Najvažnije mjere zaštite sačinjava integracija tih elemenata u gromobransku zaštitu pomoću izjednačenja potencijala izbjegavanja ili premošćivanja približavanja instalacijâ ili njihovim zakriljivanjem. Kao primjer može poslužiti eksplozija rezervoara za zapaljive tekućine u Nizozemskoj (više o tome u 4. tematskoj skupini — referat T.G.P. Brooda). Dr Bodier (Francuska) iznio je u diskusiji slučaj uništenja elektronskih uređaja u Francuskoj Guayani ljeti 1975. godine prilikom oluje s mnogo atmosferskih električnih pražnjenja. Pregledom je utvrđeno da nije bilo direktnog udara munje u dobro zaštićeni objekt, već je krivac bilo neizjednačenje potencijala na intertelefonskom uređaju unutar objekta, pa je došlo do iskrenja, odnosno prenapona na elektronskim uređajima.

Prof. Horváth je i u svom referatu i kratkoj diskusiji naglasio potrebu korekcije gledanja na pojam »zaštitnog prostora« gromobrana: nema zaštitne zone, već samo zaštitnog djelovanja. Ispravnije je govoriti o sa stanovitom vjerojatnošću štićenom prostoru ili o vjerojatnosti udara munje kod određenog rasporeda hvataljki. Ispravnost teorija o zaštiti i zaštitnom djelovanju treba potvrditi ili dokazati usporedbom (odnosno provjerom) rezultata s opažanjima u praksi.

Referati treće tematske skupine (koju je vodio dr Krulc iz Jugoslavije) bili su podijeljeni u ove tematske podskupine: zaštita objekata; uzemljenja i uzemljivači; geoelektrika; zaštitni uređaji i postupci ispitivanja; zaštita radio-televizijskih odašiljača. Prof. Fritsch (Austrija) naglasio je u svom referatu važnost zaštite objekata u planinskim predjelima. Prikazao je niz dijapozitiva s posebnim osvrtom na prikaz mogućnosti uzemljivanja u općenito otežanim okolnostima u planinskim terenima. Na referate o geoelektrici postavio je dr Suchocki (Poljska) pitanje o metodi opažanja povećane ugroženosti, kao i primjedbu da po istraživanjima u Poljskoj (prof. Szpor) proizlazi da mnogi autori pripisuju preveliku ulogu geološkim faktorima. Prof. Berger je u diskusiji podsjetio na rezultate opažanja dr Lehmanna (DRNJ) i Popolanskoga (ČSSR) o jasno utvrđenoj povećanoj ugroženosti u funkciji geološke građe. Prof. Fritisch je pak u vezi s time upozorio na važnost statističkih opažanja i podataka o tom problemu, posebno onih dr Bruckmanna.

U referatu iz SRNJ (dr Hasse) vrlo je zorno prikazan sâm proces korozije u tlu i korozivna ugroženost uzemljivača uz prikaz suvremenih materijala za uzemljivače kao i zaštitnih mjera protiv korozije. Referat i diskusioni prilog o temeljnim uzemljivačima odnosno o betonskim uzemljivačima iz Poljske nisu, protiv očekivanja, pobudili nikakvu diskusiju. U tim se referatima naime ističu dobri rezultati primjene i ispitivanja te nove vrste uzemljivača, dok s druge strane prof. Fritsch stalno naglašava stalan porast električnog otpora betona kao nedostatak.

Četvrtu tematsku skupinu vodio je prof. Fritsch (Austrija). Opsežna diskusija razvila se o referatu prof. Fourestiera (Francuska) o gromobranskoj zaštiti kod miniranja u podzemnim radovima. Referent je naglasio da se sada u Francuskoj koriste isključivo posebno neosjetljiviji upaljači, koji prorade tek kod rada 2 J (2 Ws), a do 1 J su neosjetljivi. Sada nema više nesreća u rudnicima i drugim podzemnim radovima. Prof. Berger ističe kao posebno važno to da se

sazna je li nakon uvođenja tih novih upaljača bilo nesretnih slučajeva; koliko je njemu poznato, nije bilo. Prof. Lundquist (Švedska) navodi da se u Švedskoj više uopće ne koriste električni upaljači, već jedna vrsta kemijskih.

Posebno je zanimljiv bio referat T.G.P. Brooda (Nizozemska) o ispitivanju uzroka eksplozije tankova za zapaljive tekućine u Nizozemskoj. Referent je kao dopunu referata prikazao niz dijapozitiva u boji o mjestu nesreće i nekim ostacima instalacija. U diskusiji je prof. Berger naglasio da je ovaj slučaj javno upozorenje na važnost solidne zaštite takvih objekata. Uzrok nesreće je samo uvođenje temperaturno-mjernog kabela u unutrašnjost tanka i njegovo nedovoljno osiguranje. Tu onda nastaju prenaponi i iskrenje. Zašto se želi mjeriti temperatura baš unutar samog tanka — zar nije dovoljno mjeriti npr. pri izlazu iz tanka? Zašto se, dalje, ne koristi stari mehanički sistem s plovkom? Zašto se ulazi u takve objekte s elektronikom? Čudno da nema i više nesreća te vrste. Jasan je dakle poučak: ne ulaziti u tankove s elektronskom ili električnom instalacijom koja nije neophodno potrebna (prof. Berger).

U petoj tematskoj skupini (koju je vodio dr Flisowski iz Poljske) bio je posebno zanimljiv prikaz brojača munja iz 1901. godine iz Mađarske, koji je još i sada sposoban za rad. Prvi pokušaji registracije munja u Mađarskoj potječu iz 90-tih godina prošlog stoljeća (prof. Horváth).

GROMOBRANSKA PRETKONFERENCIJA 1977. U POLJSKOJ

Na posljednje dvije gromobranske konferencije bilo je dosta rasprava (unutar zasebnog termina u radnom dijelu konferencije) o »internacionalizaciji« gromobranskih propisa na evropskom nivou. Tu su akciju neki autori nazvali »harmonizacijom« različitih nacionalnih propisa u jedan zajednički, internacionalni propis. Prvi konkretniji oblik dobila je ta akcija prilikom 12. internacionalne gromobranske konferencije 1973. godine u Portorožu, kada je dan u pismenom obliku sadržaj tih internacionalnih propisa. Na gromobranskoj pretkonferenciji svibnja 1975. godine u Mađarskoj utvrđeno je jednoglasno i jasno da je moguće govoriti i raditi samo o predmetu »preporuka«, jer se na međunarodnom nivou ne mogu donijeti neki propisi. Raspravljano je o prvom nacrtu internacionalnih propisa što ga je predložio austrijski komitet i zaključeno da se primjedbe i dopune unesu u nacrt preporuka. Taj nacrt izradit će mađarski komitet i o njemu će se raspravljati na 13. internacionalnoj konferenciji 1976. u Italiji. Na toj konferenciji razmotren je nacrt tekstualnog dijela međunarodih preporuka za zaštitu od munje. Zaključeno je da taj mađarski nacrt preporuka treba obuhvatiti općenite osnove zaštite, a da se na njegov nacrt daju pismene primjedbe. Mađarski komitet priredit će korigiranu verziju nacrta za pretkonferenciju u proljeće 1977. godine u Poljskoj.

Na gromobranskoj pretkonferenciji 1977. u Poljskoj bio je učesnicima (uglavnom voditeljima tematskih skupina na redovnim konferencijama i predstavnicima zemalja koje nisu aktivno sudjelovale) dan kao osnova za rad koncept osnova zaštite zajedno s dobivenim primjedbama. U opsežnoj diskusiji izvršene su manje korekcije i dopune tog koncepta. Koncept ima naslov: »Međunarodne preporuke za zaštitu od munje. I dio — Općenite osnove«. Glavna poglavlja su ova:

1) Područje primjene, 2) Pojmovi i oznake, 3) Nužnost gromobranske instalacije, 4) Principi zaštite od munje, 5) Hvataljke 6) Odvodi, 7) Uzemljenje, 8) Unutarnja zaštita od munje, 9) Objekti posebne vrste, 10) Materijali za gromobranske instalacije, 11) Ispitivanja. Konačno prihvaćeni nacrt ima samo tekstualni dio, bez formula i detalja. Za 14. konferenciju u Poljskoj 1978. godine pripremit će se i nacrt II dijela pod naslovom »Praktične odredbe«. Dogovoreno je također da će prof. Berger izraditi verziju tih preporuka na francuskom, a prof. Lundquist na engleskom jeziku (osnovna radna verzija bila je izrađena na njemačkom jeziku).

Na toj pretkonferenciji je dalje dogovoreno vrijeme i tok 14. internacionalne gromobranske konferencije 1978. godine u Poljskoj. Konferencija će biti u Gdanjsku od 22. do 26. svibnja; referati će biti — kao i dosad — podijeljeni u 5 osnovnih tematskih skupina. Službeni jezici bit će — također kao dosad — njemački i francuski. Na toj konferenciji će se, međutim, raspravljati i odlučiti o tome da se i engleski jezik uvede kao službeni jezik ovog skupa — i to kao dopunski i novi, ali eventualno i kao zamjena za razmjerno vrlo malo korišten francuski jezik. Sugestija za uvođenje engleskog jezika potječe od prof. Lundquista iz Švedske, koji smatra taj korak važnim ne samo zbog toga što će iduća 15. međunarodna gromobranska konferencija biti 1979. godine u Švedskoj, gdje u tehničkim krugovima vlada engleski kao internacionalni jezik.

Dogovoreno je također da se iduća 15. konferencija održi već 1979. godine, dakle sa smanjenim vremenskim razmakom u odnosu prema prethodnoj 14. Time bi internacionalna gromobranska konferencija došla opet u staru vremensku kolotečinu, u neparne godine održavanja (što je bilo poremećeno s 13. konferencijom 1976. godine). To se smatra dosta važnim i zbog toga da se izbjegne vremensko podudaranje sa zasjedanjima CIGRÉ u parnim godinama. Zbog toga je dogovoreno i stanovito sužavanje tematike za ove dvije gromobranske konferencije. Za 14. konferenciju predlaže se težište tematike na zaštiti od munja osoba i objekata, naročito objekata ugroženih od požara i eksplozije, a za 15. na zaštiti od munje elektronskih uređaja. Za 15. konferenciju u Švedskoj predviđeno je da bude u toku ljeta 1979, a kao mjesto održavanja je predložena Uppsala. Znanstveno-tehničku organizaciju preuzelo je sveučilište Uppsala. Već su također dane sugestije za tematiku: 1) Električna i magnetska polja munje u razmaku 100 km, 2) Struje i naponi inducirani munjom u električnim mrežama iznad i ispod zemlje, 3) Problemi podnašanja dijelovâ, krugovâ i elektronskih sistema za telekomunikacije, prijenos i obradu podataka, 4) Problemi kompatibilnosti vezani za kemikalije, eksplozive i druge neelektrične opasnosti i 5) Metode zaštite. — U diskusiji je naglašeno da je područje zaštite elektronskih uređaja vrlo važno i posebno aktualno, jer o tome još nema iskustvenih podataka. Poznate su već prilične štete koje su zabilježene na različitim stranama svijeta. Tehnika ima u ovom području zasad pogrešnu orijentaciju, pa je zadatak baš ovog međunarodnog skupa da u ovom području dade sugestije i smjernice za zaštitu od munje. Znanstvenika i stručnjaka u svim zemljama bilo bi potrebno animirati i za prikaz mogućnosti rješavanja posebnih problema zaštite od munje, kao što su udari munje u zrakoplove i druge letjelice, u automobile, u jedrilice. Posebno aktualnim i praktično neobično važnim treba pak smatrati područje zaštite od udara munje uređaja za automatsku, kompjutorsku, obradu podataka.

U zaključku treba spomenuti da mnogi naši »gromobranski« stručnjaci aktivno prate i sudjeluju u radu tog međunarodnog skupa. Ovim prikazom želimo pak posebno zainteresirati naše stručnjake u području primjene i korištenja elektronskih uređaja na važnost problematike zaštite tih uređaja od udara munje i animirati ih na sudjelovanje na međunarodnim gromobranskim konferencijama. Smatramo da razmjena iskustava na takvim skupovima ima vrlo veliku praktičnu važnost i korist.

dr ing. ZVONIMIR KRULC
»Geofizika«, Zagreb

Širom svijeta

ISKORIŠTAVANJE ZEMNOG PLINA U SJEVERNOM MORU

Iskorištavanje podmorskih plinskih polja Sjevernog mora predstavlja zajedničku švedsko-norvešku studiju.

Švođani predlažu izgradnju PTE (plinskih termoelektrana) na plutajućim platformama. Istosmjerna struja visokog napona prenosila bi se podmorskim kabelom na kopno, gdje bi se opet pretvarala u trofaznu izmjeničnu struju.

Norvežani su zaključili da su PTE na moru konkurentne sličnim elektranama na kopnu. Projekt predviđa izgradnju dviju platforma. Prva cilindrična platforma, polupotopljena i široka 66 m, ima u sebi ugrađene uređaje za pripremu plina, rezervoare balasta. Proizvodnja električne energije predviđena je na drugoj platformi sa 3 plinske turbine od po 85,0 MW svaka. Stup dužine 35 m povezuje obje platforme.

Čelična platforma je neto-težine 9 400 tona, a sa svim uređajima 47 000 tona. Ukupna joj je visina 62,5 m, a noge 32,5 m. Specijalni način sidrenja smanjuje na minimum valjanje i posrtanje platforme.

Predviđa se instalirana snaga takve PTE od 250 MW, s godišnjom proizvodnjom od $1\,400{,}0 \times 10^6$ kWh, a uz potrošak 5 milijardi m^3 plina.

Prema: RGE 86/1977-9

B. Mr.

PLAN ELEKTRIFIKACIJE KOREJE

Korean Electric Co (KECO) izradila je osnovno rješenje elektrifikacije Južne Koreje. Prema tom planu, do 1985. godine izgradile bi se 6 NTE i 19 TE ukupnog učina 3 950 MW.

Na lokaciji Kori, gdje je već izgrađen prvi NTE od 600 MW, započeta je 1976. godine izgradnja drugoga nuklearnog agregata od 650 MW. Predviđeni završetak radova je 1982. godina, a radove izvodi Westinghouse, Pittsburgh, i GEC, London.

Još jedan agregat NTE od 679 MW gradi u Wolsungu kanadsko poduzeće. Predviđa se da će ući u pogon 1981. godine. U istoj NTE planira se izgradnja još jednog agregata.

U Samchun Po, kraj Seula, predviđa se izgradnja TE instalirane snage 500 MW s dva agregata. Gorivo je bitumenozna masa i teško ulje.

PTE Bupyong (plinska termo elektrana) sa 2×25 MW i PTE Ulsan sa 4×55 MW također su u planu. PTE Ulsan će se graditi u kombinaciji s parnom turbinom od 100 MW u gradnji, pa će ukupna instalirana snaga elektrane iznositi 300 MW. U pogon bi bila puštena 1978. godine.

Japansko poduzeće gradi prvu PHE u Koreji, oko 40 km sjeverozapadno od Seula, koja će biti završena 1980. godine.

Godine 1978. trebalo bi početi s izgradnjom PHE Samranyjim, instalirane snage 300 MW, koja se nalazi oko 300 km južno od Seula.

Prema: Engineering News Record od 9. 6. 1977.

B. Mr.

HE JUAN — ARGENTINA

Ni rijeci Juan, 19 km daleko od grada Juana, gradi se nasuta brana. Širina brane na kruni je 350 m, a volumen brane iznosi $3{,}0 \times 10^6$ m^3 materijala. Akumulacija će iznositi $400{,}0 \times {}^6$ m^3. Voda će pretežno služiti za navodnjavanje. Hidroelektrana će imati 3×15 MW sa 35 m^3/sek. Proizvedena energija davat će se u elektroenergetski sistem Cuyo.

Radovi su započeti 1973. godine, a računa se da će biti završeni 1979/1980. godine.

Prema: Water Power & Dam Construction

B. Mr.

HE RIO GRANDE — NIKARAGUA

Potpisan je ugovor o izgradnji 2. faze HE Copalar na rijeci Rio Grande u Nikaragui. Instalirana snaga hidroelektrane iznosit će 350 MW, a imati će 4 turbine. Nalazi se na rijeci Rio Grande de Matagalpa oko 200 km zapadno od Managua.

Brana je kamena, nasuta preko 100 m visine, široka na kruni 900 m, a moći će akumulirati $13{,}0 \times 10^6$ m^3. Da bi se mogli izvesti radovi, rijeka će se skrenuti pomoću dvaju tunela, promjera ∅ 8,0 m, dužine 700 m.

Prema: Water Power & Dam Construction

B. Mr.

GEOTERMIJSKA ENERGIJA U SAD

Na elektrotehničkom kongresu održanom u Moskvi predstavnici Electric Power Research Institute — California izjavili su da će vjerovatno najekonomičniji izvor energije biti samooplodni reaktor.

Do tada je najpovoljnija geotermija kao izvor energije. Procjenjuje se da će udio geotermije do kraja stoljeća narasti na 40 000 MW, što će, prema procjenama, biti približno udjelu sunčane energije, a manje od sistema ugljen-uran.

Prema: Electrical Review od 24. 6. 1977.

B. Mr.

SURADNJA SOVJETSKOG SAVEZA I FRANCUSKE

Sovjetski Savez i Francuska potpisali su ugovor o izmjeni projektne dokumentacije druge generacije nuklearnih reaktora. Projektna dokumentacija već je izmijenjena na sastanku u lipnju 1977. u Parizu. Sastanku su prisustvovali stručnjaci iz SAD, Francuske, Velike Britanije, SR Njemačke, Japana, Kanade, Australije i SSSR-a.

Kako je poznato, zamijenjena je dokumentacija za francuski prototip Superfenix 1 200 MW i sovjetski BN 600.

Prema: Electrical Review od 24. 6. 1977.

B. Mr.

TE NEKA — IRAN

Na Kaspijskom moru Iran gradi jednu od najvećih termoelektrana s naftom kao gorivom. Radi se o TE Neka 4×71 MVA 21 kV. Jedan generator bi trebao biti u pogonu 1979. godine, a čitavo postrojenje do 1980. godine.

Elektrana će opskrbljivati sjeverni dio Irana s Teheranom, tj. područje sa 3 milijuna stanovnika.

Zanimljivo je da se svi teški dijelovi, pa i stator generatora težak 238,0 t, prevoze brodom iz Mannheima, kanalima kroz Sovjetski Savez i konačno kroz Kaspijsko more do odredišta. Računa se da će putovanje trajati 4 tjedna.

Prema: EW 76/1977-22

B. Mr.

KABEL — ZAŠTITA OD MORSKIH PASA

Nakon višegodišnjih pokusa tvornica kabela Felten & Guilleaume proizvela je prvu količinu kabela kao zaštitu od morskih pasa. Radi se o 600 m kabela koji će se položiti kao zaštita kupača na plaži Margite — Južna Afrika na Indijskom oceanu.

Na kraju kabela je spojen impulsni generator, koji proizvodi visokonaponske strujne udare. Impulsi idu kroz kabel do drugog kraja, a od tamo se vraćaju kroz more, kružno

oko kabela, na impulsni generator. Impulsi djeluju samo kraj tabela, za ljude su neopasni, a kod morskih pasa uzrokuju jake boli.

Prema: EW 76/1977-20

B. Mr.

VEĆI DIO NAFTE TREBA JOŠ OTKRITI

Preko 21 milijardu dolara (ili više od 50 milijardi DM) potrošila je svjetska naftna industrija (bez »istočnog bloka«) u 1976. god. za istraživanje i crpljenje nafte i plina. Bitni dio te svote otpada na izdatke za oko 42 000 bušotina, što su izbušene 1976. god. u cijelom svijetu radom 3 000 bušilačkih ekipa. U svojoj najnovijoj publikaciji »3000 Teams« »ESSO« izvještava da se prosječni troškovi produktivne bušotine kreću u SAD oko 0,4 milijuna DM, a u Sjevernom moru oko 10 milijuna DM. Istražne bušotine znatno su skuplje. Tako npr. izvođenje 7 000 m duboke bušotine u SRNJ traje oko 540 dana i zahtijeva 15 do 20 milijuna DM.

Dosad je na svijetu izvan »istočnog bloka« pronađeno više od 116 milijardi tona nafte. Od toga je do kraja 1976. god. izvađeno oko 40 milijardi tona. Geolozi kompanije »ESSO« pretpostavljaju da time nije istražena ni polovica svih na svijetu postojećih nalazišta nafte. Kod zemnog plina čekaju još dvije trećine mogućih rezervi na otkrivanje.

»Das meiste Öl harrt noch der Entdeckung«. = Erdöl und Kohle = 30, 1977, 5, S. 242 — 'Ländernachrichten'

Z. K.

ZNAČENJE URANA KAO IZVORA ENERGIJE

Očekuje se da će svjetska potreba energije različitih izvora do 1985. god. porasti približno na 13 milijardi tona uvjetnog goriva (1975. bila je 5 milijardi tona). Danas potrebe energije pokriva nafta sa 45%, ugljen 31%, prirodni plin 16% i ostali oblici energije 8% (od čega oko 2% nuklearni izvori). Zapaža se tendencija smanjenja udjela nafte i oštrog porasta nuklearne energije. To traži povećanje rezervi uranovih ruda. Dana je informacija o tipovima ležišta uranskih ruda. Prikazane su i metode istraživanja i eksploatacije rudnih ležišta, kao i podaci o rezervama urana u svijetu. Razmatra se i problem radiacione zaštite rudarenja na uranskim ležištima.

E. Gartner, »Die Bedeutung des Energirträgers Uran. Uranium reserves as energy resources«. = Braunkohle = 29, 1977, No. 1—2, S. 1—7.

Z. K.

ELEKTROPRIVREDA
ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU, PRIJENOS I KUPOPRODAJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

ZAGREB, Proleterskih brigada 37 • Telefon: 513-072 i 513-822

Vijesti iz elektroprivrede

ELEKTRIFIKACIJA LIKE

Plan izgradnje elektroenergetskih objekata zacrtan za razdoblje 1976. do 1980. godine za područje ličke regije uspješno se ostvaruje. U 1977. godini izgrađen je DV 35 kV Lički Osik — Udbina dug oko 33 km i DV 35 kV Gračac — Srb dug 33 km. Vrijedna je izgradnja i TS 35/10 kV u Udbini, Srbu, Gospiću i u Ličkom Cerju.

Gradnju dalekovoda izvele su ekipe zagrebačkog »Dalekovoda«.

Kompletnu opremu za te transformatorske stanice isporučila je tvornica »Rade Končar«.

Izgradnjom navedenih prijenosnih postrojenja stvaraju se povoljni uvjeti za ubrzani razvoj elektrifikacije ličke regije. Puštanjem u rad tih dalekovoda trajno se rješavaju problemi opskrbe električnom energijom područja općina Gospić, Srba, Udbine, Donjeg Lapca i okolnih naselja.

Investicije za ostvarenje tog programa osigurala je OOUR »Elektrolika« iz Gospića, te Republički SIZ potrošača i Zajednica elektroprivrede Hrvatske. Osim toga »Elektrolika« uložila je znatna financijska sredstva za stvaranje što povoljnijih radnih uvjeta za zaposlene radnike na cijelom području Like. Izgrađene su nove zgrade za područne urede u Otočcu, Gračacu, Donjem Lapcu i Titovoj Korenici. Uz te objekte sagrađeno je desetak garaža za terenska vozila. U Gospiću je u toku gradnja većeg poslovnog objekta za smještaj svih ureda »Elektrolike«.

I. R.

TE »ŠOŠTANJ 4« U POGONU

U probni pogon je puštena TE »Š o š t a n j 4« instalirane snage 335 MW, s proizvodnim kapacitetom 1 800 GWh električne energije godišnje. Izgradnjom novog postrojenja energetski kompleks u Šoštanju, s četiri termoelektrane, ukupne instalirane snage 745 MW, treći je po snazi energetski objekt u Jugoslaviji.

Sa svojim uređajima pripada među najmodernija postrojenja u Evropi i svijetu. Treba istaknuti da je ta termoelektrana izgrađena u točno planiranim rokovima.

I. R.

TE PLEVLJE I

Radna organizacija TE Plevlje I u osnivanju i tvornica »Đuro Đaković« iz Slavonskog Broda, potpisali su ugovor o isporuci opreme za termoelektranu koja će imati instaliranu snagu 210 MW. Buduća TE Plevlje I koristit će se lignitom koji se nalazi u velikim količinama na plevaljskom području.

Tvornica »Đuro Đaković« je glavni isporučilac opreme, a obavit će i najopsežnije montažne radove. Ugovorena je isporuka opreme kotlovskog postrojenja i cjevovodnog sistema.

Programirano je da TE Plevlje I počne s radom 1980. godine.

I. R.

UGOVORENA GRADNJA NAFTOVODA

Predstavnici Jugoslavenskog naftovoda u izgradnji, te udruženje montažera »Monting« iz Zagreba i francuske tvrtke »Spiebatignolles Nacap« potpisali su ugovor o gradnji prve dionice naftovoda od Omišlja na otoku Krku do Siska dužine oko 178 km. Gradnja te prve faze Jugoslavenskog naftovoda počela je podkraj listopada 1977. godine. Predviđeno je da kompletna izgradnja te dionice bude završena sredinom 1978. Za tu izgradnju investirat će se oko 600 milijuna dinara.

U Zagrebu su potpisani ugovori s domaćim izvođačima za gradnju dionice Sisak — Bosanski Brod, Virje — Lendava i Bosanski Brod — Pančevo u ukupnoj dužini oko 470 km.

Ugovorom su obuhvaćene i pripreme gradnje terminala u Virju, Bosanskom Brodu i Novom Sadu, kao i prijelazi cijevi naftovoda preko rijeka Save (na tri mjesta) i Tise.

Taj posao i kompletne radove investitor je povjerio »Naftogasu« iz Zrenjanina, a glavni kooperanti su poduzeća »Industrogradnja« Zagreb i »Ivan Milutinović« iz Beograda. Vrijednost tih poslova je oko 750 milijuna dinara, a planirano je da će biti izvedeni polovicom 1977. godine.

I. R.

POČETAK GRADNJE »ĐERDAP II«

Nastavak iskorištenja hidroenergetskog sistema na Dunavu predviđena je gradnja HE »Đerdap II«, instalirane snage 432 MW (po 216 MW za Jugoslaviju i Rumunjsku). Otvorena su nova radilišta za početak gradnje te elektrane. Lokacija drugog postrojenja je oko 80 km od postojeće HE »Đerdap I«, a glavni objekti su: dvije elektrane, dvije brodske prevodnice, te dvije preljevne brane i dvije nepreljevne brane, kao i drugi veći prateći objekti.

Nova hidroelektrana na Dunavu raspolagat će sa 16 hidroagregata, a proizvodni kapacitet iznosit će oko 2,5 milijarde kWh električne energije godišnje. Programirano je da svi radovi budu završeni do početka 1984. godine. Investicijska ulaganja prema procjenama investitora iznosit će oko 7,8 milijardi dinara.

Da bi se hidroenergetski sistem »Đerdap« što racionalnije iskoristio, elektroprivreda Jugoslavije i Rumunjske planira i gradnju crpno-akumulacione HE »Đerdap III«. Ta bi elektrana bila izgrađena na desnoj obali Dunava oko 160 km nizvodno od Beograda.

I. R.

PROJEKTI PRIJENOSNIH OBJEKATA

Poduzeće »Elektroprenos« iz Splita s Projektnim biroom »Dalekovoda« iz Zagreba sklopio je ugovor o izradi glavnog projekta DV 110 kV Blato—Korčula na otoku Korčula. Izgradnjom tog dalekovoda bit će i otok Korčula povezan sa 110 kV dalekovodom, jer je podmorski kabel 110 kV Hvar—Korčula još ranije položen.

Gotov je i projekt DV 110 kV Kraljevac—Buško Blato, tako da uskoro počinju izvedbeni radovi.

Nadalje je odlučeno da se pristupi izradi glavnog projekta za novu transformatorsku stanicu 220/110 kV u Splitu. Ta nova stanica isključivo će služiti za potrošnju Splita.

U planu izgradnje prijenosnih postrojenja splitskog »Elektroprenosa« u toku su radovi na gradnji nekoliko transformatorskih stanica.

Izgrađuje se TS 110/35 kV Opuzen koja će služiti za potrebe željezničke vuče, industrije Donje Neretve, luke Ploče, te PIK Neretva i dr.

Radovi na gradnji TS 110/35 kV Obrovac ulaze u završnu fazu. Ta stanica služit će za opskrbu električne energije tvornici glinice koja je u izgradnji na području Obrovca.

Dovršava se i gradnja TS 110/35 kV Stari Grad na otoku Hvaru.

I. R.

PLINOVOD KROZ ZAGORJE

Početkom rujna 1977. godine organizirani su glavni radovi gradnje magistralnog plinovoda od granice SR Slovenije i Hrvatske prema Krapini, odnosno Zaboku, Zaprešiću i dalje prema Zagrebu.

Planirano je da dionica plinovoda Rogatec—Krapina—Zabok i drugi krak prema Lendavi budu završeni do kraja lipnja 1978.

Plinovod kroz Hrvatsko Zagorje nastavlja se prema zapadnom dijelu Zagreba. Uz magistralni plinovod kroz Zagorje izgradit će se mreža lokalnih veza preko kojih će se plin dovoditi do potrošačkih centara pojedinih općina.

Izgrađena mreža plinovoda u SR Sloveniji i SR Hrvatskoj preko plinovodne mreže Austrije i Čehoslovačke transportirat će prirodni plin uvezen iz SSSR-a. Poduzeće »INA« iz Zagreba i »Petrol« iz Ljubljane sklopili su dugoročne ugovore u uvozu prirodnog plina iz Sovjetskog Saveza, i to 600 do 800 milijuna Nm^3 godišnje.

I. R.

ELEKTRIČNA ENERGIJA ZA NAFTOVOD

Opsežni građevni i montažni radovi na gradnji Jugoslavenskog naftovoda zahtijevaju veće količine stalne i kvalitetne električne energije. Osim izvođenja priključaka na postojeću potrošačku mrežu, potrebno je pristupiti gradnji jačih prijenosnih objekata koji će prvenstveno služiti potrebama naftovoda.

Jugoslavenski naftovod u izgradnji i INA sporazumjeli su se s »Dalekovodom« iz Zagreba o gradnji novih vodova. Zbog opsežnih radova na početnoj točki naftovoda u Omišlju trošit će veće količine energije, te je odlučeno da se gradilište napaja iz 110 kV mreže. Otpočela je gradnja DV 110 kV TS Krk—Omišalj, dugog oko 9,2 km. Vod će se izvesti na čeličnorešetkastim pocinčanim stupovima, s vodičima Al Fe 240/40 mm^2, zaštitnim užetom AlMg 1/Fe presjeka 95/55 mm^2 i staklenim izolatorom K—120 domaće proizvodnje.

Drugi prijenosni objekt jest gradnja DV 35 kV Vinodol—Plase s ulazom u TS 35/6 kV Melnica. Čeličnorešetkaste stupove isporučio je »Dalekovod«. Taj vod uskoro će biti uključen u rad, za gradnju i opremu investirano je oko 160 milijuna dinara.

I. R.

NASTAVAK GRADNJE 400 kV MREŽE

Daljnja realizacija »Programa izgradnje osnovne 400 kV mreže Jugoslavije« na području SR Hrvatske u 1977. godini odvija se u granicama predviđenim planovima. Uglavnom su završeni radovi dionice dvostrukog DV 400 kV Zagreb—Sutla dugog oko 32 km, to je dio voda 400 kV Zagreb—Krško. Investitor tog dalekovoda je poduzeće »Elektroprenos« iz Zagreba. Nakon već izgrađene dionice Kamensko—Zagreb i Zagreb—Sutla dio 400 kV mreže koji otpada na zagrebački »Elektroprenos« u cijelosti je gotov. Preostaju radovi na gradnji TS 400/100 kV Zagreb I, snage 2 × 300 MVA.

Kod Rijeke na području poduzeća »Elektroprenos« organizirani su početni radovi na dionici DV 400 kV RS Brinje—Zrmanja, oko 121,2 km. U završnoj fazi su glavni radovi dionice DV 400 kV TS Divača—Melina (kraj Rijeke), u dužini od 25,8 km.

Tehnički podaci ove dionice jesu: stupovi čeličnorešetkasti, oblika »Y«, vodiči u snopu 3 × 490/110 mm^2, djelomično i presjeka 490/65 mm^2, zaštitno uže alumoweld NO. 19. Izolatori su sovjetske proizvodnje, armirani u zemlji, spojni i ovjesni materijal su proizvod »Dalekovoda«.

U okviru programa izgradnje prijenosnih objekata »Elektroprenosa« iz Matulja uspješno je završena gradnja prve dionice 400 kV dalekovoda elektroenergetskog prstena »Nikola Tesla« od transformatorske stanice Melina do Brinja dugog oko 59 km.

U dalekovod je ugrađeno 216 stupova čeličnorešetkaste konstrukcije s prosječnom težinom svakog stupa od 19 tona. Ugrađena su po dva vodiča u snopu u svaku od tri faze, te utrošeno oko 357 km aluminijsko-čeličnog vodiča.

DV 400 kV Melina—Brinje privremeno će biti u eksploataciji pod naponom 220 kV, sve do potpune izgradnje TS Melina čija je gradnja u toku. Nakon toga će ova dionica biti isključena i spojena na dionicu Brinje—Zrmanja—Konjsko. Time će se stvoriti jedinstvena prijenosna linija 400 kV Melina—Konjsko bez veze u TS Brinje.

Glavne građevne i montažne radove na tim dionicama izvode stručne ekipe poduzeća »Dalekovod« iz Zagreba, a nadziru ih stručnjaci »Elektroprenosa« iz Matulja.

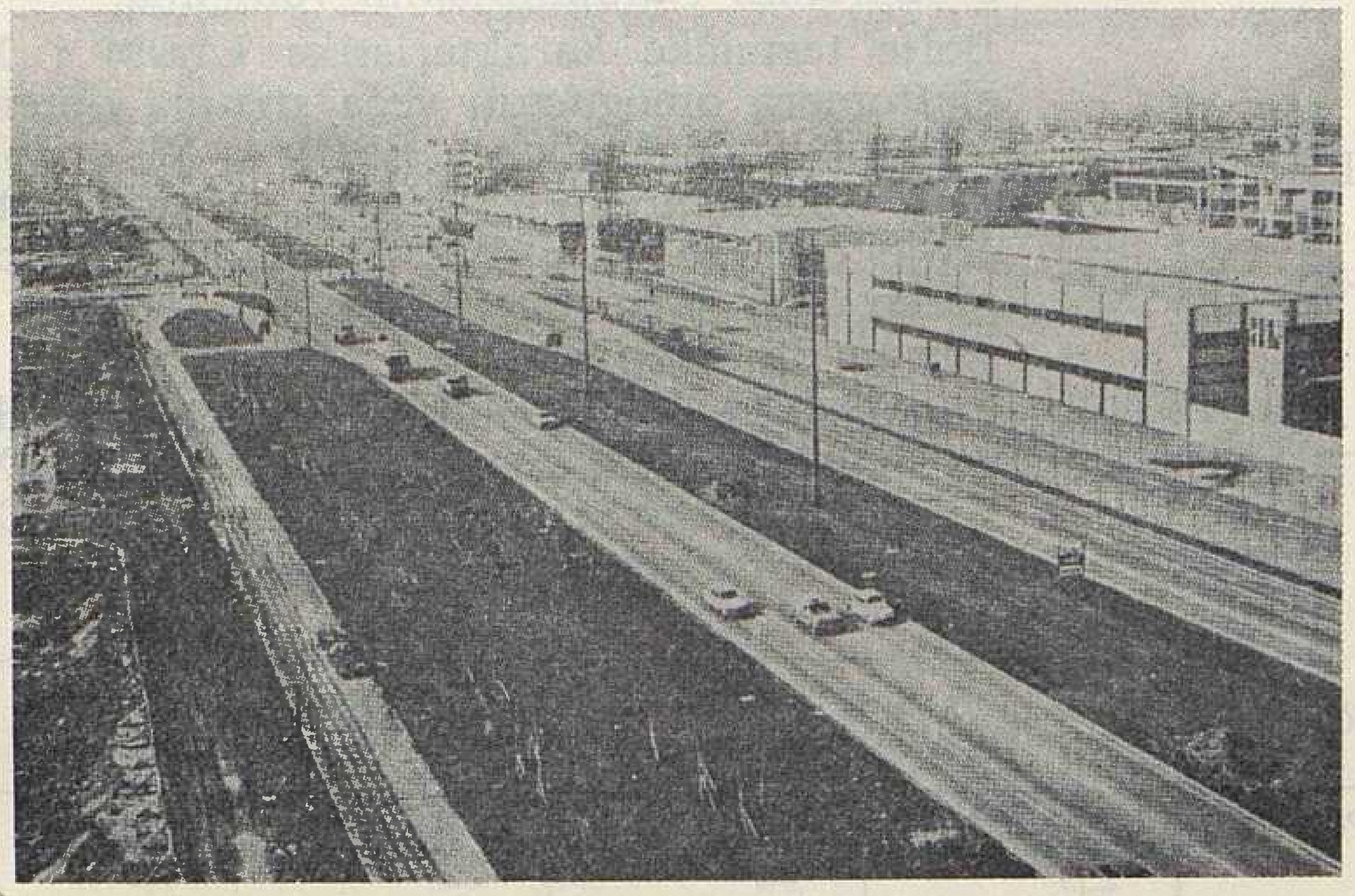
Na području investitora »Elektroprenosa« iz Splita počeli su izvedbeni radovi na gradnji dionice DV 400 kV Konjsko—Obrovac duge 89,6 km. Planirano je da kompletni radovi na toj dionici budu završeni potkraj 1978. godine.

I. R.

Hidroelektra GRAĐEVNO PODUZEĆE

41000 **ZAGREB, LESKOVAČKA 10**

TELEFON: 041 — 512-122, TELEX: 21-603 YU HIDREL PP 247



ALEJA BORISA KIDRIČA U ZAGREBU

IZVODI SVE VRSTE OBJEKATA:

HIDROELEKTRANE
NUKLEARNE ELEKTRANE
TERMOELEKTRANE
AUTOPUTEVE
CESTE
MOSTOVE
VIJADUKTE
KANALE
INDUSTRIJSKE OBJEKTE
HOTELE
I OSTALO.

RADNA ORGANIZACIJA

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB, Šubićeva 38

Program proizvodnje srednjonaponskih energetskih kabela

Redoviti program proizvodnje srednjonaponskih energetskih kabela tvornice ELKA obuhvaća energetske kabele od 1 do 35 kV.

Kabeli se proizvode u trožilnoj i jednožilnoj izvedbi, armirani i nearmirani, s aluminijskim i bakrenim vodičima i u četiri najvažnije vrste izolacija:

— PVC = polivinilklorid
— EPDM (EPR) = etilen — propilen
— PE = polietilen
— XPE = umreženi polietilen.

Najvažniji tipovi srednjonaponskih kabela grupirani prema naponskim nivoima su slijedeći:

3,6/6 kV, 3-žilni:

— PP-40, PP-41, PP-44, PP-45
s PVC izolacijom.

6/10 kV, 3-žilni:

— PHP-48, PHP-84, PHP-85
s PVC izolacijom
— EpHP-48, EpHP-81, EpHP-84, EpHP-85
s EPDM izolacijom
— XPH-48, XPH-81, XPH-84, XPH-85
s XPE izolacijom.

12/20 kV, 1-žilni:

— EHP-48 s PE izolacijom
— XPH-48 s XPE izolacijom.

20/35 kV, 1-žilni:

— EpHP-48 s EPDM izolacijom
— XHP-48 s XPE izolacijom.

Osim ovih varijanata moguće su i neke druge konstrukcijske izvedbe u skladu s JUS ili drugim inozemnim propisima ili standardima, odnosno prema posebnim pogonskim potrebama.

Treba napomenuti da kod energetskih kabela valja uspoređivati strujnu cijenu kabela, dakle izraženu u d/km, A, jer je samo tako moguće usporediti dva kabela istog napona i presjeka.

Kabeli izolirani s XPE-om ili EPDM-om čija je termička klasa 90° C mogu trajno voditi znatno veću struju od kabela izoliranih papirom ili polietilenom termičkih klasa 65° C odnosno 70° C.

Primjera radi navodimo strujna opterećenja u amperima za nekoliko presjeka 10 kV kabela izoliranih EPDM-om (tip EpHP — 48), PVC-om (tip PHP-48) i papirom tip (IPO-13) s bakrenim i aluminijskim vodičima.

Bolje termičke karakteristike EPDM i XPE elestomera omogućuju veća strujna opterećenja kabela, pa kabeli s EPDM i XPE izolacijama imaju preko 25% veće strujno opterećenje od kabela s PVC izolacijom, odnosno preko 20% veće opterećenje od kabela s papirnom izolacijom.

To znači da je uz približno istu cijenu kabela po metru strujna cijena EPDM odnosno XPE kabela za toliko niža od strujne cijene PVC-om odnosno papirom izoliranog kabela.

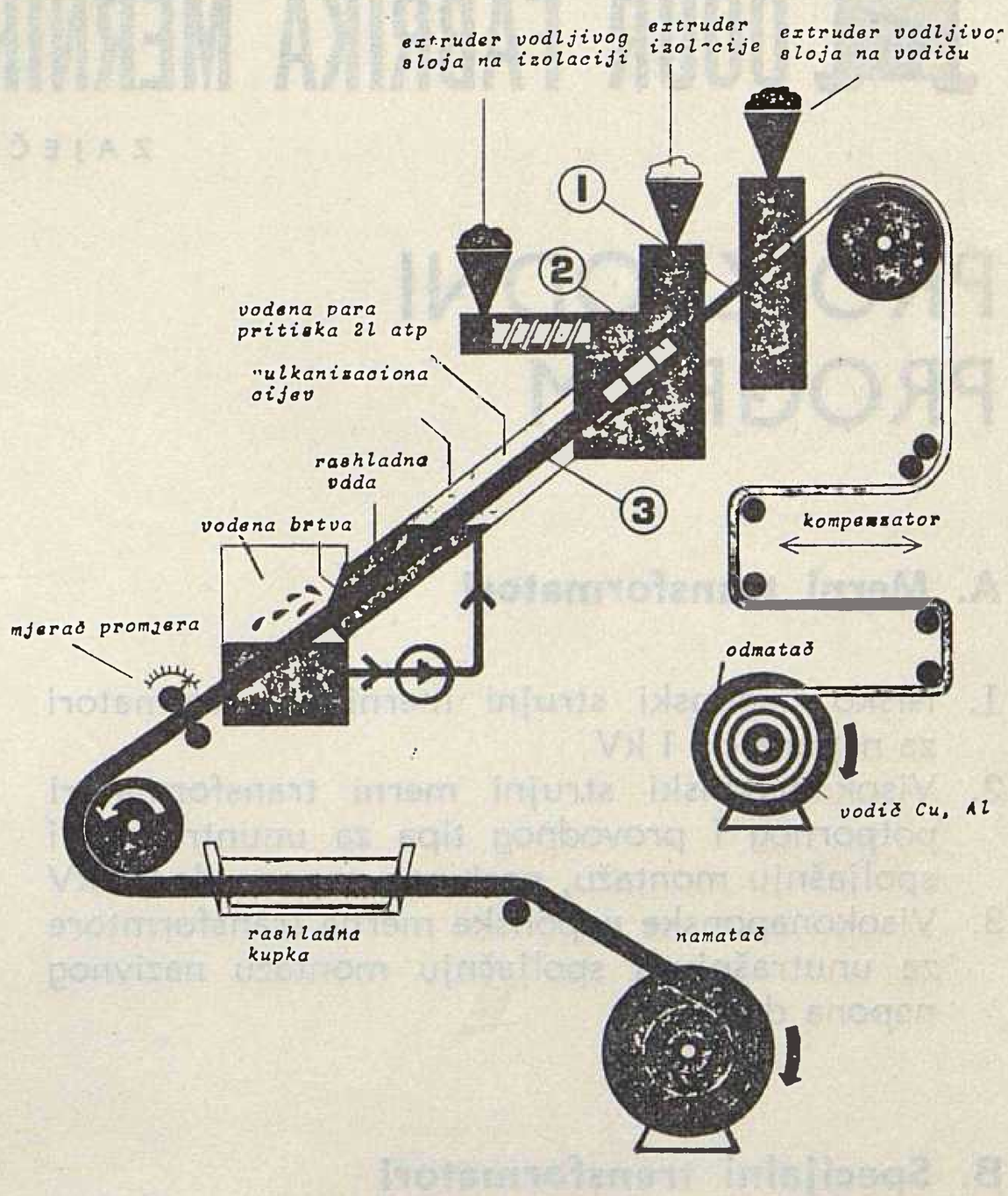
Presjek vodiča	Vodič bakar			Vodič aluminij		
mm²	EpHP—48	PHP—48	IPO—13	EpHP—48	PHP—48	IPO—13
3 × 95	315	245	255	—	—	—
3 × 120	360	280	290	—	—	—
3 × 150	—	—	—	315	245	255
3 × 185	—	—	—	355	280	285

Nova tehnologija — izvanredna kvaliteta

Elka je prva u zemlji uvelá i zasad jedina proizvodi srednjonaponske kabele postupkom izoliranja u troslojnoj ekstruziji.

U takvom procesu se sva tri sloja (vidi shematski prikaz), brizgaju istovremeno i to:

a) prvi poluvodljivi sloj na vodiču
b) izolacija XPE i EPDM
c) drugi poluvodljivi sloj na izolaciji.



Na taj način se postiže:

— Kvalitetan i čvrst spoj poluvodljivih slojeva čime se osigurava dugotrajan i pouzdan pogon kabela, bez pojave oslabljenja naponskog vijeka trajanja kabela zbog povišenih izbijanja na spojevima slojeva.

— Difuzija molekula vode u izolaciju u procesu proizvodnje je smanjena na minimum, a time je na minimum svedena pojava vodenog »treeinga«.

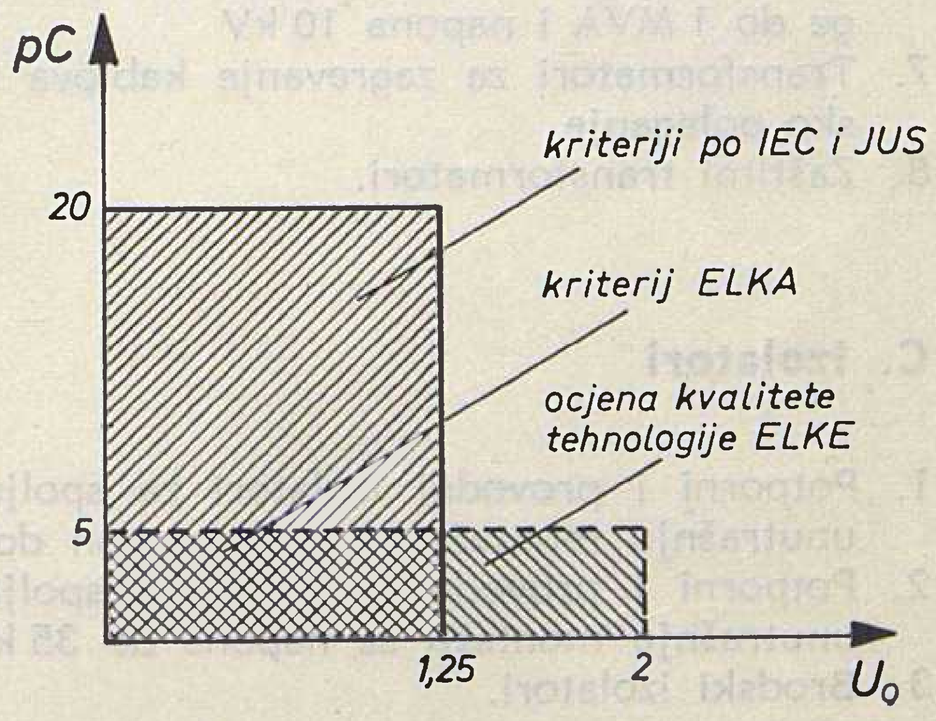
— Drugi poluvodljivi sloj preko izolacije predstavlja dodatni zaštitni sloj u slučaju da dođe do oštećenja PVC plašta kabela kod polaganja ili u eksploataciji.

Ispitivanje srednjonaponskih kabela

Sva ispitivanja, tipska i rutinska provode se prema IEC standardu, publikacija 502-1 i JUS N.C5.225, N.C5.235 i N.C5.245.

Visoki tehnološki nivo proizvodnje osigurava izvanrednu kvalitetu srednjonaponskih kabela što pokazuju ispitivanja parcijalnih izbijanja prema donjem diagramu.

Elka daje sve potrebne stručne savjete i pomoć u vezi spajanja, polaganja i projektiranja kabelskih trasa.



OOUR »K A B E L«, Zagreb • OOUR »M I K R O K A B E L«, Tugonica

Telefon: 412 - 211; Telex: 21 - 193 • Telegram: E L K A ; P. O. B. 150

RUDARSKO TOPIONIČARSKI BASEN BOR
INDUSTRIJA PRERADE BAKRA

OOUR FABRIKA MERNIH TRANSFORMATORA

ZAJEČAR

PROIZVODNI PROGRAM

A. Merni transformatori

1. Nisko naponski strujni merni transformatori za napone do 1 kV
2. Visokonaponski strujni merni transformatori potpornog i provodnog tipa za ununtrašnju i spoljašnju montažu, nazivnog napona do 35 kV
3. Visokonaponske naponske merne transformtore za unutrašnju i spoljašnju montažu nazivnog napona do 35 kV.

B. Specijalni transformatori

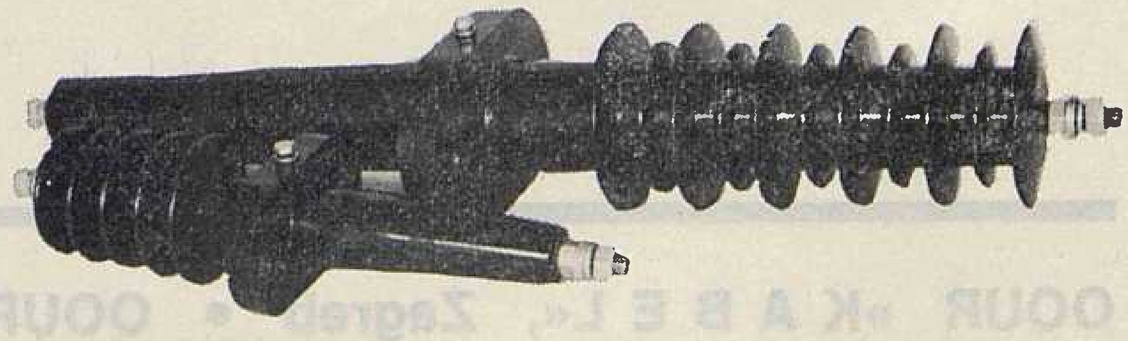
1. Kablovski transformatori
2. Međutransformatori za diferencijalnu zaštitu
3. Zbirni transformatori
4. Laboratorijski transformatori
5. Transformatori sa velikim termičkim i dinamičkim strujama
6. Suvi energetski transformatori u araldítu snage do 1 MVA i napona 10 kV
7. Transformatori za zagrevanje kablova za zimsko polaganje
8. Zaštitni transformatori.

C. Izolatori

1. Potporni i provodni izolatori za spoljašnju i unutrašnju montažu za niski napon do 1 kV
2. Potporni i provodni izolatori za spoljašnju i unutrašnju montažu za napone do 35 kV
3. Brodski izolatori.

D. Razvoj

1. Strujni i naponski merni transformatori za napone 110 i 220 kV.



Telefon: 019 22-280, 22-135, 22-077, 22-121, Direktor 22-683, Komerc. 22-699 FMT Zvezdan — Zaječar · Telex: 16597 YU fmt zv

GOD. 27 (1978) energija BROJ 3 — 4

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

METODA ZA IZRADU ENERGETSKIH BILANCA

Hrvoje Požar, Zagreb

Prikazan je metodološki pristup za izradu energetskih bilanca nekog područja. Pošto je definirana osnovna shema toka energije, razrađena je metoda za određivanje energije potrebne za opskrbu potrošača energetske transformacije i energije transformiranih oblika. Posebno je razmatrana energija za pogon energetskih postrojenja, energija predana potrošačima i korisna energija iskorištena kod potrošača.

DK 620.9

1. SVRHA ENERGETSKIH BILANCA

Energetske bilance obuhvaćaju tokove svih oblika energije u nekom području ili državi sa svrhom da se na prikladan način prikaže iskorištenje primarnih oblika energije, energetske transformacije, upotreba transformiranih oblika, uvoz i izvoz primarnih i transformiranih oblika energije, zatim upotreba pojedinih oblika energije za opskrbu potrošačkih grupa (industrija, transport, opća potrošnja), te korisni oblici u koje se konačno transformiraju svi iskorišteni oblici energije. Energetska bilanca u biti je energetska statistika posebna oblika, koja prati tokove energije od njezine pojave u energetskoj privredi područja ili zemlje do njezina prijelaza u energiju.

Energetske bilance sadržavaju podatke o strukturi oblika energije, a svi oblici moraju biti prikazani u istim mjernim jedinicama, kako bi se lakše mogli uspoređivati podaci i, bez preračunavanja, odrediti mogućnost supstitucije uz izračunavanje stupnjeva djelovanja pojedinih transformacija i energetskog sistema u cjelini. To, međutim, ne znači da se parcijalne bilance ne mogu izrađivati i u mjernim jedinicama koje se najčešće upotrebljavaju za pojedine oblike energije (npr. ugljen u tonema ekvivalentnog ugljena, električna energija u GWh itd.).

2. OSNOVNA SHEMA TOKA OBLIKA ENERGIJE

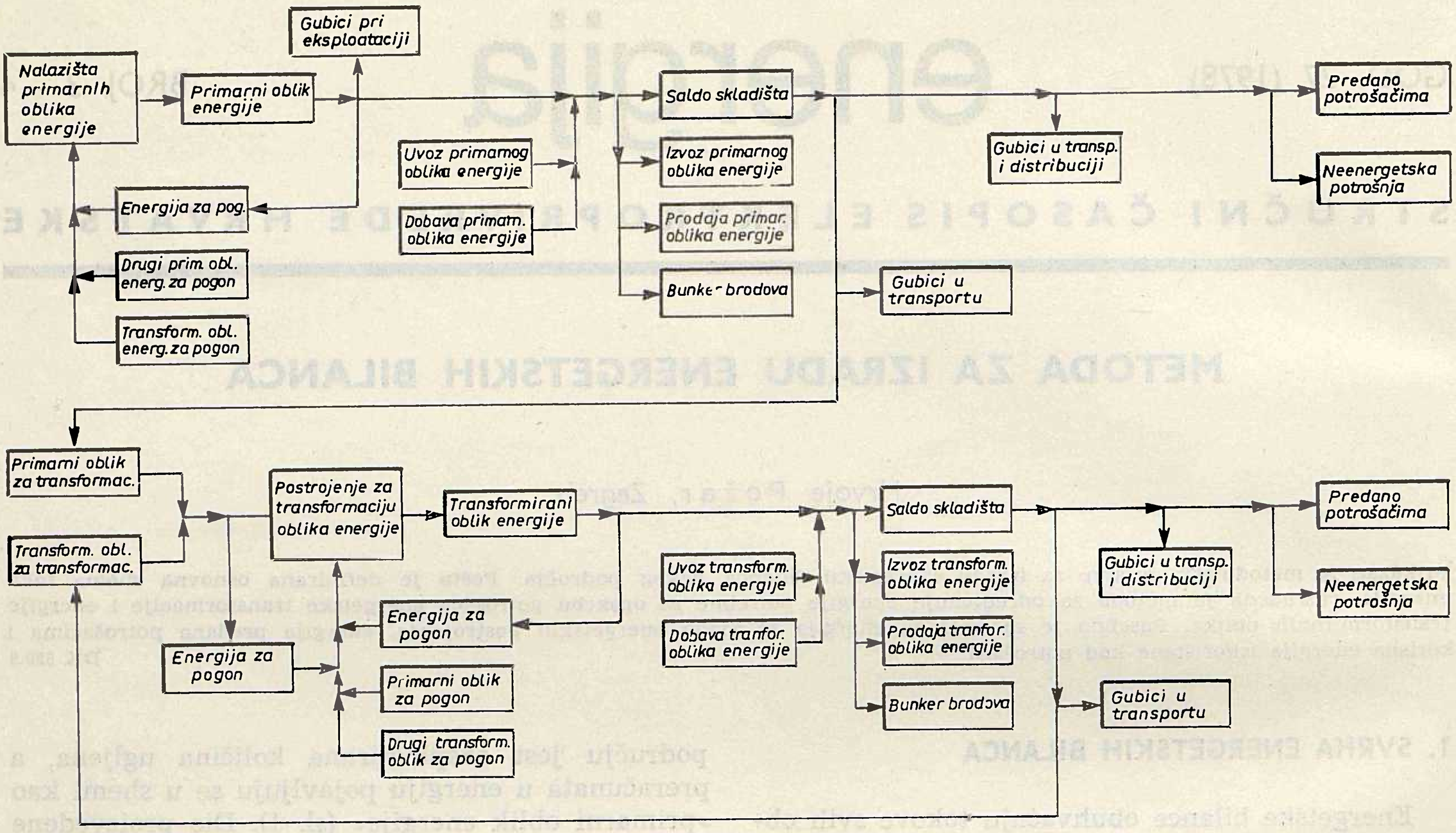
Prilikom izrade energetskih bilanca korisno je poći od sheme toka energetskih oblika (sl. 1).

Počinje se od podataka o eksploataciji nalazišta primarnih oblika energije pod kojom se misli npr. na količinu ugljena izvađenog iz nekog rudnika ili sirove nafte dobivene iz neke bušotine. Zbroj količina ugljena iz svih rudnika na promatranom području jest eksploatirana količina ugljena, a preračunata u energiju pojavljuju se u shemi kao »primarni oblik energije« (sl. 1). Dio proizvedene primarne energije promatranog oblika troši se za pogon postrojenja pomoću kojeg se eksploatira nalazište (»energija za pogon»). Za pogon postrojenja za eksploataciju nalazišta potrebni su, osim toga, i »drugi primarni oblici energije za pogon«. Naravno da oblici energije za pogon ovise o vrsti nalazišta i tehnologiji eksploatacije. Ta energija — energija za pogon postrojenja — mogla bi se tretirati kao i svaka druga koja je predana potrošačima, ali se ona obično izdvaja i posebno prikazuje kako bi se naglasilo da je to energija potrebna za energetsku privredu.

Ponekad nastaju gubici primarnog oblika energije pri eksploataciji nalazišta i to nakon što je dobiven eksploatirani energetski oblik (npr. izgaranje zemnog plina na bakljama). Stoga te količine »gubici pri eksploataciji« treba uključiti u energetsku bilancu.

Neki primarni oblici energije predmet su međunarodne trgovine (ugljen, sirova nafta, zemni plin), pa je moguć njihov izvoz i uvoz, što treba također uključiti u energetsku bilancu (»izvoz primarnog oblika energije« i »uvoz primarnog oblika energije«, sl. 1). Kad se, međutim, promatra dio neke države (npr. republika u SFRJ), treba računati s mogućnošću uvoza iz drugih republika (»dobava primarnog oblika energije«).

Kad se izrađuju energetske bilance pojavljuje se dilema o načinu obračuna onih oblika energije koji se utovaruju na brodove za njihov pogon (»bunker brodova«). Te se količine posebno iskazuju jer se one moraju osigurati na promatranom području, iako se izvan njega troše. Danas obično »bunker brodova« znači količine oblika energije što ih za svoj pogon preuzimaju brodovi u lukama promatranog područja, ali koje plove izvan teritorijalnih voda bez obzira na njihovu zastavu.



Sl. 1.

Tu su osim trgovačkih i ratni i ribarski brodovi. Pogonsko gorivo za brodove lokalne plovidbe nije, prema tome, uključeno u bunker brodova.

Većinom se primarni oblici energije spremaju u skladišta, kako bi se premostile razlike između proizvodnje i potrošnje, te se stanje u skladištima na kraju promatranog vremenskog razdoblja (obično jedna godina) najčešće razlikuje od onoga na njegovu početku. Ta se razlika stanja na skladištima (»saldo skladišta«) ne smije izostaviti prilikom izrade energetskih bilanca ako se želi točnije ustanoviti raspoloživa količina oblika energije.

Dio primarnog oblika energije upotrebljava se za transformaciju u druge oblike energije, a dio se upotrebljava za zadovoljenje potreba potrošača u svom primarnom obliku. Prilikom transporta od nalazišta ili iz skladišta do postrojenja za transformaciju, do potrošačkih centara ili velikih potročaša nastaju gubici u transportu, a kad je riječ o opskrbi malih potrošača, i gubici u distribuciji. Energija predana potrošačima (»predano potrošačima«) transformira se u njihovim uređajima i postrojenjima u neki korisni energetski oblik i tom se pretvorbom završava tok oblika energije. Njegova se energija konačno pretvara u anergiju koja prelazi u okolinu.

Od raspoložive energije promatranog primarnog oblika dio se može iskoristiti u neenergetske svrhe (npr. ugljen kao sirovina za karbokemijsku industriju, zemni plin za proizvodnju umjetnih gnojiva). To je »neenergetska potrošnja« na sl. 1.

Kao što je već spomenuto, dio se primarnog oblika energije upotrebljava za transformaciju u drugi energetski oblik. Ima, međutim, slučajeva kad se i transformirani oblici ponovno transformiraju u neki drugi energetski oblik. Prema tome, treba razlikovati »primarni oblik za transformaciju« i »transformirani oblik za transformaciju«.

Dio primarne ili transformirane energije dovedene u postrojenje za transformaciju upotrebljava se za pogon toga postrojenja (»energija za pogon«), ali se za pogon može upotrebljavati i oblik energije u koji je transformirana dovedena energija. Nekada je potreban neki drugi transformirani pa čak i primarni energetski oblik za pogon postrojenja za transformaciju.

Transformirani oblici energije mogu se izvoziti i uvoziti, a neki od njih mogu se uskladištiti i služiti za pogon brodova. Prema tome, i za transformirane oblike pojavljuje se »izvoz«, »uvoz«, »dobava«, »prodaja«, »bunker brodova« i »saldo skladišta«. Također treba uračunati gubitke u transportu i distribuciji, a može se osim energije predane potrošačima za pretvorbu u korisne energetske oblike pojaviti i »neenergetska potrošnja«.

Često tok energije nije tako jednostavan kao što je prikazano na sl. 1. Primarni oblici energije mogu se pretvarati u različite transformirane oblike (ugljen npr. u brikete, koks, gradski plin, električnu energiju, paru i vrelu vodu), ali su često transformirani oblici energije podvrgnuti i daljim energetskim pretvorbama. Tako ima pojava i nekoliko sukcesivnih energetskih transformacija. Pumpno-akumulacijsko postrojenje primjer je takva procesa. Tad se npr. sirova nafta u rafineriji transformira u loživo ulje, ono u termoelektrani

u električnu energiju, a pomoću nje se u pumpno-akumulacijskom postrojenju podiže voda u akumulacijski bazen, pa se električna energija pretvara u potencijalnu energiju vode, da bi se poslije — kad to ustreba — ta potencijalna energija nanovo transformirala u električnu u turbinskom pogonu pumpno-akumulacijskog postrojenja.

Za sve te transformacije, međutim, može se pogodnim međusobnim spajanjem upotrijebiti shema na sl. 1.

3. ENERGIJA POTREBNA ZA OPSKRBU POTROŠAČA

Često se postavlja pitanje koliko je energije potrebno za opskrbu potrošača na nekom području. I koliko se god to pitanje činilo jednostavnim, na njega nije moguće tako jednostavno a ni jednoznačno odgovoriti. Teškoće u prvom redu nastaju zbog energetskih transformacija koje imaju različite stupnjeve djelovanja. Ukupna potrebna energija ovisi o postojećim energetskim transformacijama, a njihovo postojanje ovisi, o postojećim oblicima energije koji se dadu transformirati, ali i o oblicima koje traže potrošači. Zbog toga i potrebna energija ovisi o karakteristikama područja: o strukturi energetskih izvora i o strukturi potrošača.

Dalju teškoću čini uvoz i izvoz, te dobava i prodaja transformiranih oblika energije. Kad se ustanovljuje energija potrebna za neko područje, valja, naime, uračunati uvoz i dobavu te izvoz i prodaju transformiranih oblika. Pri znatnijem uvozu i dobavi promatrano područje dobiva energiju u onakvu obliku kakav je potreban potrošačima, a da nije utrošilo energiju koja se gubi pri transformaciji, jer je ona provedena u nekom drugom području. Obrnuto vrijedi kad se iz promatranog područja izvoze i prodaju transformirani oblici energije. Tada gubici zbog transformacije padaju na teret promatranog područja, a ne utječu na opskrbljenost njegovih potrošača.

Takva bilanca ukupnih potreba za energijom daje stvarnu sliku o stanju na promatranom području, ali ne i podatke koji bi omogućavali usporedbu među područjima, jer tako izračunate potrebe energije ovise o više činilaca koji mogu na njih bitno utjecati.

Shema za određivanje ukupno potrebne energije nalazi se u tabl. 1. Da se pojednostavni prikaz, uvedene su oznake za pojedine oblike energije (značenje oznaka vidi se u tabl. 1, u zagradi pored naziva). Tako je za antracit uvedena oznaka UA, za kameni ugljen UK, za mrki ugljen UM itd. Svaki podatak karakteriziran je dvjema oznakama, od kojih prva znači oblik energije, a druga, u zagradama, potanje upućuju na što se odnosi taj podatak. Na primjer oznaka UK(EKS) znači energiju u eksploatiranoj količini kamenog ugljena. Značenje oznaka koje se pojavljuju u zagradama nalaze se u glavi tabl. 1.

Prilikom formiranja tabl. 1. moraju se razlikovati primarni oblici energije od transformiranih. Budući da je riječ o bilanci koje je svrha da se ustanove ukupne energetske potrebe, u nju ne treba uvrstiti transformirane oblike proizvedene

Tablica 1.

UKUPNO POTREBNA ENERGIJA

Oblici energije	Eksploatacija nalazišta EKS	Uvoz UZ	Izvoz IZ	Dobava JUZ	Prodaja JIZ	Saldo skladišta SK	Bunker brodova BB	Bruto-raspoloživo RB
Primarni:								
antracit (UA)	—	UA(UZ)	—	—	—	±UA(SK)	—	UA(RB)
kameni ugljen (UK)	UK(EKS)	UK(UZ)	UK(IZ)	UK(JUZ)	UK(JIZ)	±UK(SK)	UK(BB)	UK(RB)
mrki ugljen (UM)	UM(EKS)	—	UM(IZ)	UM(JUZ)	UM(JIZ)	±UM(SK)	—	UM(RB)
lignit (UL)	UL(EKS)	—	—	UL(JUZ)	—	±UL(SK)	—	UK(RB)
ogrjevno drvo (OD)	OD(EKS)	—	OD(IZ)	—	—	—	—	OD(RB)
sirova nafta (SN)	SN(EKS)	SN(UZ)	—	—	SN(JIZ)	±SN(SK)	—	SN(RB)
zemni plin (ZP)	ZP(EKS)	ZP(UZ)	—	—	—	—	—	ZP(RB)
vodene snage (VS)	VS(EKS)	—	—	—	—	—	—	VS(RB)
gorivi otpaci (GO)	GO(EKS)	—	—	—	—	—	—	GO(RB)
Ukupno (SPO)	SPO(EKS)	SPO(UZ)	SPO(IZ)	SPO(JUZ)	SPO(JIZ)	±SPO(SK)	SPO(BB)	SPO(RB)
Transformirani:								
koks (KS)	—	KS(UZ)	—	KS(JUZ)	—	±KS(SK)	—	KS(RB)
benzin (BZ)	—	BZ(UZ)	BZ(IZ)	—	BZ(JIZ)	±BZ(SK)	—	BZ(RB)
petrolej (PT)	—	—	PT(IZ)	—	PT(JIZ)	±PT(SK)	—	PT(RB)
plinsko ulje (PU)	—	PU(UZ)	PU(IZ)	—	PU(JIZ)	±PU(SK)	PU(BB)	PU(RB)
loživo ulje (LU)	—	LU(UZ)	LU(IZ)	—	LU(JIZ)	±LU(SK)	LU(BB)	LU(RB)
ukapljeni plin (UP)	—	—	UP(IZ)	—	UP(JIZ)	±UP(SK)	—	UP(RB)
rafinerijski plin (RP)	—	—	—	—	—	—	—	—
gradski plin (GP)	—	—	—	—	—	—	—	—
električna energija (EL)	—	EL(UZ)	EL(IZ)	EL(JUZ)	—	—	—	EL(RB)
para i vrela voda (PV)	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno (STO)	—	STO(UZ)	STO(IZ)	STO(JUZ)	STO(JIZ)	±STO(SK)	SPO(BB)	SPO(RB)
Sveukupno (SEO)	—	SEO(UZ)	SEO(IZ)	SEO(JUZ)	SEO(JIZ)	±SEO(SK)	SEO(BB)	SEO(RB)

na promatranom području, jer bi to bilo dvokratno obračunavanje iste energije. Zato se za transformirane oblike energije u stupac s oznakom EKS unosi vrijednost nula.

Za primarne oblike energije iz podataka u tablici dobiva se bruto raspoloživa energija (tabl. 1). Tako se bruto-raspoložive količine kamenog ugljena izračunavaju iz relacije:

$$UK(RB) = UK(EKS) + UK(UZ) - UK(IZ) + UK(JUZ) - UK(JIZ) \pm UK(SK) - UK(RB) \quad (1)$$

Analogno tome izračunavaju se bruto-raspoložive energije za sve primarne oblike koji se mogu uskladištavati.

Za antracit (UA), kameni ugljen (UK), mrki ugljen (UM), lignit (UL), ogrjevno drvo (OD), sirovu naftu (SN), zemni plin (ZP) i gorive otpatke (GO) u stupac s oznakom EKS unose se podaci koji se izračunavaju kao produkt eksploatiranih količina i donje ogrijevne moći tih goriva. Analogno vrijedi za količine koje se uvoze (UZ), izvoze (IZ), dobavljaju (JUZ) i prodaju (JIZ), koje iskazuju saldo skladišta (SK) i utovar na brodove (BB).

Poseban je problem obračun iskorištenja vodnih snaga, nuklearne i geotermičke energije.

U literaturi su tri različita pristupa za uključivanje vodnih snaga u energetske bilance.

Najčešće se računa da se proizvodnjom u hidroelektranama »štedi ugljen ili drugo gorivo u termoelektranama«, pa se električnoj energiji proizvedenoj u hidroelektranama pripisuje energija potrebna za proizvodnju jednake količine električne energije u termoelektranama. To znači da 1 kWh dobiven u hidroelektrani odgovara primarnoj energiji od — kako se često računa — 2800 kcal (11 723 KJ). Taj proizvedeni kWh ima energiju od 860 kcal (3 600 kJ). Razlika od 1 940 kcal (8 123) kJ) u tako prikazanoj energetskoj bilanci jesu gubici u toj energetskoj transformaciji, što je vrlo daleko od stvarnosti. Teškoća je još i u tome što potrošnja goriva za proizvodnju 1 kWh u termoelektranama opada (povećani parametri pare, upotreba agregata većih snaga) i još ona ovisi o strukturi termoelektrana u pojedinim zemljama. Takav pristup nije osim toga korektan jer je riječ o stvarnim energetskim transformacijama, pa njihova zamjena fiktivnim transformacijama može dati pogrešnu sliku stanja.

Druga je krajnost da svakom kilovatsatu proizvedenenome u hidroelektranama pripada na strani primarnih oblika energije upravo ona energija koju ima tako proizvedeni kilovatsat, tj. 860 kcal (3 600 kJ), što je svakako prenisko jer ima gubitaka u transformaciji potencijalne energije vode u električnu energiju.

Stoga je, vjerojatno, energetski ispravno računati sa stvarno iskorištenom potencijalnom energijom vodotoka. Nju ćemo ustanoviti ako se energija proizvedena u hidroelektrani podijeli stupnjem djelovanja hidroelektrane. Budući da je ostvarena proizvodnja u hidroelektranama jedini dostupni podatak, primarna se energija vodnih snaga izračunava na temelju spomenutog stupnja djelovanja.

Analogno tome postupa se prilikom određivanja primarne energije nuklearnog goriva iskorištenog za pogon nuklearne elektrane. Energija nuklearnog goriva znatno je veća od iskorištene u termičkim reaktorima, ali se u bilancama računa samo s onom primarnom energijom koja je kao toplina predana rashladnom mediju u reaktoru. I tu je jedini postojeći podatak ostvarena proizvodnja u nuklearnim elektranama. Stoga se iskorištena primarna energija nuklearnog goriva izračunava podijelivši ostvarenu proizvodnju električne energije stupnjem dejlovanja nuklearne elektrane.

Jednako se tako postupa kad se određuje iskorištena energija geotermičkih izvora.

Kao što je već spomenuto, za određivanje ukupno potrebne energije ne uračunavaju se transformirani oblici energije proizvedeni na promatranom području jer je njihova energija već uključena u energiju primarnih energetskih oblika. Stoga u dijelu tablice (tabl. 1) za transformirane oblike energije svi stupci — osim stupca EKS — mogu biti popunjeni.

Zbroj bruto-raspoložive energije primarnih oblika SPO(RB) i energije transformiranih oblika STO(RB) jest ukupno potrebna energija za promatrano područje SEO(RB), što je i bila svrha formiranja takve tablice.

Iz podataka u tabl. 1 mogu se izračunati neke karakteristike energetske privrede promatranog područja. Udio vlastitih energetskih izvora u opskrbi izračunava se iz relacije

$$a_{VL} = \frac{SPO(EKS)}{SEO(RB)} \cdot 100\ \% \quad (2)$$

Udio primarnih oblika, vlastitih ili uvezenih, u opskrbi promatranog područja određuje se izrazom:

$$p_{RB} = \frac{SPO(RB)}{SEO(RB)} \cdot 100\ \% \quad (3)$$

a udio vlastitih primarnih oblika energije u ukupnoj potrebi za primarnim oblicima energije prema relaciji:

$$p_{VL} = \frac{SPO(EKS)}{SPO(RB)} \cdot 100\ \% \quad (4)$$

Svakako da te relacije vrijede uz spomenute pretpostavke. Ne obračunava se, naime, transformirana energija proizvedena na promatranom području, pa je i udio primarnih oblika u opskrbi promatranog područja u stvarnosti znatno manji.

Tablica 2.

Oblici energije	ENERGIJA ZA TRANSFORMACIJE								
	Rafinerije nafte RN	Degazolinaže DG	Plinare PL	Hidroelektrane HE	Termoelektrane TE	Toplane javne TOJ	Kotlovnice industr. KOI	Toplane industr. TOI	Ukupno za transformacije TR
Primarni:									
antracit (UA)	—	—	—	—	—	—	—	UA(TOI)	UA(TR)
kameni ugljen (UK)	—	—	UK(PL)	—	UK(TE)	UK(TOJ)	UK(KOI)	UK(TOI)	UK(TR)
mrki ugljen (UM)	—	—	UM(PL)	—	UM(TE)	UM(TOJ)	UM(KOI)	UM(TOI)	UM(TR)
lignit (UL)	—	—	—	—	UL(TE)	UL(TOJ)	UL(KOI)	UL(TOI)	UL(TR)
ogrjevno drvo (OD)	—	—	—	—	—	—	OD(KOI)	—	OD(TR)
sirova nafta (SN)	SN(RN)	—	—	—	—	—	—	—	SN(TR)
zemni plin (ZP)	—	ZP(DG)	ZP(PL)	—	ZP(TE)	ZP(TOJ)	ZP(KOI)	ZP(TOI)	ZP(TR)
vodene snage (VS)	—	—	—	VS(HE)	—	—	—	—	VS(TR)
gorivi otpaci (GO)	GO(RN)	—	—	—	—	—	GO(KOI)	GO(TOI)	**GO(TR)**
Ukupno (SPO)	SPO(RN)	SPO(DG)	SPO(PL)	SPO(HE)	SPO(TE)	SPO(TOJ)	SPO(KOI)	SPO(TOI)	SPO(TR)
Transformirani:									
koks (KS)	—	—	—	—	—	—	—	KS(TOI)	KS(TR)
benzin (BZ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
petrolej (PT)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
plinsko ulje (PU)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
loživo ulje (LU)	—	—	—	—	LU(TE)	LU(TOJ)	LU(KOI)	LU(TOI)	LU(TR)
ukapljeni plin (UP)	—	—	UP(PL)	—	—	—	—	—	UP(TR)
rafinerijski plin (RP)	—	—	—	—	—	—	RP(KOI)	RP(TOI)	RP(TR)
gradski plin (GP)	—	—	—	—	—	—	GP(KOI)	—	GP(TR)
električna energija (EL)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
para i vrela voda (PV)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno (STO)	—	—	STO(PL)	—	STO(TE)	STO(TOJ)	STO(KOI)	STO(TOI)	STO(TR)
Sveukupno (SEO)	SEO(RN)	SEO(DG)	SEO(PL)	SEO(HE)	SEO(TE)	SEO(TOJ)	SEO(KOI)	SEO(TOI)	SEO(TR)

4. ENERGIJA ZA TRANSFORMACIJE

Kad se u energetskim bilancama razmatra energija iskorištena za trasformacije, moraju se, s jedne strane, utvrditi primarni i transformirani oblici energije upotrijebljeni za pretvorbu u druge oblike energije, a, s druge strane, valja ustanoviti energiju transformiranih oblika proizvedenih tijekom energetskih transformacija.

Razmotrit će se najprije energetski oblici upotrijebljeni za transformacije.

U tu svrhu formira se tablica u kojoj svaki redak odgovara jednom primarnom ili transformiranom obliku energije, a svaki stupac jednom tipu postrojenja za transformaciju (tabl. 2). Značenje oznaka za tipove potrojenja za transformaciju nalaze se u glavi spomenute tablice.

Zbroj podataka u pojedinom stupcu izražava energiju upotrijebljenu za energetsku transformaciju u pojedinom tipu postrojenja, i to energiju primarnih (SPO) i transformiranih (STO) oblika, te konačno ukupnu energiju (SEO). S druge strane, zbroj podataka u pojedinom retku daje podatak o energiji pojedinog primarnog ili transformiranog oblika energije utrošenog za transformaciju u druge energetske oblike. Tako se ukupni kameni ugljen utrošen za energetske transformacije određuje — prema tabl. 2 — iz relacije

$$UK(TR) = UK(PL) + UK(TE) + UK(TOJ) + UK(KOI) + UK(TOI) \qquad (1.5)$$

Svakako da se može u tablicu tipa kao tabl. 2. unijeti i druge energetske transformacije ako postoje na promatranom području (koksane, visoke peći itd).

Iz podataka u tabl. 2. dade se ustanoviti udio primarnih oblika koji se iskorištava preko energetskih transformacija. On iznosi:

$$p_{TR} = \frac{SPO\,(TR)}{SPO\,(RB)} \cdot 100\ ‰ \qquad (6)$$

gdje je SPO(RB) podatak iz tabl. 1. Udio svih oblika koji se iskorištavaju preko energetskih transformacija moći će se odrediti tek kad se utvrdi proizvodnja transformiranih oblika energije.

5. TRANSFORMIRANI OBLICI ENERGIJE

Tablica za određivanje transformiranih oblika energije (tabl. 3) ima iste stupce kao i ona za oblike energije iskorištene za transformacije (tabl. 2), a podaci se odnose samo na transformirane oblike energije. S obzirom na činjenicu da se električna energija proizvodi u više tipova postrojenja, povoljno je — kako bi se osigurala preglednost — proizvodnju električne energije prikazati posebno. To vrijedi i za proizvodnju pare i vrele vode.

Zbroj podataka u retku čini energiju pojedinoga transformiranog oblika, a zbroj podataka u stupcu energiju transformiranih oblika u pojedi-

PROIZVODNJA TRANSFORMIRANIH OBLIKA ENERGIJE

Oblici energije	Rafinerije nafte RN	Degaozlinaže DG	Plinare PL	Hidroelektrane HE	Termoelektrane TE	Toplane javne TOJ	Kotlovnice industr. KOI	Toplane industr. TOI	Proizvodnja PZ
Koks (KS)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Benzin (BZ)	BZ(RN)	BZ(DG)	—	—	—	—	—	—	BZ(PZ)
Petrolej (PT)	PT(RN)	—	—	—	—	—	—	—	PT(PZ)
Plinsko ulje (PU)	PU(RN)	—	—	—	—	—	—	—	PU(PZ)
Loživo ulje (LU)	LU(RN)	—	—	—	—	—	—	—	LU(PZ)
Ukapljeni plin (UP)	UP(RN)	UP(DG)	—	—	—	—	—	—	UP(PZ)
Rafinerijski plin (RP)	RP(RN)	—	—	—	—	—	—	—	RP(PZ)
Gradski plin (GP)	—	—	GP(PL)	—	—	—	—	—	GP(PZ)
Električna energija (EL):									
hidroelektrane (HE)	—	—	—	EL(HE)	—	—	—	—	EL(HE, PZ)
termoelektrane (TE)	—	—	—	—	EL(TE)	—	—	—	EL(TE, PZ)
toplane-javne (TOJ)	—	—	—	—	—	EL(TOJ)	—	—	EL(TOJ, PZ)
toplane-industrijske (TOI)	—	—	—	—	—	—	—	EL(TOI)	EL(TOJ, PZ)
Ukupno	—	—	—	EL(HE)	EL(TE)	EL(TOJ)	—	EL(TOI)	EL(PZ)
Para i vrela voda (PV):									
toplane-javne (TOJ)	—	—	—	—	—	PV(TOJ)	—	—	PV(TOJ, PZ)
kotlovnice-industrijske (KOI)	—	—	—	—	—	—	PV(KOI)	—	PV(KOI, PZ)
toplane-industrijske (TOI)	—	—	—	—	—	—	—	PV(TOI)	PV(TOI, PZ)
Ukupno	—	—	—	—	—	PV(TOJ)	PV(KOI)	PV(TOI)	PV(PZ)
Sveukupno (STO)	STO(RN)	STO(DG)	STO(PL)	STO(HE)	STO(TE)	STO(TOJ)	STO(KOI)	STO(TOI)	STO(PZ)

Tablica 3.

RASPOLOŽIVI TRANSFORMIRANI OBLICI ENERGIJE

Oblici energije	Proizvodnja PZ	Uvoz UZ	Izvoz IZ	Dobava JUZ	Prodaja JIZ	Saldo skladišta SK	Bunker brodova BB	Raspoloživo RS
Koks (KS)	—	KS(UZ)	—	KS(JUZ)	—	±KS(SK)	—	KS(RS)
Benzin (BZ)	BZ(PZ)	BZ(UZ)	BZ(IZ)	—	BZ(JIZ)	±BZ(SK)	—	BZ(RS)
Petrolej (PT)	PT(PZ)	—	PT(IZ)	—	PT(JIZ)	±PT(SK)	—	PT(RS)
Plinsko ulje (PU)	PU(PZ)	PU(UZ)	PU(IZ)	—	PU(JIZ)	±PU(SK)	PU(BB)	PU(RS)
Loživo ulje (LU)	LU(PZ)	LU(UZ)	LU(IZ)	—	LU(JIZ)	±LU(SK)	LU(BB)	LU(RS)
Ukapljeni plin (UP)	UP(PZ)	—	UP(IZ)	—	UP(JIZ)	±UP(SK)	—	UP(RS)
Rafinerijski plin (RP)	RP(PZ)	—	—	—	—	—	—	RP(RS)
Gradski plin (GP)	GP(PZ)	—	—	—	—	—	—	GP(RS)
Električna energija (EL)	EL(PZ)	EL(UZ)	EL(IZ)	EL(JUZ)	—	—	—	EL(RS)
Para i vrela voda (PV)	PV(PZ)	—	—	—	—	—	—	PV(RS)
Ukupno	STO(PZ)	STO(UZ)	STO(IZ)	STO(JUZ)	STO(JIZ)	±STO(SK)	STO(BB)	STO(RS)

Tablica 4.

nom postrojenju za transformaciju. Tako UP(RN) znači ukapljeni plin proizveden u rafinerijama nafte, a UP(DG) ukapljeni plin proizveden u degazolinažama. UP(PZ) je ukupno proizvedeni ukapljeni plin. STO(RN) npr. znači energiju svih transformiranih oblika u rafinerijama nafte, a STO(PZ) energiju svih transformiranih oblika proizvedenih na promatranom području.

Iz podataka u tabl. 2. i 3. lako se izračunavaju stupnjevi djelovanja transformacija u pojedinim postrojenjima. Taj je stupanj djelovanja u rafinerijama nafte:

$$f_{RN} = \frac{STO\,(RN)}{SEO\,(RN)} \cdot 100\,\% \qquad (7)$$

A ukupni je stupanj djelovanja svih energetskih transformacija na promatranom području:

$$f_{TR} = \frac{STO\,(PZ)}{SEO\,(TR)} \cdot 100\,\% \qquad (8)$$

Znajući proizvodnju pojedinih transformiranih oblika energije (tabl. 3), moguće je — na osnovi podataka za transformirane oblike iz tabl. 1 — odrediti raspoložive transformirane oblike za potrošnju u promatranom području. U tu svrhu dovoljno je samo u stupac s oznakom EKS u tabl. 1. unijeti podatke iz posljednjeg stupca tabl. 3, pa, analogno relaciji (1), izračunati raspoloživo za potrošnju, koje se označuje indeksom RS. Taj je račun proveden u tabl. 4. Zbrojivši energije svih transformiranih oblika raspoloživih za potrošnju, dobiva se energija STO (RS).

Na osnovi energije proizvedenih i energije raspoloživih transformiranih oblika određuje se stupanj zadovoljenja za transformiranim oblicima, proizvodnjom na vlastitom području prema relaciji:

$$t_{VL} = \frac{STO\,(PZ)}{STO\,(RS)} \cdot 100\,\% \qquad (9)$$

Znajući osim toga energiju transformiranih oblika iskorištenih za dalje transformacije STO(TR), udio te energije u ukupnoj energiji raspoloživih transformiranih oblika izračunava se iz formule:

$$t_{TR} = \frac{STO\,(TR)}{STO\,(RS)} \cdot 100\,\% \qquad (10)$$

6. ENERGIJA ZA POGON ENERGETSKIH POSTROJENJA

Kako je već spomenuto, za pogon energetskih postrojenja potrebna je energija.

Kakav će se oblik energije za pogon upotrijebiti, ovisi u prvom redu o tipu energetskog postrojenja, zatim o postojećem obliku energije i o potrebnome korisnom obliku (toplina, mehanička energija).

Najčešće se za pogon odabire onaj oblik koji se proizvodi u samom postrojenju (koksni plin u koksanama, rafinerijsko gorivo u rafinerijama, električna energija u elektranama), ali se za opskrbu mehaničkom energijom normalno upotrebljava električna energija iz mreže. Za proizvodnju toplinske energije, međutim, iskorištavaju se različiti oblici energije, a njihova upotreba ovisi i o lokalnim prilikama (postojanje plinske ili toplinske mreže).

Tablica pomoću koje se ustanovljuje energija za pogon energetskih postrojenja (tabl. 5) omogućuje sistematično izračunavanje svih potrebnih oblika u svim postrojenjima. Ukupno potrebna energija npr. za pogon ugljenokopa SEO(PP, UP), a ukupno je potrebna energija za pogon svih energetskih postrojenja na promatranom području SEO(PP).

7. ENERGIJA PREDANA POTROŠAČIMA

Raspoloživa energija primarnih oblika energije izračunata prema tabl. 1. i raspoloživa energija transformiranih oblika izračunata prema tabl. 4. uključuje i energiju iskorištenu za transformacije (TR) i onu upotrijebljenu za neenergetske svrhe (NE). Budući da se u transformiranoj energiji pojavljuje veći dio primarnih oblika energije, zbrajanje raspoložive primarne i transformirane energije nema smisla, jer takav zbroj ne prikazuje ukupno raspoloživu energiju, već znatno veću količinu energije od one koja je stvarno raspoloživa za potrošače. Zbog toga, a da se dobije podatak o energiji koja je stvarno na raspolaganju, treba, prema tabl. 6, izračunati neto-raspoloživu energiju (RSN). Ako se, naime, od raspoložive energije RS odbije ona za energetske transformacije TR i upotrijebljena za neenergetske svrhe NE, dobiva se neto-raspoloživa energija RSN. Naravno da se ona može ustanoviti za svaki primarni i transformirani oblik, onako kao što je prikazano u tabl. 6. Ako se još od neto-raspoložive energije odbije ona potrebna za pogon energetskih postrojenja (tabl. 5), rezultat je energija raspoloživa za potrošače RSP.

Sva energija raspoloživa za potrošače ne stiže do njih jer se prilikom dobave pojedinih oblika pojavljuju gubici u prijenosu i distribuciji. Pod gubicima u prijenosu misli se na one u vodovima od energetskog postrojenja do udaljenog područja ili do velikih potrošača, a pod gubicima u distribuciji smatraju se oni u razdijelnim (distribucijskim) vodovima unutar užih područja do malih potrošača. Gubici u vodovima za prijenos i distribuciju plinova nastaju zbog gubitaka plina, gubici u vodovima za paru i vrelu vodu zbog prolaska topline kroz stijenke cijevi, a gubicima u vodovima električne energije uzrok je djelatni otpor materijala vodiča.

Ako se od energije raspoložive za potrošače RSP odbiju gubici u prijenosu i distribuciji GPD, do-

Tablica 5.

ENERGIJA ZA POGON ENERGETSKIH POSTROJENJA

Oblici energije	Ugljenokopi UP	Eksploat. nafte EN	Rafinerija nafte RN	Plinare PL	Elektrane ET	Toplane -javne TOJ	Kotlovnice- -industr. KOI	Toplane -industr. TOI	Ukupno energija za pogon PP
Primarni:									
antracit (UA)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
kameni ugljen (UK)	UK(PP, UP)	—	—	—	—	—	—	—	UK(PP)
mrki ugljen (UM)	UM(PP, UP)	—	—	—	UM(PP, ET)	—	—	—	UM(PP)
lignit (UL)	UL(PP, UP)	—	—	—	UL(PP, ET)	—	—	—	UL(PP)
ogrjevno drvo (OD)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
sirova nafta (SN)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zemni plin (ZP)	—	—	ZP(PP, RN)	—	—	—	—	—	ZP(PP)
vodne snage (VS)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
gorivi otpaci (GO)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno (SPO)	SPO(PP, UP)	—	SPO(PP, RN)	—	SPO(PP, ET)	—	—	—	SPO(PP)
Transformirani:									
koks (KS)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
benzin (BZ)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
petrolej (PT)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
plinsko ulje (PU)	PU(PP, UP)	PU(PP, EN)	—	—	PU(PP, ET)	—	—	—	PU(PP)
loživo ulje (LU)	—	LU(PP, EN)	LU(PP, RN)	—	—	—	—	—	LU(PP)
ukapljeni plin (UP)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
rafinerijski plin (RP)	—	—	RP(PP, RN)	—	—	—	—	—	RP(PP)
gradski plin (GP)	—	—	—	GP(PP, PL)	—	—	—	—	GP(PP)
električna energija (EL)	EL(PP, UP)	EL(PP, EN)	EL(PP, RN)	EL(PP, PL)	EL(PP, ET)	EL(PP, TOJ)	EL(PP, KOI)	EL(PP, TOI)	EL(PP)
para i vrela voda (PV)	—	—	—	—	—	PV(PP, TOJ)	PV(PP, KOI)	PV(PP, TOI)	PV(PP)
Ukupno (STO)	STO(PP, UP)	STO(PP, EN)	STO(PP, RN)	STO(PP, PL)	SPO(PP, ET)	SPO(PP, TOJ)	SPO(PP, KOI)	SPO(PP, TOI)	SPO(PP)
Sveukupno (SEO)	SEO(PP, UP)	SEO(PP, EN)	SEO(PP, RN)	SEO(PP, PL)	SEO(PP, ET)	SEO(PP, TOJ)	SEO(PP, KOI)	SEO(PP, TOI)	SEO(PP)

Tablica 6.

RASPOLOŽIVA ENERGIJA I ENERGIJA PREDANA POTROŠAČIMA

Oblici energije	Raspoloživo RS	Za trans- formacije TR	Neenergetska potrošnja NE	Neto- -raspoloživo RSN	Za pogon energ. postr. PP	Raspolož. za potrošače RSP	Gubici u prijenosu i distrib. GPD	Predano potrošačima PPT
Primarni:								
antracit (UA)	UA(RS)	UA(TR)	—	UA(RSN)	—	UA(RSP)	—	UA(PPT)
kameni ugljen (UK)	UK(RS)	UK(TR)	UK(NE)	UK(RSN)	UK(PP)	UK(RSP)	—	UK(PPT)
mrki ugljen (UM)	UM(RS)	UM(TR)	UM(NE)	UM(RSN)	UM(PP)	UM(RSP)	—	UM(PPT)
lignit (UL)	UL(RS)	UL(TR)	—	UL(RSN)	UL(PP)	UL(RSP)	—	UL(PPT)
ogrjevno drvo (OD)	OD(RS)	OD(TR)	—	OD(RSN)	—	OD(RSP)	—	OD(PPT)
sirova nafta (SN)	SN(RS)	SN(TR)	—	—	—	—	—	—
zemni plin (ZP)	ZP(RS)	ZP(TR)	ZP(NE)	ZP(RSN)	ZP(PP)	ZP(RSP)	ZP(GPD)	ZP(PPT)
vodne snage (VS)	VS(RS)	VS(TR)	—	—	—	—	—	—
gorivi otpaci (GO)	GO(RS)	GO(TR)	—	—	—	—	—	—
Ukupno (SPO)	SPO(RS)	SPO(TR)	SPO(NE)	SPO(RSN)	SPO(PP)	SPO(RSP)	SPO(GPD)	SPO(PPT)

Transformirani:								
koks (KS)	KS(RS)	KS(TR)	—	KS(RSN)	—	KS(RSP)	—	KS(PPT)
benzin (BZ)	BZ(RS)	—	BZ(NE)	BZ(RSN)	—	BZ(RSP)	—	BZ(PPT)
petrolej (PT)	PT(RS)	—	—	PT(RSN)	—	PT(RSP)	—	PT(PPT)
plinsko ulje (PU)	PU(RS)	PU(TR)	—	PU(RSN)	PU(PP)	PU(RSP)	—	PU(PPT)
loživo ulje (LU)	LU(RS)	LU(TR)	—	LU(RSN)	LU(PP)	LU(RSP)	—	LU(PPT)
ukapljeni plin (UP)	UP(RS)	UP(TR)	—	UP(RSN)	—	UP(RSP)	—	UP(PPT)
rafinerijski plin (RP)	RP(RS)	RP(TR)	—	RP(RSN)	RP(PP)	—	—	—
gradski plin (GP)	GP(RS)	—	—	GP(RSN)	GP(PP)	GP(RSP)	GP(GPD)	GP(PPT)
električna energija (EL)	EL(RS)	EL(TR)	—	EL(RSN)	EL(PP)	EL(RSP)	EL(GPD)	EL(PPT)
para i vrela voda (PV)	PV(RS)	—	—	PV(RSN)	PV(PP)	PV(RSP)	PV(GPD)	PV(PPT)
U k u p n o (STO)	STO(RS)	STO(TR)	STO(NE)	STO(RSN)	STO(PP)	STO(RSP)	STO(GPD)	STO(PPT)
S v e u k u p n o (SEO)	SEO(RS)	SEO(TR)	SEO(NE)	SEO(RSN)	SEO(PP)	SEO(RSP)	SEO(GPD)	SEO(PPT)

Tablica 7.

ENERGIJA PREDANA POTROŠAČIMA

Oblici energije	Predano potrošačima PPT	Industrija IND	Promet						Opća potrošnja				
			cestovni CEP	željeznički ZEP	pomorski POP	riječni RIP	zračni ZRP	ukupno PRM	građevinarstvo GPO	šumarstvo SUO	poljoprivreda PLO	malopotrošnja MLO	ukupno OPT
Primarni:													
antracit (UA)	UA(PPT)	UA(IND)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
kameni ugljen (UK)	UK(PPT)	UK(IND)	—	UK(ZEP)	—	—	—	UK(PRM)	—	—	—	UK(MLO)	UK(OPT)
mrki ugljen (UM)	UM(PPT)	UM(IND)	—	UM(ZEP)	—	—	—	UM(PRM)	—	—	—	UM(MLO)	UM(OPT)
lignit (UL)	UL(PPT)	UL(IND)	—	UL(ZEP)	—	—	—	UL(PRM)	—	—	—	UL(MLO)	UL(OPT)
ogrjevno drvo (OD)	OD(PPT)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	OD(MLO)	OD(OPT)
sirova nafta (SN)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zemni plin (ZP)	ZP(PPT)	ZP(IND)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ZP(MLO)	ZP(OPT)
vodne snage (VS)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
gorivi otpaci (GO)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
U k u p n o (SPO)	SPO(PPT)	SPO(IND)	—	SPO(ZEP)	—	—	—	SPO(PRM)	—	—	—	SPO(MLO)	SPO(OPT)
Transformirani:													
koks (KS)	KS(PPT)	KS(IND)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	KS(MLO)	KS(OPT)
benzin (BZ)	BZ(PPT)	—	BZ(CEP)	BZ(ZEP)	—	—	BZ(ZRP)	BZ(PRM)	BZ(GPO)	BZ(SUO)	BZ(PLO)	—	BZ(OPT)
petrolej (PT)	PT(PPT)	—	—	—	—	—	PT(ZRP)	PT(PRM)	—	—	PT(PLO)	—	PT(OPT)
plinsko ulje (PU)	PU(PPT)	PU(IND)	PU(CEP)	PU(ZEP)	PU(POP)	PU(RIP)	—	PU(PRM)	PU(GPO)	PU(SUO)	PU(PLO)	PU(MLO)	PU(OPT)
loživo ulje (LU)	LU(PPT)	LU(IND)	—	LU(ZEP)	LU(POP)	—	—	LU(PRM)	—	—	—	LU(MLO)	LU(OPT)
ukapljeni plin (UP)	UP(PPT)	UP(IND)	—	—	—	—	—	—	—	—	UP(PLO)	UP(MLO)	UP(OPT)
rafinerijski plin (RP)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
gradski plin (GP)	GP(PPT)	GP(IND)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	GP(MLO)	GP(OPT)
električna energija (EL)	EL(PPT)	EL(IND)	—	EL(ZEP)	—	—	—	EL(PRM)	EL(GPO)	—	—	EL(MLO)	EL(OPT)
para i vrela voda (PV)	PV(PPT)	PV(IND)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	PV(MLO)	PV(OPT)
U k u p n o (STO)	STO(PPT)	STO(IND)	STO(CEP)	STO(ZEP)	STO(POP)	STO(RIP)	STO(ZRP)	STO(PRM)	STO(GPO)	STO(SUO)	STO(PLO)	STO(MLO)	STO(OPT)
S v e u k u p n o (SEO)	SEO(PPT)	SEO(IND)	SEO(CEP)	SEO(ZEP)	SEO(POP)	SEO(RIP)	SEO(ZRP)	SEO(PRM)	SEO(GPO)	SEO(SUO)	SEO(PLO)	SEO(MLO)	SEO(OPT)

biva se energija predana energetskim potrošačima PPT (tabl. 6).

Obično se energetski potrošači dijele u tri velike skupine: industrija, promet i opća potrošnja. Tako je učinjeno i u tabl. 7. Moguće je, međutim, industrijske potrošače podijeliti na više podskupina.

U industriju (IND) uključeni su svi industrijski potrošači, osim industrije za eksploataciju nalazišta primarnih oblika energije i industrije za energetske transformacije.

Energija za promet (PRM) obuhvaća energiju za cestovni, željeznički, lokalni pomorski, riječni i zračni promet. Nije obuhvaćena energija za međunarodni pomorski transport jer se ona ubraja u »bunker brodova«.

U skupinu opće potrošnje (OPT) ubrajaju se svi potrošači koji ne spadaju prvim dvjema skupinama. To znači da se u opću potrošnju ubrajaju građevinarstvo, šumarstvo, poljoprivreda i mali potrošači (kućanstva, trgovine, banke, osiguravajući zavodi, upravne službe, služba komunikacija i sl.).

Iz podataka u tabl. 7. mogu se odrediti udjeli pojedinih skupina potrošača u energiji predanoj potrošačima, i to prema relacijama:

za industriju:

$$u_{IND} = \frac{SEO\,(IND)}{SEO\,(PPT)} \cdot 100\,\% \qquad (11)$$

za promet

$$u_{PRM} = \frac{SEO\,(PRM)}{SEO\,(PPT)} \cdot 100\,\% \qquad (12)$$

za opću potrošnju

$$u_{OPT} = \frac{SEO\,(OPT)}{SEO\,(PPT)} \cdot 100\,\% \qquad (13)$$

Osim toga, moguće je odrediti i udio primarnih i transformiranih oblika energije u ukupnoj energiji predanoj potrošačima. Udio primarnih oblika iznosi:

$$u_{SPO} = \frac{SPO\,(PPT)}{SEO\,(PPT)} \cdot 100\,\% \qquad (14)$$

Analogno se određuje udio transformiranih oblika u energiji predanoj potrošačima.

Uspoređujući energiju predanu potrošačima SEO(PPT) (tabl. 7) i raspoloživu energiju primarnih oblika skupa sa saldom razmjene i skladišta transformiranih oblika SEO (RB) u tabl. 1, može definirati stupanj djelovanja energetskog sistema područja pomoću relacije

$$e_{ES} = \frac{SEO\,(PPT)}{SEO\,(RB)} \cdot 100\,\% \qquad (15)$$

ako se pod energetskim sistemom razumijeva sklop energetskih postrojenja za eksploataciju nalazišta primarnih oblika energije, postrojenja za energetske transformacije i postrojenja za prijenos i distribuciju oblika energije sve do praga pojedinih potrošača.

Ako se točnije razmotri tabl. 7, opazit će se da se pri izračunavanju stupnja djelovanja energetskog sistema — prema relaciji (15) — potrošnja energetskih oblika u neenergetske svrhe SEO(NE) smatra gubitkom. To je točno sa stajališta energetske privrede, ali se ta potrošnja s gledišta narodne privrede ne može smatrati gubitkom. Ako se taj dio oblika energije odbije od energije dovedene u sistem SEO(RB), dobiva se korigirani stupanj djelovanja energetskog sistema koji se izračunava iz relacije:

$$e_{ESK} = \frac{SEP\,(PTT)}{SEO\,(RB) - SEO\,(NE)} \cdot 100\,\% \qquad (16)$$

8. KORISNI OBLICI ENERGIJE

Industrijski potrošači preuzimaju oblike energije radi transformacije u mehaničku, toplinsku, kemijsku i svjetlosnu energiju. Mehanička se i svjetlosna dobivaju gotovo isključivo iz električne energije, osim, izuzetno, kad se za proizvodnju mehaničke energije iskorištavaju npr. motori s unutrašnjim izgaranjem za posebne pogone, u prvom redu kao rezervni izvor energije. U visokim pećima energija koksa upotrebljava se najvećim dijelom kao kemijska energija, a dio električne energije potreban za elektrolizu pojavljuje se također kao kemijska energija. Svi drugi dovedeni oblici energije transformiraju se u toplinu. Prema tome, najveći dio dovedene energije pretvara se u taj korisni oblik. Pri tome se dio iskorištava kao toplina plinova izgaranja, a dio kao toplina pare i vrele vode. U prvom slučaju riječ je o neposrednom iskorištavanju unutrašnje kaloričke energije (toplina visokih temperatura), kao npr. u pećima cementa, u keramičkim pećima. U drugom slučaju unutrašnja kalorička energija plinova izgaranja predaje se vodi i vodenoj pari, koji je dovode do mjesta iskorištavanja (toplina niskih temperatura). Toplina pare i vrele vode energija je koja se predaje potrošačima, jer se može računati da energetska postrojenja kod industrijskih potrošača (toplane i kotlovnice) predstavljaju dio energetskog sistema. U većini statistika, međutim, ne razmatraju se industrijska postrojenja za transformaciju kod potrošača.

U prometu se najveći dio energije transformira u mehaničku energiju ali se dio iskorištava i za grijanje prometnih sredstava, a vrlo mali dio za njihovu rasvjetu.

Kod malih potrošača od 70 do 90% dovedene energije, ovisno o klimatskim uvjetima, čini ona za grijanje prostorija, a ostatak za kuhanje i pripremu tople vode, za mehaničku energiju (hladnjaci, kućanski aparati) i za pogon komunikacijskih

aparata (radio-aparati, televizori). Za rasvjetu, mehaničku energiju i komunikacijske aparate služi samo električna energija, pa se svi ostali dovedeni oblici transformiraju u toplinu kao korisni oblik energije. I tu se, međutim, dio energije iskorištava tek nakon energetske transformacije u vrelu vodu i vodenu paru (centralna i etažna grijanja, za grijanje vrelom vodom proizvedenom u kotlovnicama). Ta postrojenja za energetske transformacije obično se posebno ne razmatraju, jer ne postoje podaci koji bi to omogućili.

Stupanj djelovanja pretvorbe u korisnu energiju definira se kao omjer između korisne energije predane uređaju potrošača i dovedene energije. On ovisi u prvom redu o korisnoj energiji u koju se transformira dovedena energija, zatim o obliku dovedene energije, o tipu postrojenja i uređaja koji služi za transformaciju, o stanju i načinu korištenja tih postrojenja i uređaja itd. Zbog svega toga praktički je nemoguće točnije odrediti stupnjeve djelovanja pretvorbe u korisnu energiju za svakog potrošača, a prema tome i stupanj djelovanja cijele skupine potrošača. Kad bi se, naime, poznavao stupanj djelovanja svakoga potrošačkog uređaja i aparata, te njihov broj i njihova potrošnja, mogao bi se izračunati stupanj djelovanja svake skupine potrošača, pa konačno i energetski stupanj djelovanja energetike cijelog područja.

Ako se sa e_{IND}, e_{PRM} i e_{OPT} označe stupnjevi djelovanja industrijskih, prometnih i potrošaća opće potrošnje, koji su definirani omjerima KE(IND) /SEO(IND) KE(PRM/SEO(PRM) i KE(OPT)/SEO (OPT), gdje KE znači korisne oblike energije, može se odrediti stupanj djelovanja energetike iz relacije:

$$e_{ENK} = \frac{KE\,(IND) + KE\,(PRM) + KE\,(OPT)}{SEO\,(RB)} \qquad (17)$$

U (17) pojavljuje se u nazivniku ukupno potrebna energija iz tabl. 1, a u brojniku se nalazi broj korisnih energija triju skupina potrošača. Pomnoži li se brojnik i nazivnik energijom predanom potrošačima SEO(PPT) iz tabl. 6, te se svaki član u brojniku pomnoži i podijeli odgovarajućom energijom predanom skupini potrošača — prvi član sa SEO(IND) itd. — dobiva se izraz za stupanj djelovanja energetike:

$$e_{ENK} = e_{ES}\,(u_{IND}\,e_{IND} + u_{PRM}\,e_{PRM} + u_{OPT}\,e_{OPT}) \qquad (18)$$

Tu je e_{ES} (15) stupanj djelovanja energetskog sistema, a u_{IND}, u_{PRM} i u_{OPT} udjeli pojedinih skupina potrošača u ukupno predanoj energiji, prema relacijama (11) do (13).

Nema podataka prema kojima bi se mogao iole točno ustanoviti stupanj djelovanja pretvorbe u korisnu energiju, ali se može procijeniti da on u industriji iznosi od 45 do 55%, u prometu od 20 do 25%, a kod malih potrošača oko 45% (u poljoprivredi oko 30%). Stvarni stupanj djelovanja — kako je spomenuto — ovise o više činilaca, pa su navedeni podaci samo indikativne vrijednosti. Može se pretpostaviti da su pojedini stupnjevi djelovanja pretvorba u korisnu energiju: $e_{IND} = 0{,}50$, $e_{PRM} = 0{,}23$ i $e_{OPT} = 0{,}44$.

Stupanj djelovanja energetike, to stalno treba naglašivati, samo je omjer između korisne energije i energije potrebne za zadovoljenje potražnje. Ovako definirani stupanj djelovanja ništa ne govori o opravdanosti takva iskorištenja energije i o ekonomičnosti takve potrebe. Tako bi se boljom toplinskom izolacijom zgrada smanjila potrošnja energije, ali se to ne bi reflektiralo na poboljšanje tako definiranog stupnja djelovanja energetike. Prema tome, stupanj djelovanja energetike ne daje siguran podatak o ispravnosti ili o neispravnosti provodnje energetske politike jer on znatno ovisi o strukturi energetskih rezerva i potrošača, o dosadašnjem razvoju industrijskih grana, o navikama potrošača i mnogim drugim faktorima koji su izvan okvira energetske politike.

9. ENERGIJA ZA TRANSPORT ENERGIJE

U energetske bilance normalno se ne uključuje energija potrebna za transport i distribuciju energetskih oblika. Istina je da se obračunavaju gubici u vodovima za transport plinova, električne energije i topline, ali su pored toga potrebne znatne količine energije za transport ugljena i drva, potrebna je energija i to za prijevoz od rudnika i iz šume do postrojenja za transformacije. do skladišta, do velikih potrošača i do pojedinih malih potrošača. Sirovu naftu treba transportirati od bušotina do rafinerija, a derivate nafte od rafinerija do postrojenja za transformacije, do velikih potrošača i do »benzinskih stanica«. Radi se o velikim količinama koje treba transportirati a ni udaljenosti nisu zanemarivo male, pa je udio energije za transport oblika energije sigurno toliki, da se ne bi smio zanemariti. Ta energija potrebna za transport energije pojavljuje se u bilancama, ali kao energija predana potrošačima. To je, međutim, potrošnja unutar energetske privrede i ima isto značenje kao i energija za pogon energetskih postrojenja, pa bi je bilo korisno posebno iskazivati. Danas, međutim, nema podataka pomoću kojih bi se mogla iole sigurno izračunati energija potrebna za transport energije.

Naslov pisca:
Dr prof. Hrvoje Požar, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Zagreb

UTJECAJ POJEDINIH PARAMETARA NA OSNOVNE KARAKTERISTIKE VODOVA S VODIČIMA U SNOPU

Boris Markovčić, Zagreb

U referatu su provedene usporedbe osnovnih karakteristika nadzemnih vodova sa snopom od dva i više užeta te se razmatraju kvalitativno utjecajni faktori na karakteristike voda.
Došlo se do zoključka da je vod s više užeta u snopu doduše znatno termički opteretiv, ali mu je potrebno privesti znatne količine jalove snage, pa je prema tome njegova primjena ograničena samo na kraće dionice.
Smanjenje gubitaka korone na vodovima s jačim snopovima nije značajno, ali sniženje radio-smetnji moglo bi biti aktualno u urbanim područjima.

DK 621.315.2

Kao što je poznato, vodiči naših vodova 400 kV izgrađeni su s dva užeta 490/65 Ač u snopu na razmaku od 40 cm. Komisija Jugela za parametre II faze mreže 400 kV ponovno se složila s takvim rješenjem, ali su se ipak čule primjedbe da će se neke dionice 400 kV mreže morati izgraditi eventualno s tri užeta u snopu. Čula su se čak mišljenja da je možda već u I fazi izgradnje trebalo neke važne dionice izgraditi za mogućnost dodatka i trećeg užeta.

Dakle, budući da postoji prilična vjerojatnost potrebe mjestimične ugradnje pojačanog snopa, interesantno je promotriti njihova električna svojstva i razlike prema današnjoj izvedbi. Neki podaci o pojačanom snopu dani su u brošuri spomenute komisije Jugela »Osnovni parametri objekata 400 kV mreže Jugoslavije« (Beograd, 1977), a ovdje je taj problem detaljnije obrađen s više aspekata.

1. TERMIČKA OPTERETIVOST

Kako je međusobni toplinski utjecaj užeta u snopu zanemariv, termička opteretivost faze razmjerna je broju užeta. Za usporedbu ćemo uzeti maksimalnu dopuštenu strujnu opteretivost prema DIN br. 48204 iz 1965, smanjenu za 7%. To je smanjenje izvršeno stoga što prema spomenutom DIN standardu temperatura okoline iznosi 35°C, uz vjetar od 0,6 m/s, dok naši propisi za nadzemne vodove traže da se računa s temperaturom okoline od 40°C (vjetar se ne spominje). Na temelju takvih postavka termičko bi opterećenje bilo za 2, 3 i 4 užeta u snopu, odabranog presjeka 490/65 AČ i po jednog najbližeg tanjeg i debljeg presjeka, kako je navedeno u slijedećoj tablici 1, za pogonski napon 400 kV.

Tablica 1.

Uže Ač	d cm	Term. opt. MVA na 400 kV		
		2 užeta	3 užeta	4 užeta
435/55	2,88	1 160	1 740	2 320
450/65	3,06	1 262	1 893	2 524
550/70	3,24	1 314	1 971	2 628

Budući da prema spomenutoj brošuri »Osnovni parametri mreže . . .« oprema odgovara trajno dopuštenoj snazi 1 730 MVA (2500 A), a po potrebi i 2 180 MVA (3150 T), tri vodiča 490/65 Ač ne mogu se opteretiti potpuno do termičke granice pri redovitoj opremi, a pojačana ne bi bila dovoljne snage za potpuno opterećenje snopa sa 4 vodiča.

2. PRIRODNA SNAGA

Prirodna snaga nadzemnog voda pri određenom naponu neznatno se mijenja promjenom promjera vodiča, ali broj užeta u snopu ima znatan utjecaj. Za tri promatrana presjeka užeta i snopove od dva do četiri užeta izračunate su odgovarajuće prirodne snage. Pri tome je uzeto da faze u horizontalnoj ravnini razmaknute 1 040 (konstrukcija vodova 400 kV kroz Hrvatsku). U svim snopovima razmak užeta iznosi 40 cm (polumjer snopa R povećava se s povećanjem broja užeta u snopu pri jednakom razmaku užeta).

Najprije su izračunati induktiviteti i kapaciteti po km i fazi koji odgovaraju prepletenom vodu. Rezultati su uneseni u tablici 2.

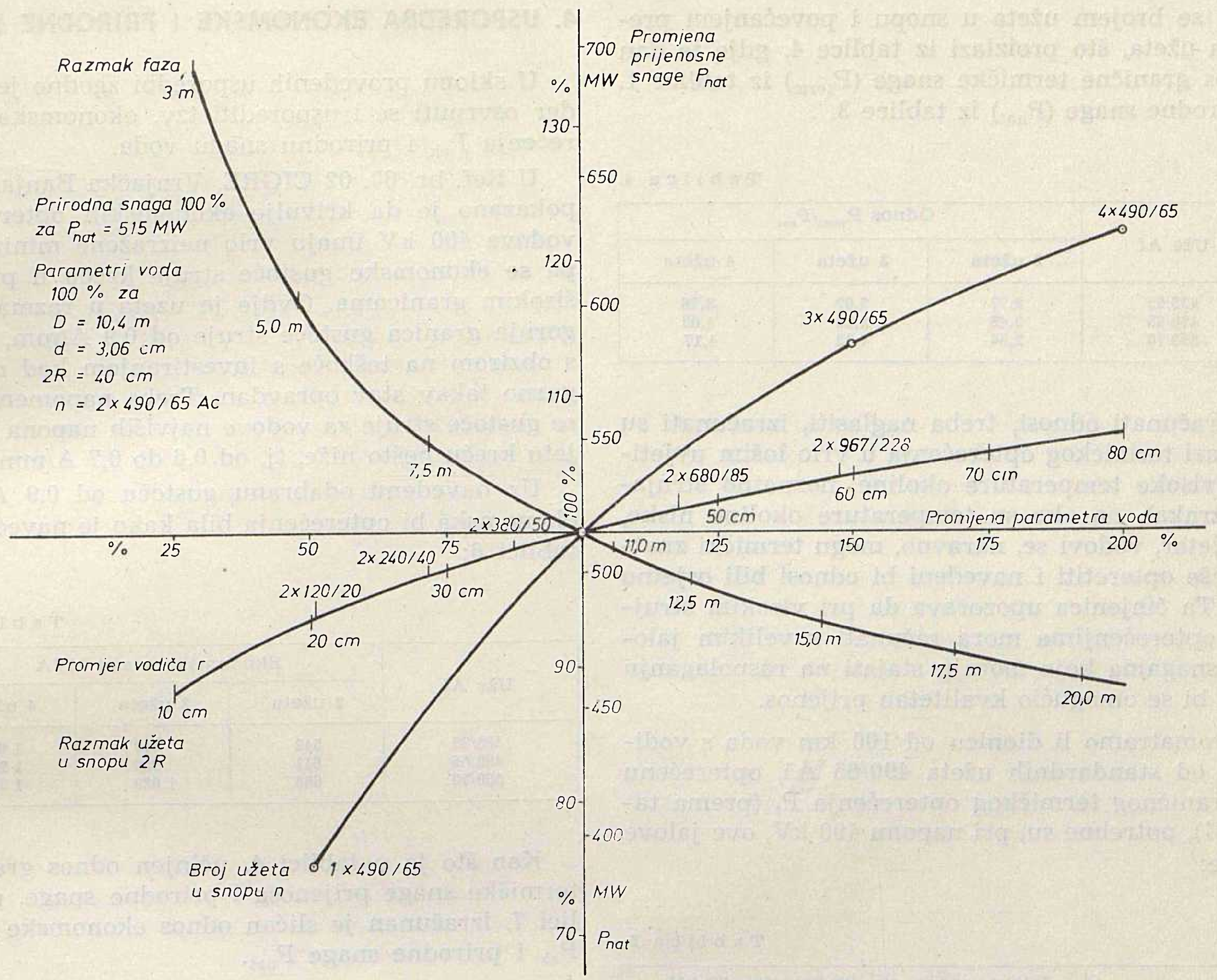
Tablica 2.

Uže Ač	2 užeta		3 užeta		4 užeta	
	L 10^{-4}H/km	C nF/km	L 10^{-4}H/km	C nF/km	L 10^{-4}H/km	C nF/km
435/55	10,54	10,79	9,36	12,08	8,60	13,09
490/65	10,48	10,85	9,32	12,13	8,57	13,14
550/70	10,42	10,90	9,28	12,18	8,48	13,17

Na temelju navedenih konstanti dobivene su za napon 400 kV odgovarajuće prirodne snage, unesene u tablicu 3.

Tablica 3.

Uže Ač	Prirodna snaga MW		
	2 užeta	3 užeta	4 užeta
435/55	511	576	625
490/65	515	577	628
550/70	518	580	630



Sl. 1. Procentualni utjecaj parametara voda na prirodnu snagu

Da se dobije što potpuniji uvid na utjecaje pojedinih parametara voda na veličinu prirodne snage, konstruiran je dijagram (sl. 1). Apscisa i ordinata dijagrama imaju procentualnu razdiobu, a krivulja pokazuje koliko se u postocima mijenja prirodna snaga pri promjeni (u postocima) svakog od promatranih parametara (razmaku faza, promjera vodiča, broja i razmaka užeta u snopu). Na samim krivuljama opisane su neke karakteristične veličine u apsolutnim vrijednostima.

Kao referantna vrijednost (100%) uzeta je prirodna snaga P_{max} = 515 MW, koja odgovara vodu se vodičima 2×490/65 Ač u horizontalnoj ravnini, s razmakom faza D = 10,4 m i razmakom užeta u snopu 2R = 40 cm.

Iz dijagrama proizlazi da najveći utjecaj na promjenu jalove snage ima broj užeta u snopu.

Dodavanjem trećeg užeta u snop uobičajene naše konstrukcije povećava se prirodna snaga voda za 12%, a eventualno četvrto uže povećava za ukupno 22% (prema dva užeta u snopu).

Nešto manji utjecaj ima razmak faza. Dio krivulje koji predstavlja smanjenje razmaka ispod 100% mnogo je strmiji nego dio krivulje iznad 100%. S obzirom na konstrukciju voda i cijene s time u vezi, ovaj se parametar ne može mnogo mijenjati.

Još manji procentualni utjecaj imaju promjer užeta, odnosno međusobni razmak užeta u snopu.

Za procentualne odnose oba parametra leže na istoj krivulji. Utjecaj promjene presjeka ili razmaka užeta koji dolaze u praksi u obzir vrlo su maleni, što također proizlazi iz tablice 3.

Kako je prirodna snaga voda dana relacijom:

$$P_{nat} = \frac{U^2}{Z_C} = U^2 \sqrt{\frac{C}{L}},$$

dijagram za konstantni U daje uvid u utjecaj na odnos $\sqrt{\frac{C}{L}}$ i utjecaj na svaku od ovih veličina, barem kvalitativno.

3. USPOREDBA GRANIČNE TERMIČKE I PRIRODNE SNAGE

Vidi se, dakle, da povećavanjem broja užeta u snopu mnogo brže raste termička opteretivost od prirodne snage voda. Odnos tih dviju snaga pove-

ćava se brojem užeta u snopu i povećanjem presjeka užeta, što proizlazi iz tablice 4, gdje je dan odnos granične termičke snage (P_{term}) iz tablice 1. i prirodne snage (P_{nat}) iz tablice 3.

Tablica 4.

Uže Ač	Odnos P_{term}/P_{nat}		
	2 užeta	3 užeta	4 užeta
435/55	2,77	3,02	3,76
490/65	2,45	3,28	4,02
550/70	2,54	4,42	4,17

Izračunati odnosi, treba naglasiti, izračunati su na bazi termičkog opterećenja u vrlo lošim uvjetima (visoke temperature okoline, neznatno strujanje zraka), no ako su temperature okoline niske, uz vjetar, vodovi se, naravno, mogu termički znatno više opteretiti i navedeni bi odnosi bili osjetno viši. Ta činjenica upozorava da pri visokim strujnim opterećenjima mora računati s velikim jalovim snagama koje moraju stajati na raspolaganju kako bi se omogućio kvalitetan prijenos.

Promatramo li dionicu od 100 km voda s vodičima od standardnih užeta 490/65 Ač, opterećenu do graničnog termičkog opterećenja P_t (prema tablici 1), potrebne su, pri naponu 400 kV, ove jalove snage:

Tablica 5.

MVAr	Jalova snaga na 100 km pri 400 kV		
	2 × 490/65	3 × 490/65	4 × 490/65
Vod generira	55	60	66
Uz P_{term} uzima	270	590	1 000
Manjak jal. snage	215	530	934

Za ostala dva promatrana presjeka dobivaju se slične bilance jalovih snaga, jer se odnosi P_{term}/P_{nat} razlikuju samo za nekih 4—8%.

Iz tablice 5. proizlazi da su pri graničnom termičkom opterećenju vodova većim brojem užeta u snopu u pitanju vrlo velike jalove snage, a posljedica toga su osjetljive investicije za kompenzaciju, čime svakako valja računati prilikom njihove primjene.

Može se, dakle, zaključiti da se visoka opterećenja mogu koristiti samo na kraćim prijenosnim dionicama.

Treba, međutim, uzeti u obzir i to da se u slučaju težih havarija moraju i dulji vodovi visoko opteretiti, kako bi se spasio sistem, pa upravo u takvim kriznim situacijama treba raspolagati dovoljnim rezervama jalove snage. Jedino će tako moći visoka opteretivost vodova doći do izražaja, a vod će se moći ekonomično iskoristiti.

Pri povećanom broju užeta u snopu vod, doduše, generira nešto više jalove snage, no to bitno ne mijenja iznesene odnose.

4. USPOREDBA EKONOMSKE I PRIRODNE SNAGE

U sklopu provedenih usporedbi zgodno je također osvrnuti se i usporediti tzv. ekonomska opterećenja P_{ek} i prirodnu snagu voda.

U Ref. br. 60. 02 CIGRE, Vrnjačka Banja, 1968, pokazano je da krivulje ekonomskih opterećenja vodova 400 kV imaju vrlo neizražene minimume, pa se ekonomske gustoće struje kreću u prilično širokim granicama. Ovdje je uzeta u razmatranje gornja granica gustoće struje od 0,9 A/mm, jer je s obzirom na teškoće s investiranjem kod nas sigurno takav stav opravdan. Treba napomenuti da se gustoće struje za vodove najviših napona u svijetu kreću nešto niže, tj. od 0,6 do 0,7 A/mm^2.

Uz navedenu odabranu gustoću od 0,9 A/mm^2 ekonomska bi opterećenja bila kako je navedeno u tablici 6:

Tablica 6.

Uže Ač	Ekonomska snaga MVA		
	2 užeta	3 užeta	4 užeta
435/35	542	813	1 084
490/65	611	930	1 222
550/70	686	1 029	1 372

Kao što je u tablici 4. učinjen odnos granične termičke snage prijenosa i prirodne snage, u tablici 7. izračunan je sličan odnos ekonomske snage P_{ek} i prirodne snage P_{nat}.

Tablica 7.

Uže Ač	Odnos P_{ek}/P_{nat}		
	2 užeta	3 užeta	4 užeta
435/35	1,06	1,41	1,73
490/65	1,19	1,61	1,95
550/70	1,32	1,77	2,18

Za dva užeta u snopu odnos P_{ek}/P_{nat} vrlo je blizu jedinice. Ako se pak pri tome još uzme u obzir da je optimum prilično neizražen, odnos je vrlo povoljan.

Za broj užeta od 3 i više vrijednosti se već znatno udaljuje od 1, znači da vodu treba dobaviti, ako se želi pravilno iskoristiti, određenu količinu jalove snage. U kojim su snagama ovdje radi, može se vidjeti iz tablice 8.

Tablica 8.

MVAr	Jalova snaga na 100 km pri 400 kV		
	2 × 490/65	3 × 490/65	4 × 490/65
Vod generira	55	60	66
Uz P_{ek} uzima	77	158	252
Manjak jal. snage	12	98	186

Na vodovima s dva užeta u snopu ekonomska i prirodna snaga su podjednake. Dodaju li se još daljnje užeta u snop, potreba jalove snage raste

okruglo oko 100 MVAr po užetu na 100 km. To nisu naročito velike jalove snage, no treba računati s time da bi s ekonomskom snagom mogli biti u pogonu i duži vodovi (jer je ovdje sve svedeno na 100 km dužine voda), što bi količine jalove snage razmjerno povećalo i izazvalo potrebu dodatnih kompenzacionih uređaja. Računi bi sigurno pokazali da ta činjenica dovodi do sniženja ekonomske gustoće struje.

5. GRADIJENT ELEKTRIČNOG POLJA NA VODIČU

Želi li se provesti bilo kakve usporedbe u vezi s koronom, tj. njezinih gubitaka ili smetnji, potrebno je utvrditi gradijent električnog polja na vodiču.

Za promatrane presjeke vodiča sa 2, 3 i 4 užeta u snopu (razmak vodiča 40 cm, horizontalni razmak faza 10,4 m) srednji i maksimalni gradijent električnog polja (efektivna vrijednost) u kV/cm, pri 400 kV, unesen je u tablicu 9.

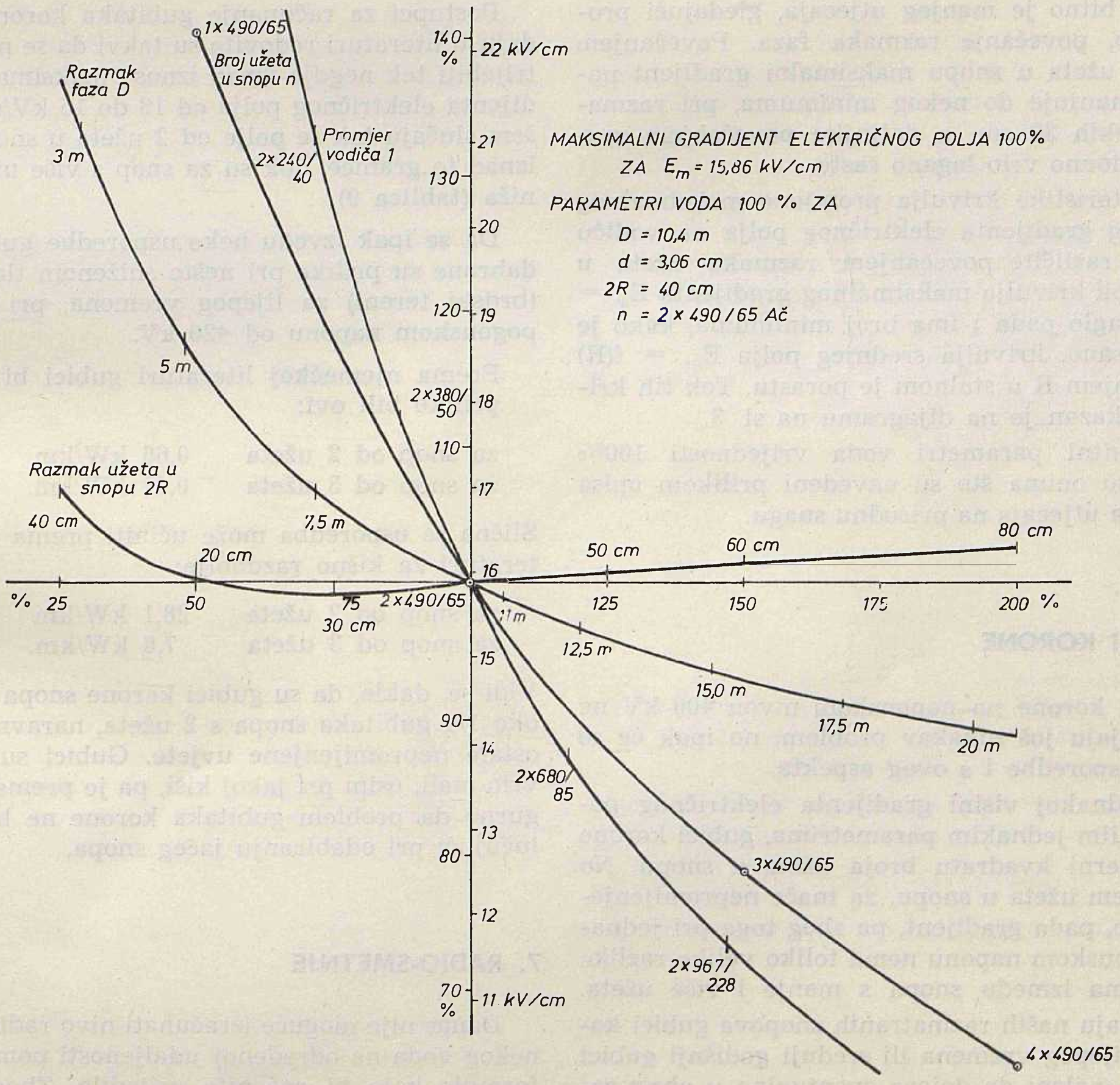
Tablica 9.

Uže Ač	Gradijent el. polja u kV/cm					
	2 × 490/65		3 × 490/65		4 × 490/65	
	E_{st}	E_m	E_{st}	E_m	E_{st}	E_m
435/55	15,6	16,7	11,6	13,1	9,5	10,9
490/65	14,7	15,9	11,0	12,5	8,9	10,4
550/70	14,0	15,1	10,4	11,9	8,4	9,9

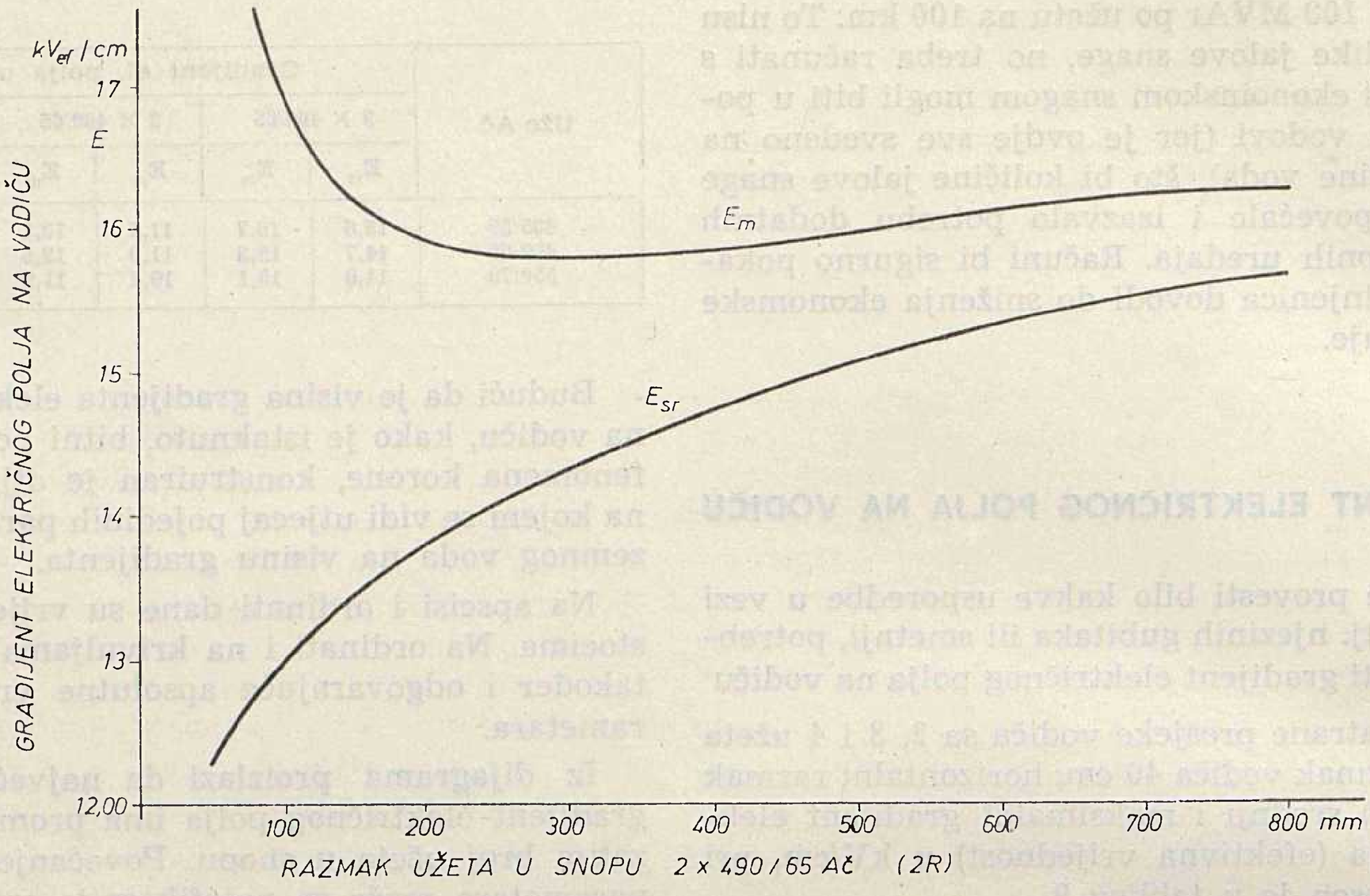
Budući da je visina gradijenta električnog polja na vodiču, kako je istaknuto, bitni pokazatelj svih fenomena korone, konstruiran je dijagram (sl. 2) na kojem se vidi utjecaj pojedinih parametara nadzemnog voda na visinu gradijenta.

Na apscisi i ordinati dane su vrijednosti u postocima. Na ordinati i na krivuljama nanesene su također i odgovarajuće apsolutne vrijednosti parametara.

Iz dijagrama proizlazi da najveći utjecaj na gradijent električnog polja ima promjer vodiča, a zatim broj užeta u snopu. Povećanjem tih dvaju parametara može se najefikasnije smanjiti gradi-



Sl. 2. Procentualni utjecaj parametara voda na maksimalni gradijent električnog polja na vodiču



Sl. 3. Srednji (E sr) i maksimalni (E m) gradijent električnog polja na vodiču

jent. Od bitno je manjeg utjecaja, gledajući procentualno, povećanje razmaka faza. Povećanjem razmaka užeta u snopu maksimalni gradijent naglo se smanjuje do nekog minimuma, pri razmaku od nekih 30 cm, a daljnjim povećanjem razmaka ponovno vrlo lagano raste.

Karakteristike krivulja promjene maksimalnog i srednjeg gradijenta električnog polja na vodiču bitno su različite povećanjem razmaka užeta u snopu. Dok krivulja maksimalnog gradijenta $E_m = f(R)$ naglo pada i ima broj minimuma, kako je prije opisano, krivulja srednjeg polja $E_{gr} = f(R)$ s povećanjem R u stalnom je porastu. Tok tih krivulja prikazan je na dijagramu na sl. 3.

Referentni parametri voda vrijednosti 100% jednaki su onima što su navedeni prilikom opisa dijagrama utjecaja na prirodnu snagu.

6. GUBICI KORONE

Gubici korone na naponskom nivou 400 kV ne predstavljaju još nikakav problem, no ipak će se izvršiti usporedbe i s ovog aspekta.

Pri jednakoj visini gradijenta električnog polja, i ostalim jednakim parametrima, gubici korone su razmjerni kvadratu broja užeta u snopu. No povećanjem užeta u snopu, za inače nepromijenjene prilike, pada gradijent, pa zbog toga pri jednakom pogonskom naponu nema toliko velike razlike u gubicima između snopa s manje i više užeta.

U slučaju naših razmatranih snopova gubici korone za lijepog vremena ili srednji godišnji gubici toliko su maleni da dolaze eventualno u obzir samo kod snopa s dva užeta.

Postupci za računanje gubitaka korone koji se daju u literaturi redovito su takvi da se mogu upotrijebiti tek negdje iznad iznosa maksimalnog gradijenta električnog polja od 13 do 15 kV/cm. U našem slučaju tek se polje od 2 užeta u snopu nalazi iznad te granice, dok su za snop s više užeta polja niža (tablica 9).

Da se ipak izvedu neke usporedbe gubitaka, odabrane su prilike pri nešto sniženom tlaku zraka (brdski tereni) za lijepog vremena, pri najvišem pogonskom naponu od 420 kV.

Prema njemačkoj literaturi gubici bi za takve prilike bili ovi:

za snop od 2 užeta	0,66 kW/km
za snop od 3 užeta	0,17 kW/km.

Slična se usporedba može učiniti prema ruskoj literaturi za kišno razdoblje:

za snop od 2 užeta	28,1 kW/km
za snop od 3 užeta	7,6 kW/km.

Vidi se, dakle, da su gubici korone snopa s 3 užeta oko 1/4 gubitaka snopa s 2 užeta, naravno, uz sve ostale nepromijenjene uvjete. Gubici su općenito vrlo mali, osim pri jakoj kiši, pa je prema tome sigurno da problem gubitaka korone ne bi bio odlučujući pri odabiranju jačeg snopa.

7. RADIO-SMETNJE

Danas nije moguće izračunati nivo radio-smetnji nekog voda na određenoj udaljenosti pomoću neke formule koja bi općenito vrijedila. Zbog toga se računanje smetnji izvodi prema empiričkim formu-

lama. U njima se uzima kao osnova izmjerena smetnja u dB, na određenoj udaljenosti od voda definirane konfiguracije u određenom frekventnom području i daju relacije za izračunavanje smetnje pri promijenjenim parametrima. Formule redovito vrijede za razmjerno uzak pojas promjene parametara.

Radna grupa br. 36. 01. CIGRE skupila je niz takvih empiričkih formula, prema kojima je moguće provesti odgovarajuće proračune.

Kao primjer jedne od njih neka posluži formula Ontario Hydro, Kanada. Iznos radio smetnje u dB iznosi za lijepog vremena:

$$N = N_0 + 146\,(\log E_m - \log E_{m0}) + 40 \log \frac{d}{d_0} + $$

$$+ 40 \log \frac{D_0}{D} + 20 \log \frac{1 + f_0^2}{i + f^2}.$$

Polazni parametri su u formuli označeni indeksom 0, a pri izmjerenoj smetnji $N_0 = 32$ dB oni su bili:

maksimalni gradijent	E_{m0}	= 18,8	kV/cm
promjer vodiča	d_0	= 2,54	cm
udaljenost od voda	D_0	= 30,5	m
frekvencija smetnje	f_0	= 1	MHz.

Uvrštenjem ovih polaznih vrijednosti i vrijednosti za konkretni slučaj u gornju formulu dobije se traženi nivo smetnji u promijenjenim uvjetima.

Pri inače nepromijenjenim parametrima voda, po lijepom vremenu, na frekvenciji od 1 MHz, razlika u radio-smetnjama između vodiča u snopu od 2 i 3 užeta iznosi prema različitim formulama:

formula Ontario Hydro (Kanada)	15 dB
formula EGÜ (Čehoslovačka)	16 dB
formulaAEP (SAD)	13 dB
formula ENEL (Italija)	12 dB.

Rezultati se, doduše, između sebe razlikuju i do 25%, ali ipak daju red veličine smanjenja smetnje.

8. ZAKLJUČAK

Vodovi 400 kV s vodičima u snopu od više od 2 užeta dolaze u obzir za visoka termička opterećenja, ali kraće dionice, jer visoko strujno opterećeni traže velike jalove snage.

Dodatkom trećeg vodiča u snop prirodna snaga voda povećava za 12%, a četvrtog za ukupno 22%.

Želi li se povećati prirodna snaga nadzemnog voda, najveći se efekt postiže povećanjem broja užeta u snopu. Ostali utjecaji su manji (npr. smanjenje razmaka faza), ali i iz konstruktivnih razloga ne mogu se primjenjivati u širim razmjerima.

Prirodna i ekonomska snaga vrlo su dobro usklađene upravo kod snopa 2×490/65 Ač. Snop od 3 užeta ima doduše znatno manji gubitak korone od snopa od 2 užeta, no zbog općenito malih gubitaka ova prednost nije značajna.

Na smanjenje gradijenta električnog polja na vodiču, a time i na smanjenje radio-smetnji, najveći utjecaj ima povećanje promjera užeta i broj užeta u snopu. Pojačanje snopa od 2 na 3 vodiča moglo bi naći primjenu u urbanim područjima, osim zbog mogućnosti visokog termičkog opterećenja, također i zbog sniženja radio-smetnji.

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

Elektra e K
KOPRIVNICA
OOUR ELEKTRE — ZAGREB
PODUZEĆA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE
ELEKTRA — KOPRIVNICA
43 300 Koprivnica — Rade Končara 10 Telefoni: 72-422 i 72-420

PRILOG PRORAČUNU ELEKTRIČNIH SVOJSTAVA VODOVA NA TEMELJU REZULTATA MJERENJA NADOMJESNIH IMPEDANCIJA PRAZNOG HODA I KRATKOG SPOJA

Miroslav Jung, Zagreb

Prikazana je mogućnost egzaktnog proračuna električnih svojstva stanovitog električnog voda za prijenos električne energije, odnosno električnih znakova i dugih uzemljenih kovinskih predmeta, na temelju rezultata mjerenja impedancija praznog hoda i kratkog spoja ispitivanog voda s oba njegova kraja. Teorijska izlaganja popraćena su primjerom proračuna na temelju rezultata mjerenja direktnih impedancija praznog hoda i kratkog spoja voda 220 kV Zagreb-Brinje.

DK 621.315.2.001

1. UVOD

Proračun raspodjele struja i napona uzduž pojedinih vodova za prijenos električne energije, odnosno električnih znakova ili dugih uzemljenih kovinskih predmeta, poput cjevovoda, tračnica i dr., zahtijeva poznavanje pripadnih osebujnih električkih svojstava, među koja spadaju jedinična uzdužna impedancija i poprečna admitancija te valni otpor, konstante rasprostiranja i gušenja, odnosno brzina rasprostiranja vala i valna dužina jednoliko izvedenih vodova ili jednoliko izvedenih pojedinih njihovih dionica, kao i konstante prijenosnih (telegrafskih) jednadžbi te uzdužne impedencije i poprečne admitancije nadomjesnih četveropola za proračun prilika na krajevima voda. Pri tome homogenim vodovima, tj. takvim vodovima odnosno stanovitim njihovim dionicama koje su sa stajališta njihovih električnih svojstava izvedeni jednoliko uzduž čitave svoje dužine, pripadaju simetrični, dok nehomogenim vodovima pripadaju nesimetrični četveropoli.

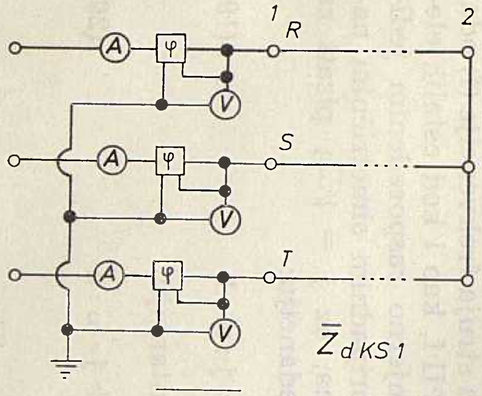
Sva nabrojena osebujna električna svojstva možemo, za stanoviti vod ili pojedinu njegovu dionicu, najtočnije utvrditi mjerenjem njegovih impedancija praznog hoda i kratkog spoja na izvedenom objektu. To osobito vrijedi za strujne krugove, koji uključuju tlo kao jedan od vodiča, npr: nulte konstante trofaznih vodova, konstante strujnog kruga (uzemljeni) vodič — zemlja, ili međuimpedancije strujnih krugova sa zemljom kao povratnim vodičem. Dakako da kod mjerenja impedancija praznog hoda i kratkog spoja potonjih strujnih krugova nije moguće izbjeći utjecaj prijelaznih otpora uzemljenja na oba kraja voda, pa je u toku pokusa potrebno i njih posebno izmjeriti kako bi se mogli uzeti u obzir kod proračuna nabrojanih osebujnih električkih svojstava ispitivanog voda. Možebitna nesimetričnost nadomjesnog četveropola ispitivanog voda još nalaže mjerenje nadomjesnih impedancija praznog hoda i kratkog spoja s oba kraja voda.

Mjerenja se provode prema načelnim shemama prikazanim na slici 1. tako da se na početku voda (1) ili na njegovu svršetku (2) izmjere narinuti (nazivni ili sniženi) napon i pripadna struja po iznosu i kutu, dok je suprotni kraj voda, tj. svršetak (2) ili početak (1) otvoren kod ispitivanja praznog hoda, odnosno kratko spojen kod ispitivanja kratkog spoja. Tako možemo za svaki ispitivani vod ili stanovitu njegovu dionicu i za svaku vrstu mjerenja prema slici 1. odrediti po dvije impedancije praznog hoda $\overline{Z}_{PH^1}$ i $\overline{Z}_{PH^2}$ i po dvije impedancije kratkog spoja $\overline{Z}_{KS^1}$ i $\overline{Z}_{KS^2}$. Fazni pomak između mjernog napona i pripadne struje možemo izmjeriti pomoću vektormetra ili vatmetra, koji, međutim, mora pokazivati dovoljno točne rezultate u području stvarnih faznih pomaka. Zbog poteškoća oko određivanja stvarnih faznih pomaka kod mjerenja impendancija praznog hoda elektroenergetskih vodova možemo, u pravilu, odustati od mjerenja faznih pomaka i računati s potpuno kapacitivnom strujom praznog hoda.

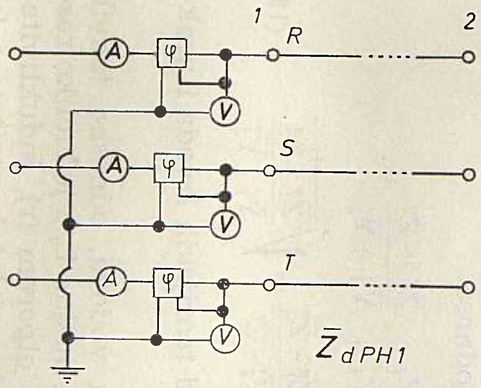
Konačno, napomenimo još da su impedancije $\overline{Z}_{dKS}$, $\overline{Z}_{dPH}$, $\overline{Z}_{v-zKS}$ i $\overline{Z}_{v-zPH}$ (prema oznakama na slici 1) zapravo fazno zavisne veličine, pa su i njihovi iznosi za npr. stanovit trofazni vod jednake aritmetičkoj sredini vrijednosti izmjerenih u fazama R, S i T, odnosno da identične jednakosti izmjerenih impedancija $\overline{Z}_{DPH^1} \equiv \overline{Z}_{dPH^2}$ i $\overline{Z}_{dKS^1} \equiv \overline{Z}_{dKS^2}$ ukazuju na homogenost ispitivanog voda i simetričnost njegova direktnog nadomjesnog četveropola, dok kod impedancija Z_0 i Z_{v-z} jednaki zaključak možemo donijeti samo onda ako istodobno postoji i dokaz o jednakosti prijelaznih otpora uzemljenja na oba kraja voda.

2. JEDNADŽBE ZA PRORAČUN

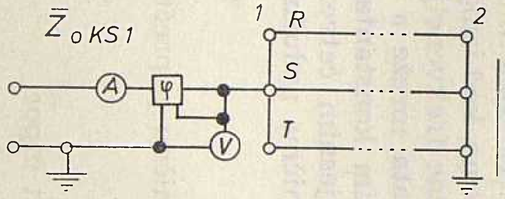
Za svaku vrstu impedancija praznog hoda i kratkog spoja prema slici 1. možemo pomoću pripadnih nadomjesnih četveropola prikazanih na slici 2. napisati ove jednadžbe:



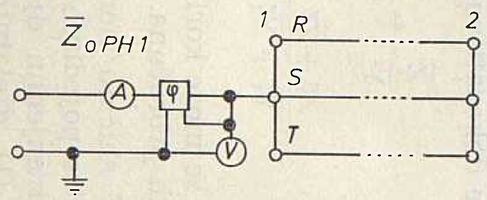
direktna (inverzna) impedancija KS. mjerenje trofaznim naponom



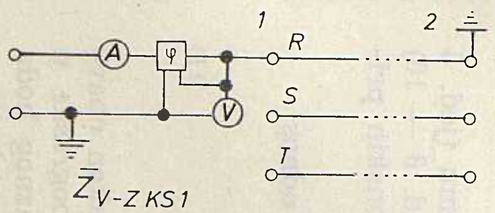
direktna (inverzna) impedancija p.h.



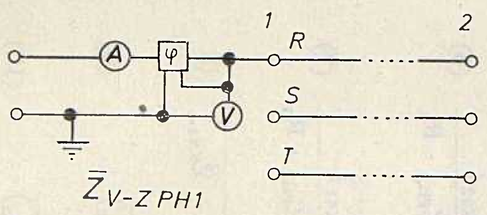
nulta impedancija kratkog spoja



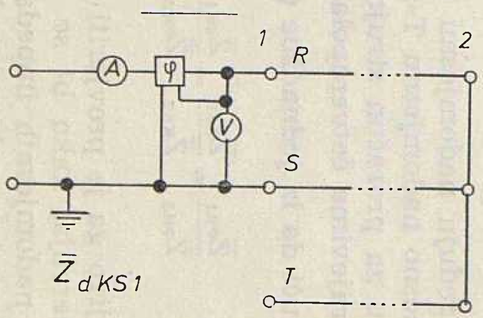
nulta impedancija praznog hoda



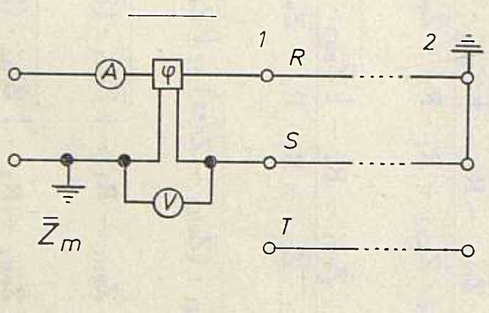
impedancija kratkog spoja strujnog kruga vodič - zemlja, mjerenje u fazi R



impedancija praznog hoda strujnog kruga vodič - zemlja, mjerenje u fazi R

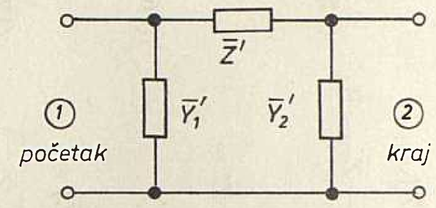


direktna (inverzna) impedancija K.S. mjerenje jednofaznim naponom u fazama R - S

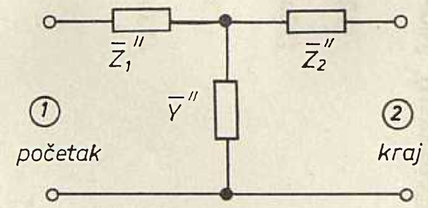


međuimpedancija, mjerenje struje u fazi R, mjerenje induciranog napona u fazi S

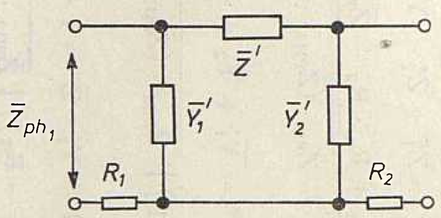
Sl. 1. Načelne sheme mjerenja nadomjesnih impedancija kratkog spoja i praznog hoda vodova, s njihova početka

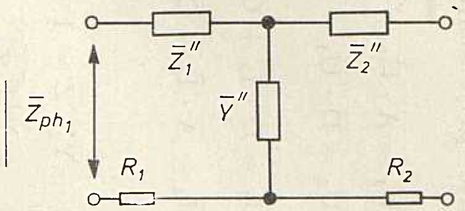


nadomjesna Π - shema

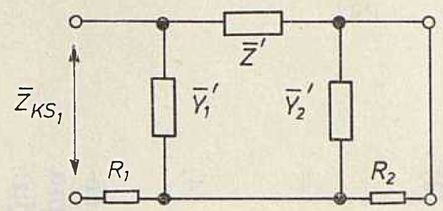


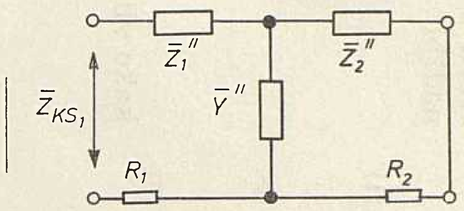
nadomjesna T - shema



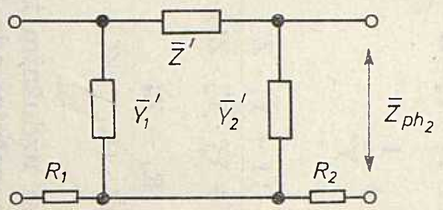


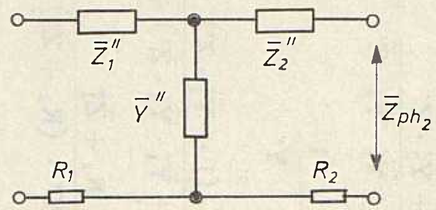
impedancija praznog hoda, mjerena na početku četveropola



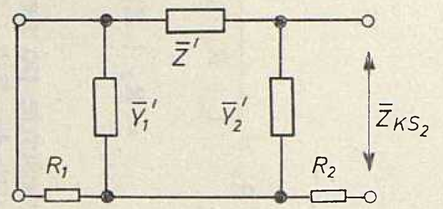


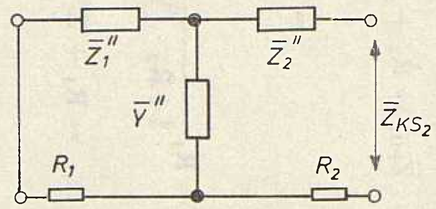
impedancija kratkog spoja, mjerena na početku četveropola





impedancija praznog hoda, mjerena na kraju četveropola





impedancija kratkog spoja, mjerena na kraju četveropola

Sl. 2. Nadomjesni četveropoli

$$\bar{Z}_{PH1} = R_1 + \frac{1 + \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}'}{\bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}_2 \cdot \bar{Z}'} =$$

$$= R_1 + \bar{Z}''_1 + \frac{1}{\bar{Y}''} \qquad (1)$$

$$\bar{Z}_{KS1} = R_1 \frac{\bar{Z}' + R_2 \cdot (1 + \bar{Y}'_2 \cdot Z')}{1 + R_2 \cdot (\bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}') + \bar{Y}'_1 + \bar{Z}'} =$$

$$= R_1 + Z''_1 + \frac{R_2 + \bar{Z}''_2}{1 + \bar{Y}'' \cdot (R_2 + \bar{Z}''_2)} \qquad (2)$$

$$\bar{Z}_{PH2} = R_2 + \frac{1 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Z}'}{\bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}'} =$$

$$= R_2 + \bar{Z}''_2 + \frac{1}{\bar{Y}''} \qquad (3)$$

$$\bar{Z}_{KS2} = R_2 + \frac{\bar{Z}' + R_1 \cdot (1 + \bar{Y}'_1 \cdot Z')}{1 + R_1 \cdot (\bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}') + \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}'} =$$

$$= R_2 + Z''_2 = \frac{R_1 + \bar{Z}''_1}{1 + \bar{Y}'' \cdot (R_1 + \bar{Z}''_1)} \qquad (4)$$

koje rješenje po nepoznatim uzdužnim impedancijama (Z'odn. Z_1'' i Z_2'') i poprečnim admitancijama ($\bar{Y}_1$' i $\bar{Y}_2$' odn. $\bar{Y}$'') nadomjesnog četveropola daju:

$$\bar{Z}' = \frac{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{KS2} + R_1 \cdot R_2 - Z_{PH1} \cdot R_2 - Z_{PH2} \cdot R_1}{\sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}} \qquad (5)$$

$$\bar{Y}'_1 = \frac{\bar{Z}_{PH2} - R_2 - \sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}}{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{KS2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1} \qquad (6)$$

$$\bar{Y}'_2 = \frac{\bar{Z}_{PH1} - R_1 - \sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot (\bar{Z}_{PH1} - \bar{Z}_{KS1})}}{\bar{Z}_{PH2} \cdot \bar{Z}_{Ks1} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1} \qquad (7)$$

$$\frac{1}{\bar{Y}''} \sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})} = \sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot (\bar{Z}_{PH1} - \bar{Z}_{KS1})} \qquad (8$$

$$\bar{Z}''_1 = \bar{Z}_{PH1} - R_1 - \sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})} \qquad (9)$$

$$\bar{Z}''_2 = \bar{Z}_{PH2} - R_2 - \sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot (\bar{Z}_{PH1} - \bar{Z}_{KS2})} \qquad (10)$$

i time određuju nadomjesnu Π — shemu (jed. 5 — 7), odnosno nadomjesnu T-shemu (jed. 8 — 10) neophodnu za proračun strujnih i naponskih prilika na krajevima četveropola.

Budući da iz jednadžbe (8) slijedi odnos

$$\frac{\bar{Z}_{PH1}}{\bar{Z}_{PH2}} = \frac{\bar{Z}_{KS1}}{\bar{Z}_{KS2}} = \frac{\bar{Z}_{PH1} - \bar{Z}_{KS1}}{\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2}} \qquad (11)$$

preporučljivo ga je provjeriti odmah nakon obavljenih mjerenja, kako bi se moguće pogreške u mjerenju nadomjesnih impedancija praznog hoda i kratkog spoja mogle pravodobno ukloniti.

Pomoću jednadžbi (5) — (10) možemo zatim odrediti i konstante prijenosnih (telegrafskih) jednadžbi

$$\bar{U}_1 = \bar{A} \cdot \bar{U}_2 + \bar{B} \cdot \bar{I}_2 \qquad (12)$$

$$\bar{U}_2 = \bar{D} \cdot \bar{U}_1 - \bar{B} \cdot \bar{I}_1 \qquad (12a)$$

$$\bar{I}_1 = \bar{D} \cdot \bar{I}_2 + \bar{C} \cdot \bar{U}_2 \qquad (13)$$

$$\bar{I}_2 = \bar{A} \cdot \bar{I}_1 - \bar{C} \cdot \bar{U}_1 \qquad (13a)$$

kako slijedi:

$$\bar{A} = 1 + \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}' = 1 + \bar{Y}'' \cdot \bar{Z}''_1 =$$

$$= (\bar{Z}_{PH1} - R_1) / \sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})} \qquad (14)$$

$$\bar{B} = \bar{Z}' = \bar{Z}''_1 + \bar{Z}''_2 + \bar{Y}'' \cdot \bar{Z}''_1 \cdot \bar{Z}''_2 =$$

$$= \frac{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{KS2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1}{\sqrt{\bar{Z}_{PH} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}} \qquad (15)$$

$$\bar{C} = \bar{Y}'' = \bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}' =$$

$$= 1 / \sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})} \qquad (16)$$

$$\bar{D} = 1 + Y'_1 \cdot \bar{Z}' = 1 + \bar{Y}'' \cdot \bar{Z}''_2 =$$

$$= (\bar{Z}_{PH2} - R_2) / \sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot (\bar{Z}_{PH1} - \bar{Z}_{KS1})} \qquad (17)$$

te pomoću njih izvršiti, također, sve potrebne proračune električnih prilika na oba kraja voda.

Napomenimo da se pomoću jednadžbi (5) — (10) može dokazati valjanost odnosa

$$\frac{\bar{Z}'}{\bar{Y}''} = \frac{\bar{Z}''_1}{\bar{Y}'_2} = \frac{\bar{Z}'_2}{\bar{Y}_1} = \frac{\bar{Z}''_1 + \bar{Z}''_2}{\bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2} =$$

$$= \frac{\bar{Z}''_1 + \bar{Z}''_2 + \bar{Y}'' \cdot \bar{Z}''_1 \cdot \bar{Z}''_2}{\bar{Y}'_1 + \bar{Y}'_2 + \bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}'_2 \cdot \bar{Z}'} = \sqrt{\frac{\bar{Z}''_1 \cdot \bar{Z}''_2}{\bar{Y}'_1 \cdot \bar{Y}'_2}} \qquad (18)$$

koji se može koristiti kod teorijskih izvoda i praktičnih proračuna.

U slučaju homogenih vodova, odnosno takvih dionica pojedinih vodova dužine L, s jednoliko rasprostranjenim djelatnim otporom (r), induktivitetom (l), djelatnim odvodom (g) i kapacitetom (c) možemo, kod izmjeničnih struja frekvencije (f) odn. kružne frekvencije $\omega = 2 \cdot \Pi \cdot f$, kao i kod ostalih elemenata mreže s ravnomjerno raspoređenim jediničnim konstantama i pripadnim simetričnim nadomjesnim četveropolima, uz $j = \sqrt{-1}$ pisati za jediničnu uzdužnu impedanciju:

$$\bar{z} = r + j \cdot \omega \cdot l \qquad (19)$$

jediničnu poprečnu admitanciju

$$\bar{y} = g + j \cdot \omega \cdot c \qquad (20)$$

valni otpor

$$\bar{Z}_w = \sqrt{\bar{z} / \bar{y}} \qquad (21)$$

konstantu rasprostiranja

$$\bar{\gamma} = \sqrt{\bar{z} \cdot \bar{y}} = \alpha + j\beta, \tag{22}$$

gdje je: α — konstanta gušenja,

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}[r \cdot g - \omega^2 \cdot l \cdot c + \sqrt{(r^2 + \omega^2 \cdot l^2) \cdot (g^2 + \omega^2 \cdot c^2)}]} \tag{23}$$

β — dužinska konstanta,

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [\omega^2 \cdot l \cdot c - r \cdot g + \sqrt{(r^2 + \omega^2 \cdot l^2) \cdot (g^2 + \omega^2 \cdot c^2)}]} \tag{24}$$

v —brzina širenja vala

$$v = \omega/\beta \tag{25}$$

i opću konstantu

$$\bar{\Theta} = \bar{\gamma} \cdot L \tag{26}$$

Kako za simetrične nadomjesne četveropole ($\bar{Y}_1' = \bar{Y}_2' = \bar{Y}'/2$ i $\bar{Z}_1'' = \bar{Z}_2'' = \bar{Z}''/2$) navedenih objekata jednadžbe (6) i (7), odnosno (9) i (10) s jednadžbom (11) daju odnos

$$\bar{Z}_{PH1} - R_1 = \bar{Z}_{PH2} - R_2 \tag{27}$$

preporuča se da se oni provjere prije slijedećih proračuna, jer jedinične konstante stanovitog objekta, pripadnu konstantu rasprostiranja, valni otpor i konstantu gušenja i brzinu rasprostiranja vala ima smisla računati samo onda kada ne postoji prostorna ovisnost njihovih iznosa o njihovu položaju na ispitanom objektu.

Prisjetimo li se sada da kod homogenih vodova vrijede još i ove jednadžbe

$$\bar{A} = \bar{D} = \operatorname{ch} \bar{\Theta} \tag{28}$$

$$\bar{B} = \bar{Z}' = \bar{Z}_w \cdot \operatorname{sh} \bar{\Theta} \tag{29}$$

$$\bar{C} = \bar{Y}'' = \frac{\operatorname{sh} \bar{\Theta}}{\bar{Z}_w} \tag{30}$$

$$\frac{\bar{Y}'}{2} = \bar{Y}_1' = \bar{Y}_2' = \frac{\operatorname{th} \bar{\Theta}/2}{\bar{Z}_w} \tag{31}$$

$$\frac{\bar{Z}'}{2} = \bar{Z}_1'' = \bar{Z}_2'' = Z_w \cdot \operatorname{th} \bar{\Theta}/2 \tag{32}$$

moći ćemo pomoću jednadžbi (5), (8), (11), (29) i (30) pisati za valni otpor:

$$\bar{Z}_w = \sqrt{\frac{\bar{Z}'}{\bar{Y}''}} = \sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{KS2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1} =$$

$$= \sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot \bar{Z}_{KS1} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1} \tag{33}$$

te također i

$$\operatorname{sh} \bar{\Theta} = \sqrt{\bar{Z}' \cdot \bar{Y}''} =$$

$$= \frac{\sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{KS2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1}}{\sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}} =$$

$$= \frac{\sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot \bar{Z}_{KS1} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1}}{\sqrt{\bar{Z}_{PH2} \cdot (\bar{Z}_{PH1} - \bar{Z}_{KS1})}} \tag{34}$$

što daje

$$\bar{A} = \bar{D} = \operatorname{ch} \bar{\Theta} = \sqrt{1 + \operatorname{sh}^2 \bar{\Theta}} =$$

$$= \frac{\sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{PH2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1}}{\sqrt{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}} \tag{35}$$

dok za konstante prijenosnih jednadžbi $\bar{B} = \bar{Z}'$ i $\bar{C} = \bar{Y}''$ vrijede nadalje jednadžbe (5) i (8).

Nakon zbrajanja jednadžbi (34) i (35),

$$e^{\bar{\Theta}} = \operatorname{sh} \bar{\Theta} + \operatorname{ch} \bar{\Theta}$$

moći ćemo pisati

$$\bar{\Theta} = \ln \left[\sqrt{\frac{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{KS2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1}{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}} + \right.$$

$$\left. + \sqrt{\frac{\bar{Z}_{PH1} \cdot \bar{Z}_{PH2} + R_1 \cdot R_2 - \bar{Z}_{PH1} \cdot R_1 - \bar{Z}_{PH2} \cdot R_1}{\bar{Z}_{PH1} \cdot (\bar{Z}_{PH2} - \bar{Z}_{KS2})}} \right] \tag{36}$$

te za konstantu rasprostiranja

$$\bar{\gamma} = \bar{\Theta}/L \tag{37}$$

Konačno, možemo sada pomoću jednadžbi (33), (36), i (37) odrediti jedniničnu uzdužnu impedanciju

$$\bar{z} = \bar{\gamma} \cdot \bar{Z}_w = \bar{\Theta} \cdot \bar{Z}_w/L \tag{38}$$

i jediničnu poprečnu admitanciju

$$\bar{y} = \bar{\gamma} / \bar{Z}_w = \bar{\Theta} / \bar{Z}_w \cdot L \tag{30}$$

Napomenimo još da nakon obavljenih proračuna direktnih (inverznih) i nultih jediničnih uzdužnih impedancija, kao i jediničnih uzdužnih impedancija strujnog kruga vodič-zemlja za stanoviti vod, možemo točnost dobivenih rezultata ustanoviti na temelju odnosa

$$3 \cdot \bar{z}_{v-z} = \bar{z}_0 + 2 \cdot \bar{z}\, d \tag{40}$$

koji mora biti zadovoljen ako su sva mjerenja i proračuni po gornjem postupku u redu obavljeni.

3. PRIMJER UPORABE

Mjerenjem direktnih (inverznih) impedancija praznog hoda i kratkog spoja na homogenom vodu ($\bar{Z}_{PH} = \bar{Z}_{PH1} = \bar{Z}_{PH2}$ i $\bar{Z}_{KS} = \bar{Z}_{KS1} = \bar{Z}_{Ks2}$) 220 kV Mraclin-Brinje, dužine L = 117,77 km, određene su, uz zanemarivo male prijelazne otpore ($R_1 = R_2 = 0$ oma), kod frekvencije f = 50 Hz, slijedeće vrijednosti:

$$\bar{Z}_{PH} = 2.340 \,\underline{|-90°}\ \text{oma i}\ \bar{Z}_{KS} = 37{,}88 \,\underline{|79{,}04°}\ \text{oma}$$

Opće konstante prijenosnih jednadžbi:

pomoću jednadžbe (35)

$$\overline{A} = \overline{D} = \sqrt{\frac{\overline{Z}_{PH}}{\overline{Z}_{PH} - \overline{Z}_{KS}}} = 9{,}992\,|\underline{0{,}0868°}$$

pomoću jednadžbe (5)

$$\overline{B} = \overline{Z}' = \overline{Z}_{KS} \cdot \overline{A} = 37{,}58\,|\underline{79{,}1268°}\ \text{oma}$$

pomoću jednadžbe (8)

$$\overline{C} = \overline{Y}'' = 1/\sqrt{\overline{Z}_{PH} \cdot (\overline{Z}_{PH} - \overline{Z}_{KS})} = 424 \cdot 10^{-6}\,|\underline{-90{,}0868°}\ \text{S}$$

Ostale konstante nadomjesnog četveropola pomoću jednadžbi (6) i (7), odnosno (10) i (11):

$$\frac{\overline{Y}'}{2} = \frac{1}{\overline{Z}_{KS}} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\overline{Z}_{PH} - \overline{Z}_{KS}}{\overline{Z}_{PH}}}\right) = 212{,}8 \cdot 10^{-6}\,|\underline{90{,}0436°}\ \text{S}$$

$$\frac{\overline{Z}''}{2}\,\overline{Z}_{PH} - \sqrt{\overline{Z}_{PH} \cdot (\overline{Z}_{PH} - \overline{Z}_{KS})} = 18{,}87\,|\underline{79{,}0836°}\ \text{oma}$$

Valni otpor pomoću jednadžbe (33):

$$\overline{Z}_W = \sqrt{\overline{Z}_{PH} \cdot \overline{Z}_{KS}} = 297{,}7\,|\underline{-5{,}48°}\ \text{oma}$$

Opća konstanta pomoću jednadžbe (36):

$$\overline{\Theta} = \ln\frac{\sqrt{\overline{Z}_{PH}} + \sqrt{\overline{Z}_{KS}}}{\sqrt{\overline{Z}_{PH}} - \sqrt{\overline{Z}_{KS}}} = 0{,}266\,|\underline{84{,}578°}$$

Konstanta rasprostiranja:

$$\overline{\gamma} = \overline{\Theta}/L = 0{,}001\,075\,|\underline{84.578°} = 0{,}000\,1015 + j\,0{,}001\,07$$

Brzina rasprostiranja:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot 50/0{,}00107 = 2{,}94\ \text{km/s}$$

Jedinična uzdužna impedancija:

$$\overline{z} = \overline{\gamma} \cdot \overline{Z}_W = 0{,}320\,|\underline{79{,}1°} = 0{,}0605 + j\,0{,}314\ \text{oma/km}$$

induktivitet voda $1 = 10^{-3}$ H/km

Jedinična poprečna admitancija:

$$\overline{y} = \overline{\gamma}/\overline{Z}_W = 3{,}61 \cdot 10^{-6}\,|\underline{90{,}058°} = j\,3{,}61 \cdot 10^{-6}\ \text{S}$$

pogonski kapacitet voda $c = 1{,}15 \cdot 10^{-8}$ F/km

Pomoću dobivenih vrijednosti možemo, dakako, izvesti sve proračune raspodjele struja i napona frekvencije 50 Hz uzduž voda 220 kV Mraclin — Brinje kod različitih opterećenja na krajevima voda.

Naslov pisca:
Miroslav J u n g, dipl. ing.,
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Priprema vode u nuklearnim elektranama

Lewatit/Lewasorb

Ionski izmjenjivač tvrtke Bayer – djelotvoran, ekonomičan

○ Molim za informaciju o pripremi vode u

○ Molim za savjet u vezi slijedećeg problema

OC 1677 A

Molimo pošaljite kupon na:
CHEMCOLOR Inozemna zastupstva
41001 ZAGREB, Poštanski pretinac 1005

Bayer

BAYER

UTJECAJI NA CIJEVI KONDENZATORA I MJERE ZA OSIGURANJE KVALITETE PRI IZRADI KONDENZATORA

Zoran Kuljiš, Zagreb

Na početku članka prikazani su bitni utjecaji koji djeluju na cijevi (rashladne površine) u kondenzatoru. Važniji utjecaji na cijevi detaljno su analizirani, a dane su i neke smjernice za smanjenje štetnih posljedica. U istom dijelu članka opisane su i važnije osobine materijala koji se koristi za izradu cijevi kondenzatora, a u drugom dijelu članka navedene su osnovne smjernice za osiguranje kvalitete pri izradi kondenzatora. One treba da posluže kao preporuka korisniku, odnosno kupcu kondenzatora radi dobivanja kvalitetne opreme.

DK 620.181

KONDENZATORSKE CIJEVI

Izbor materijala za izradu kondenzatorskih cijevi u prošlosti uglavnom se bazirao na dobrim svojstvima toplinske vodljivosti, što je i razlog da su u starijim izvedbama kondenzatora najčešće upotrebljavane cijevi od bakrenih legura. Izgradnja termoelektrana velikih jediničnih snaga donosi nove zahtjeve na materijal kondenzatorskih cijevi. Potreba za velikim količinama rashladne vode nametnula je upotrebu slatkih voda slabije kvalitete i morske vode kao medija za odvođenje topline s hladnog kraja toplinskog procesa u termoelektranama. U ovakvim uvjetima od kondenzatora se zahtijeva visoka raspoloživost, što nameće strože zahtjeve na materijal cijevi, kao što su otpornost na koroziju i eroziju, te dobro brtvljenje između parnog i prostora s rashladnom vodom (posebno kod nuklearnih elektrana s vrelom vodom »BWR«).

1. Vanjski utjecaji na materijal cijevi

Od vanjskih utjecaja koji štetno djeluju na materijal cijevi najutjecajniji su erozija i korozija. Erozija cijevi na parnoj strani posljedica je velikih brzina pare i kapljica vode na izlazu iz turbine. Oštećenja izazvana erozijom obično se javljaju na cijevima naposredno izloženim izlaznoj struji pare. Znatnija oštećenja posebno su naglašena kod cijevi od bakrenih legura zbog mekoće materijala. Na takva oštećenja otporni su austenitni čelici i titan. Sprečavanje erozije u kondenzatorima s cijevima od bakrenih legura postiže se postavljanjem dodatnih pregrada iznad cijevnih snopova, čime se postiže izbjegavanje direktnog nastrujavanja pare i vodenih kapljica na cijevi, ili zaštitom cijevi oblogama od otpornijih materijala, a u najnovije vrijeme kritičan broj cijevi (sloj u gornjem dijelu snopa) zamjenjuje se cijevima od otpornijeg materijala (obično od austenitni čelika).

Erozija koja se javlja na strani rashladne vode posljedica je postojanja mehaničkih nečistoća (pijesak, čestica tvrdih materijala i sl.). Prve konstatacije ove erozije uočljive su tek nakon godinu dana od upuštanja kondenzatora u normalan pogon. Osim zahvata u usisnoj građevini, privodnom kanalu, kao i izvedbi samih vodnih komora na kondenzatorima, sprečavanje erozije cijevi s unutrašnje strane može se postići postavljanjem plastičnih umetaka na unutrašnjoj površini cijevi u dužini od otprilike 200 mm. Sličan efekt može se postići presvlačenjem cijevi kemijskim spojevima znatno otpornijim na djelovanje erozije. Jedan od načina da se to postigne jest tretiranje cijevi željeznim sulfatom u toku određenog razdoblja. Taj postupak može se izvesti i prilikom samog puštanja kondenzatora u pogon kada se u rashladnom vodu dodaju kemikalije potrebne za postizanje zaštitnog sloja.

Korozija koja se javlja u parnom prostoru kondenzatora najčešće je posljedica »napada« amonijaka u tekućem ili plinovitom stanju. Amonijak uz prisutnost kisika uzrokuje pojavu naponske korozije kod većine bakrenih legura. Otpornosti materijala cijevi na takav tip korozije povećava se pravilnom termičkom obradom cijevi nakon izrade, odgovarajućom tehnologijom kod montaže, zatim dodavanjem nikla u legure bakra ili upotrebom cijevi od astenitnih čelika i titana.

U tablici 1. prikazani su materijali koji se najčešće koriste za izradu kondenzatorskih cijevi s nekim fizikalnim svojstvima interesantnim za funkciju kondenzatora.

2. Naprezanja u cijevima

Naprezanja zbog unutrašnjeg tlaka ovisna su izravno o tlaku rashladne vode, koji se kreće do 14 N/cm² za slučaj protočnog hlađenja, odnosno do 70 N/cm²,) tj. do najviših tlakova, koji se javljaju kod sistema sa rashladnim tornjevima. Dimenzije cijevi koje se normalno koriste mogu izdržati višestruko povećanje tlaka rashladne vode bez štetnih posljedica.

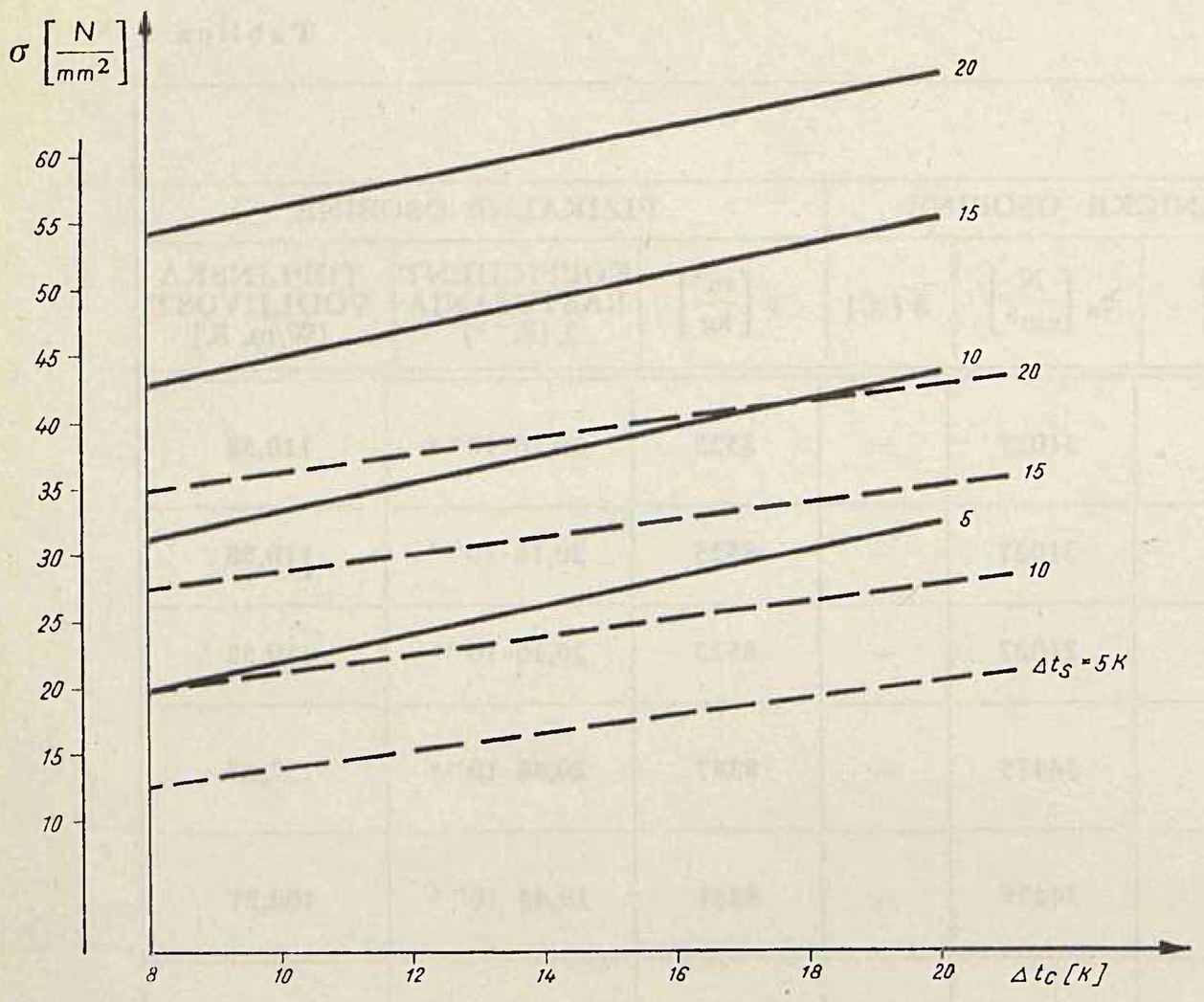
Kao primjer za provjeru naprezanja od unutrašnjeg tlaka neka nam posluži cijev promjera 25,4 mm (1") s debljinom stijenke od 0,895 mm (0,035"). Takva cijev izrađena od legure bakra i nikla Cu-Ni 90/10 ima najnižu granicu popuštanja

Tablica 1

MATERIJAL KONDENZATORSKE CIJEVI

VRSTA MATERIJALA	NAZIV MATERIJALA	OZNAKA PREMA ASTM-U (1)	KEMIJSKI SASTAV %																		MEHANIČKE OSOBINE			FIZIKALNE OSOBINE		
			BAKAR	KOSITAR	ALUMINIJ	NIKL	MAKS. OLOVA	ŽELJEZO	SILICIJ	CINK	MANGAN	ARSEN	ANTIMON	FOSFOR	UGLJIK	SUMPOR	KROM	MOLIBDEN	TITAN	MAGNEZIJ	$\sigma_v \left[\frac{N}{cm^2}\right]$	$\sigma_n \left[\frac{N}{cm^2}\right]$	δ [%]	$\rho \left[\frac{m^3}{kg}\right]$	KOEFICIJENT RASTEZANJA λ [K^{-1}]	TOPLINSKA VODLJIVOST [W/m, K]
LEGURE BAKRA	ADMIRALTY	B 11 ALLOY 443	70 ÷ 73	0,9 ÷ 1,2			0,07	0,06 maks		OSTATAK		0,02 ÷ 0,1									10342*	31027	–	8525	$20,16 \cdot 10^{-6}$	110,58
	”	B 111 ALLOY 444	70 ÷ 73	0,9 ÷ 1,2			0,07	0,06 maks		OSTATAK			0,02 ÷								10342*	31027	–	8525	$20,16 \cdot 10^{-6}$	110,58
	”	B 11 ALLOY 445	70 ÷ 73	0,9 ÷ 1,2			0,07	0,06 maks		OSTATAK			2 ÷ 0,1								10342*	31027	–	8525	$20,16 \cdot 10^{-6}$	110,58
	MUNTZ	B 111 ALLOY 280	59 ÷ 63				0,30	0,07 maks		OSTATAK											13790*	34475	–	8387	$20,88 \cdot 10^{-6}$	122,67
	ALUMINIJSKA MJED	B 11 ALLOY 687	76 ÷ 79		1,8 ÷ 2,5		0,07	0,06 maks		OSTATAK		0,02 ÷ 0,1									12411*	34475	–	8331	$19,44 \cdot 10^{-6}$	100,21
	ALUMINIJSKA BRONCA	B11 ALLOY 608	93 min		5 ÷ 6,5		0,1	0,1 maks				0,35 maks									13100*	34475	–	8165	$17,82 \cdot 10^{-6}$	83,79
	BAKAR-NIKL 70 – 30	B 111 ALLOY 715	65 min.			29 ÷ 33	0,05	0,4 ÷ 0,7		1,0 maks	1,0										12411*	35854	12 ÷ 15	8940	$16,2 \cdot 10^{-6}$	29,37
	80 ” – 20	B 11 ALLOY 710	74 min.			19 ÷ 23	0,05	0,5 ÷ 1,0		1,0 maks	1,0										11032*	31027	–	8940	$16,38 \cdot 10^{-6}$	36,28
	90 ” – 10	B 11 ALLOY 706	86,5 min			9 ÷ 11	0,05	1,0 ÷ 1,8		1,0 maks	1,0										10342*	27580	–	8940	$17,1 \cdot 10^{-6}$	38,01
	ARSENSKI BAKAR	B 111 ALLOY 142	99,4 min									0,15 ÷ 0,5		4 maks							20685	24822	–	8940	$17,64 \cdot 10^{-6}$	193,51
NEHRĐAJUĆI ČELICI	NEHRĐAJUĆI ČELIK	A 249 TYPE 304				8 ÷ 11			0,75 maks		2,0 maks			maks	0,08 maks	0,03 maks	18 ÷ 20				20685	51712	35	8027	$17,28 \cdot 10^{-6}$	16,27
	”	A 249 TYPE 316				11 ÷ 14			0,75 maks		2,0 maks			maks	0,08 maks	0,03 m-ks	16 ÷ 18	2 ÷ 3			20685	51712	35	8027	$16,2 \cdot 10^{-6}$	15,55
	”	A 269 TYPE 304				8 ÷ 11			0,75 maks		2,0 maks			maks	0,08 maks	0,03 maks	18 ÷ 20				20685	51712	35	8027	$17,82 \cdot 10^{-6}$	16,27
	”	A 269 TYPE 316				11 ÷ 14			0,75 maks		2,0 maks			maks	0,08 maks	0,03 maks	16 ÷ 18	2 ÷ 3			20685	51712	35	8027	$16,2 \cdot 10^{-6}$	15,55
	”	A 268 TYPE 329				2,5 ÷ 5			0,75 maks		1,0 maks			maks	0,02 maks	0,03 maks	23 ÷ 28	1 ÷ 2			48265	62055	20	7750	$14,4 \cdot 10^{-6}$	21,60
	”	A 268 TYPE 410				0,5 maks			0,75 maks		1,0 maks			maks	0,15 maks	0,03 maks	11,5 ÷ 13,5				20865	41370	20	7750	$10,98 \cdot 10^{-6}$	24,91
LEGURE ALUMINIJA	ALUMINIJ	B 234 3003 H 14	0,05 ÷ 0,2		OSTATAK			0,7	0,6	0,1	1 ÷ 1,5										11721	13790	–	2740	$25,02 \cdot 10^{-6}$	160,68
	”	B 234 ALCLAD 3003 H 14 (CORE)	0,05 ÷ 0,2		OSTATAK			0,7	0,6	0,1	1 ÷ 1,5										11032	13100	–	2740	$25,02 \cdot 10^{6-}$	160,68
	”	B 234 6061 T4	0,15 ÷ 0,4		OSTATAK			0,7	0,4 ÷ 0,8	0,25	0,15						0,04 ÷ 0,35		0,15	0,8 ÷ 1,2	11032	20685	–	2712	$25,38 \cdot 10^{-6}$	156,5
	”	B 234 6061 T6	0,15 ÷ 0,4		OSTATAK			0,7	0,4 ÷ 0,8	0,25	0,15						0,04 ÷ 0,35		0,15	0,8 ÷ 1,2	24172	28959	–	2712	$25,38 \cdot 10^{-6}$	156,5
TITAN	TITAN	B 338 GRADE 1						0,2 maks							0,1 maks				OSTATAK		17237	24132	24	4511	$8,64 \cdot 10^{-6}$	15,69 do 19,87
	”	B 338 GRADE 2						0,3 maks							0,1 maks				OSTATAK		27580	34475	20	4511	$8,64 \cdot 10^{-6}$	15,69 do 19,87
UGLJIČNI ČELIK	UGLJIČNI ČELIK	A 214									0,27 ÷ 0,63			maks	0,18 maks	0,06 maks					27580	37922	35	7861	$11,7 \cdot 10^{-6}$	50,39

(1) — SPECIFIKACIJA AMERICAN STANDARD FOR TESTING AND MATERIJALS (ASTM)
* — ODŽARENO



Sl. 1.

na 10 342 N/cm² (odžaren) i može izdržati radni tlak od 728,82 N/cm² bez trajnih deformacija.

A k s i j a l n a n a p r e z a n j a posljedica su sila koje djeluju na cijev paralelno s njezinom uzdužnom osi. Rezultanta tih sila djeluje na cijev preko spojeva u cijevnim stijenama. Tlačna naprezanja imaju tendenciju da proguraju cijev kroz cijevne stijene, a vlačna naprezanja nastoje izvući cijev iz cijevnih stijena. Takve sile uzrokuju naprezanja u poprečnom presjeku cijevi, okomito na naprezanje od unutrašnjeg tlaka u cijevi. Iznalaženje rezultirajućeg naprezanja u ovom slučaju zahtijeva upotrebu vektorskog zbrajanja obaju naprezanja. Aksijalna naprezanja mogu biti uzrokovana deformacijom cijevne stijene, toplinskom dilatacijom te procesom uvaljivanja cijevi kod montaže kondenzatora.

T o l e r a n c i j e k o d i z r a d e i m o n t a ž e mogu utjecati na deformacije cijevnih stijena, što je posebno značajno kod kondenzatora većih dimenzija.

T l a k u v o d n i m k o m o r a m a direktno djeluje na cijevnu stijenu i deformira je na način da rubove izbacuje prema van (u odnosu na parni prostor), a sredinu gura prema unutra. Te deformacije, koje predstavljaju deformacije membrane, uzrokuju visoka vlačna naprezanja cijevi na periferiji snopa i manja tlačna naprezanja cijevi u sredini snopa. Raspored vlačnih naprezanja u aksijalnom smjeru, između cijevi, ovisan je o fizikalnim svojstvima materijala cijevne stijene i o geometrijskom razmještaju cijevi. Visoki tlakovi unutar vodnih komora mogu u ekstremnim slučajevima uzrokovati naprezanja dovoljno velika da izvuku cijev iz uvaljanog spoja s cijevnom stijenom. U slučaju cijevne stijene dimenzije 3 100×3 760 mm, sa 8 924 cijevi promjera 22,3 mm, površina na koju djeluje tlak iz vodne komore iznos 81 490 cm². Ako tlak vodne komore poraste na 20 N/cm², sila na cijevnu stijenu bit će 1 629 800 N. Konstrukcijom privodnog kanala potrebno je onemogućiti pojavu porasta tlaka u vodnoj komori.

Pri izvođenju tlačne probe na vodnim komorama (a regulativ zahtijeva da bude izvršena tlakom 50% većim od projektiranog i ne manjim od 17,3 N/cm²) potrebno je voditi računa o deformaciji cijevne stijene i naprezanjima koja te deformacije uzrokuju u cijevima. Izbjegavanje većih tlakova na cijevnu stijenu je poželjno, pa je preporučljivo da se tlačna proba vodnih komora izvede odvojeno, ili da se prije probe, ako je to moguće, postave odgovarajuća ukrućenja cijevnih stijena. Na slici 6. i 7. prikazana je tlačna proba na vodnim komorama koja je izvedena direktnim spajanjem dviju komora odvojeno od plašta kondenzatora.

R a z l i k a u t o p l i n s k o j d i l a t a c i j i posljedica je nejednake temperature plašta i cijevi i međusobnog odstupanja koeficijenata linearnog produljenja, plašta i cijevi. Nromalno je da se montaža kondenzatora obavlja u uvjetima okoline. U fazi eksploatacije uvjeti se mijenjaju. Plašt ispunjen parom i kondenzatom je topliji u odnosu prema stanju pri montaži, zbog čega će doći do produljenja plašta prema početnom stanju. Cijevi ispunjene rashladnom vodom hladnije su od početnog stanja pa će zbog negativne toplinske dilatacije biti kraće nego pri početnom stanju. Posljedica naknadnih dilatacija u pogonu su aksijalna naprezanja koja će se javiti u kondenzatorskim cijevima.

To naprezanje ne mora biti znatno u normalnim radnim uvjetima, kada u konstrukciji postoji dilatacioni spoj. U nenormalnim pogonskim uvjetima naprezanja izazvana temperaturnim dilatacijama mogu imati znatnijeg utjecaja. Nenormalni uvjeti mogu nastati kada dođe do direktnog ispuha pare u kondenzator, zatim kada je jedan ili više snopova cijevi izvan pogona (začepljenje ili propuštanje). Na slici 1. prikazan je rezultat analize utjecaja toplinskih dilatacija na naprezanje u cijevima. U analizi je zanemaren utjecaj dilatacionih spojeva. Takvo pojednostavnjenje može se donekle izjednačiti sa situacijom u nenormalnim uvjetima pogona koji djeluju parcijalno na snop cijevi. U ovakvim slučajevima znatno se smanjuje utjecaj dilatacionih spojeva.

U v a l j i v a n j e c i j e v i, se ne odvija po zahtijevanom, kvalificiranom, postupku, može uzrokovati vlačno, tlačno ili tangencialno naprezanje u cijevi. Ta naprezanja ostaju u cijevi i nakon postupka uvaljivanja i pribrajaju se ostalim naprezanjima. Radi smanjenja ostatnih naprezanja od uvaljivanja, preporučljivo je provesti postupak uvaljivanja i u više faza na oba kraja cijevi. Kod postupnog uvaljivanja smanjene su sile koje djeluju na cijev pa su i ostala naprezanja manja.

UTJECAJI AKSIJALNOG NAPREZANJA

Tri su posljedice postojanja aksijalnog naprezanja u cijevi: (1) utjecaj na silu spoja u cijevnoj stijeni, (2) utjecaj na naprezanje u stijenki cijevi i (3) utjecaj na izvijanje cijevi.

Na sl. 2. prikazana je ovisnost veličine aksijalnog opterećenja — koju može izdržati cijev od legure bakra i nikla (Cu — Ni 90/10) uvaljana u mjedenu cijevnu stijenu (Muntz metal) — o plastičnoj deformaciji stijenke cijevi. Krivulje dane na slici prikazuju dva slučaja: kada je provrt u cijevnoj stijeni gladak, i kada su u provrtu radijalno urezani utori. Na sl. 4. prikazan je standardni oblik utora, u provrtu cijevne stjene, prema TEMA — Heat Exchanger Standardu.

Kod uvaljivanja s redukcijom cijevne stijenke većom od 10%, sila koju može izdržati spoj opada u aksijalnom smjeru. O tome je potrebno voditi računa pri izvođenju postupaka uvaljivanja kod naknadnih popravaka nakon provjere nepropusnosti.

Kada se nakon uvaljivanja, na krajevima cijevi, izvodi dodatno savijanje (radi smanjenja otpora strujanja), pojavit će se dodatna sila otpora na spoju u slučaju vlačnog naprezanja cijevi. Veličinu tog utjecaja složeno je iskazati kvantitativno.

Kada se prema uvjetima mjesta ugradnje, očekuje pojava znatnijih aksijalnih naprezanja, provrte u cijevnim stijenama potrebno je predvidjeti s autorima.

Kada je poznat otpor uvaljanog spoja, može se izračunati najveće naprezanje (vlačno ili tlačno, uzduž cijevi) koje će se pojaviti u cijevi prije popuštanja na uvaljanom spoju:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\text{otpor spoja}}{0{,}786\,(d_v^2 - d_u^2)},$$

gdje je:

σ — naprezanje u cijevi [N/m²]
F — otpor spoja [N]
A — poprečni presjek stijenke cijevi [cm²]
d_v — vanjski promjer cijevi [cm]
d_u — unutrašnji promjer cijevi [cm].

Ako za promjer odaberemo cijev promjera 28,6 ×1,2 mm, od legure bakra i nikla (Cu — Ni 90/10), izračunato naprezanje za slučaj aksijalnog opterećenja od 11 000 N iznosi 98 N/mm², što je za oko 6% niže od minimalne granice razvlačenja. U ovom slučaju prije će doći do uništenja uvaljanog spoja nego što u cijevima nastanu trajne deformacije uzrokovane aksijalnim opterećenjem.

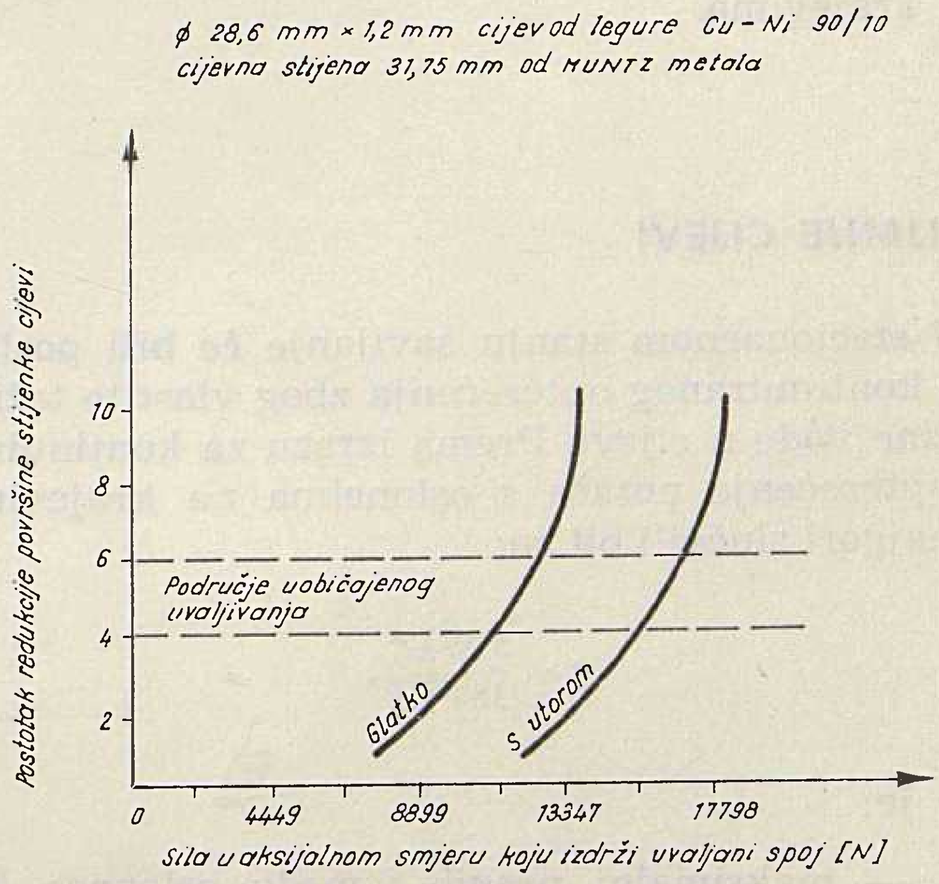
Izvijanje cijevi pojavit će se kao posljedica djelovanja sile u smjeru osi cijevi. Pojavom izvijanja doći će osim bočnih pomaka i do aksijalnih pomaka krajeva cijevi i istih pomaka cijevnih stijena.

Za slučaj zglobno učvršćenog štapa, prema Euleru kritična sila je:

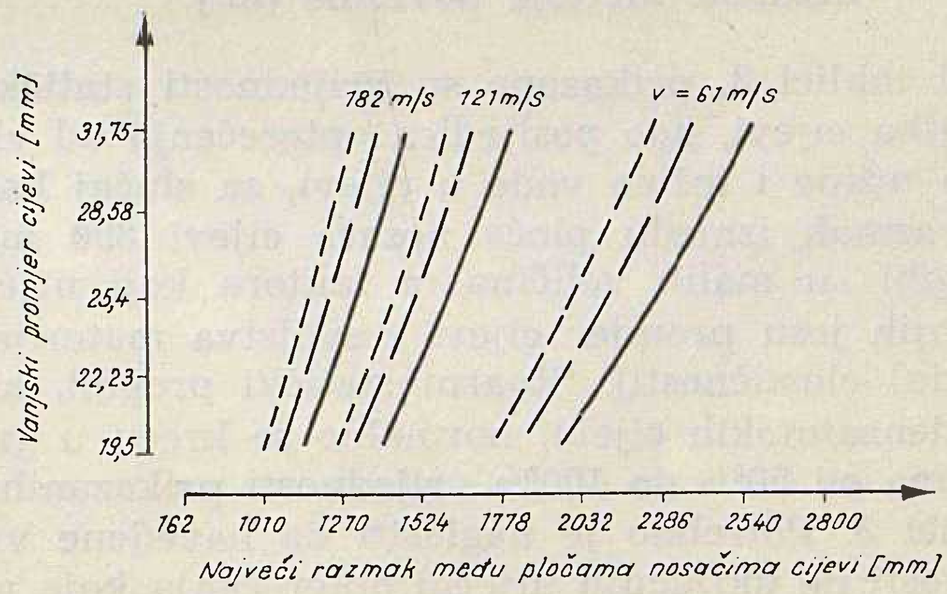
$$F_{kr} = \pi^2 \frac{EI}{L^2}.$$

Za slučaj ukručenih krajeva, kritična sila je:

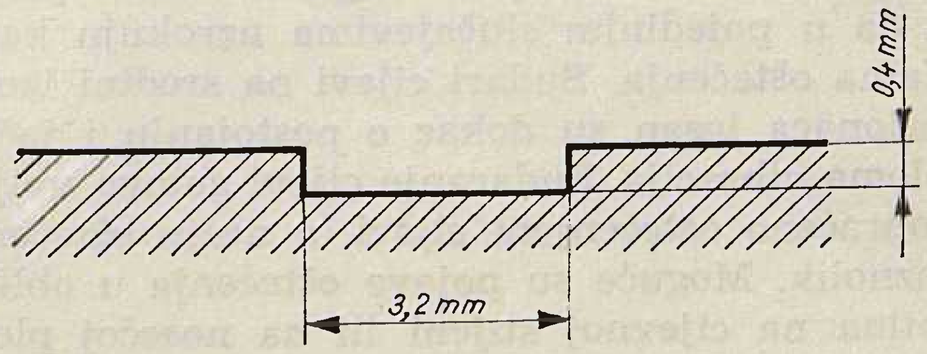
$$F_{kr} = \pi^2\, 4 \frac{EI}{L^2}.$$



Sl. 2.



Sl. 3.



Sl. 4. Dimenzije utora u cijevnoj stijeni, prema TEMA — HEAT EXCHANGER STANDARDU

Za slučaj kondezatorskih cijevi učvršćenje krajeva nalazi se između dva krajnja slučaja, pa se može pretpostaviti da će kritična sila koja će uzrokovati izvijanje biti nešto manja od dvostruke vrijednosti sile za štap sa zglobnim u čvršćenjem. U tablici 2. dane su vrijednosti kritične sile izvijanja, pri čemu se pretpostavilo zglobno učvršćenje krajeva za različite materijale i dimenzije cijevi. Stvarna kritična sila bit će približno jednaka dvostrukom iznosu kritične sile sa zglobno učvršćenim krajevima.

Tablica 2.

KRITIČNA SILA IZVIJANJA [N]						
LEGURA	STIJENKA [mm]	Promjer cijevi [mm]				
		19,1	22,2	25,4	28,6	31,8
Cu - Ni 90/10	1,25	4316	7030	10700	15551	21492
Cu - Ni 90/10	0,89	3226	5295	8010	11480	15930
Admirality	1,25	3849	6252	9522	13816	19089
Nehrdjajući čelik	0,71	4182	6786	10120	14550	19090
Titan	0,71	2225	3613	5384	7743	10724

SAVIJANJE CIJEVI

U stacionarnom stanju savijanje će biti posljedica kontinuiranog opterećenja zbog vlastite težine i težine vode u cijevi. Prema izrazu za kontinuirano opterećenje nosača s osloncima na krajevima (za najgori slučaj!) bit će:

$$y = \frac{5\,WL^4}{384\,EI},$$

gdje je:

y — maksimalni progib između oslonaca [m]
w — specifično opterećenje po jedinici dulji-
ne [N/m]
L — razmak između oslonaca [m]
I — moment inercije površine [m^4].

U tablici 3. prikazane su vrijednosti statičkog progiba cijevi, kao posljedica opterećenja od vlastite težine i težine vode u cijevi, za slučaj kada je razmak između ploća nosača cijevi 890 mm. Pregibi su malih veličina, a faktora koji utječu na njih jesu promjer cijevi i svojstva materijala (modul elastičnosti). Stvarni statički progibi, kod kondenzatorskih cijevi, normalno se kreću u granicama od 50% do 100% vrijednosti prikazanih u tablici 3. Potrebno je naglasiti da navedene vrijednosti ne uključuju utjecaj opterećenja koje uzrokuje strujanje pare u radnim uvjetima.

Tablica 3.

STATIČKI PROGIBI [mm]						
Materijal	Debljina stijenke [mm]	Promjer [mm]				
		19,1	22,2	25,4	28,6	31,8
Cu - Ni 90/10	1,25	$3,03 \cdot 10^{-4}$	$2,28 \cdot 10^{-4}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$	$1,53 \cdot 10^{-4}$	$1,22 \cdot 10^{-4}$
Cu - Ni 90/10	0,89	$3,23 \cdot 10^{-4}$	$2,48 \cdot 10^{-4}$	$2,01 \cdot 10^{-4}$	$1,61 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$
Admirality	1,25	$3,23 \cdot 10^{-4}$	$2,48 \cdot 10^{-4}$	$2,01 \cdot 10^{-4}$	$1,61 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$
Nehrdjajući čelik (Type 304)	0,71	$2,09 \cdot 10^{-4}$	$1,69 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$9,45 \cdot 10^{-5}$

Progibi koji se javljaju u slučajevima dinamičkog opterećenja, za koje je uobičajeni naziv vibracije, uglavnom su posljedica utjecaja velikih brzina pare, a manje ostalih vanjskih uzbudnih sila. Pretpostavke u projektu i pogonski uvjeti mogu dovesti do problema vibracija u kondenzatorskim cijevima.

Vibracije snopova cijevi mogu biti vrlo opasne, tako da u pojedinim slučajevima uzrokuju katastrofalna oštećenja. Sudari cijevi na sredini između oslonaca jasan su dokaz o postojanju i jačini problema vibracija. Sudaranje cijevi gotovo uvijek je popraćeno oštećenjem cijevi, a način oštećenja je raznolik. Moguće su pojave oštećenja u obliku pukotina na cijevnoj stijeni ili na nosećoj ploći, pukotine za slučaj pojave naponske korozije, površinska oštećenja na mjestima nosećih cijevnih ploća, ili oštećenja »pittinga« na unutrašnjoj površini (najčešće na mjestu sudara cijevi). Oštećenja zbog vibracija najčešće nastaju zimi. Niske temperature rashladne vode ubrzavaju proces odvođenja topline čime utječu na povećanje podtlaka u kondenzatoru. Posljedica povećanog podtlaka jest povećanje izlazne brzine pare iz turbine. Oštećenja cijevi zbog vibracija često su posljedica dužeg rada turbine pri povećanom podtlaku u kondenzatoru.

Izbjegavanje pojave poremećaja tlaka u kondenzatoru, s namjerom da se zadrže brzine pare u granicama predviđenih, može se postići smanjenjem količine protoka hladne rashladne vode kroz kondenzator ili recirkulacijom dijela rashladne vode. Na oba načina postiže se da je određena toplina rashladnom vodom u predviđenim granicama. U kritičnim slučajevima, da bi se ublažila daljnja oštećenja, oblažu se cijevi gumenim presvlakama koje ublažuju međusobno udaranje cijevi.

Kod smanjene količine rashladne vode mogu se pojaviti drugi problemi s kondenzatorskim cijevima. Kod manjeg protoka manje su i brzine strujanja kroz cijevi, što uzrokuje veće taloženje nečistoća, što može uzrokovati koroziju materijala cijevi (naročito je efekt taloženja nečistoća opasan za cijevi od nerđajućeg čelika). Valjano odabiranje vrijednosti parametara pri projektiranju bitan su uvjet za sprečavanje pojave vibracija cijevi.

Parametri koji utječu na vibracije cijevi jesu distanca između ploća, nosača cijevi, tolerancija provrta na pločama nosača cijevi, brzina pare na

izlazu iz turbine (za područje rada postrojenja), relativna vlažnost pare na izlazu iz turbine, izvedba prostora između spoja s turbinom i cijevnih snopova te fizikalne osobine materijala cijevi. Parametri drugorazrednog značenja, koji također mogu utjecati na vibracije cijevi, jesu debljina stijenke, posljedice procesa uvaljivanja cijevi, turbulencija rashladne vode u cijevima i uzbudna sila izvan kondenzatora.

Da bi se izbjegla mogućnost pojave vibracija, preporučljivo je da se ostvari visoka učestalost cijevnih segmenata. To je moguće postići smanjenjem dužine segmenta cijevi (gušće postavljanje ploća cijevi) i vlačnim naprezanjem cijevi u pogonu. Potrebno je izbjegavati pojavu tlačnih naprezanja cijevi u toku pogona, jer se time smanjuje vlastita učestalost segmenata cijevi.

Radi nalaženja međusobnog odnosa parametara koji utječu na vibracije cijevi potrebno je osim osnovnim teoretskim postavkama raspolagati i odgovarajućim empirijskim podacima. Prema [L — 1] izraz za kritičnu duljinu segmenta glasi:

$$L_{max} = K \frac{(Sc \cdot E \cdot I \cdot \delta)^{\frac{1}{4}}}{\gamma \cdot V^2 \cdot D},$$

gdje je:

K — konstanta
S_c — kritična veličina vibracija
E — modul elastičnosti materijala
I — aksijalni moment poprečnog presjeka cijevi
δ — logaritamski dekrement
γ — specifična težina pare
V — brzina pare
D — vanjski promjer cijevi.

Kritička veličina vibracija dobije se na osnovi praktičnih ispitivanja, odnosno iskustvenih podataka o ponašanju cijevi u pogonu. Logaritamski dekrement empirijski se određuje za svaki materijal.

Na sl. 3. prikazan je kritični razmak između nosača cijevi u ovisnosti o promjeru cijevi, debljine stijenke cijevi i brzini pare za Cu-Ni 90/10 kao materijal cijevi. Iz prikaza je vidljivo da na kritični razmak ploća nosača cijevi najviše utječe brzina pare i promjer cijevi.

MJERE OSIGURANJA KVALITETE PRI IZRADI KONDENZATORA

Mjere osiguranja kvalitete treba da obuhvate sve aktivnosti čije bi posljedice mogle bitno utjecati na siguran i pouzdan rad kondenzatora. U tu svrhu potrebno je da proizvođač kondenzatora pripremi i provede program za osiguranje kvalitete. Taj program mora biti dokumentiran (najuobičajenije je da to bude u obliku priručnika za osiguranje kvalitete) i na raspolaganju kupcu ili kupčevu zastupniku.

Aktivnosti obuhvaćene programom odnose se na:

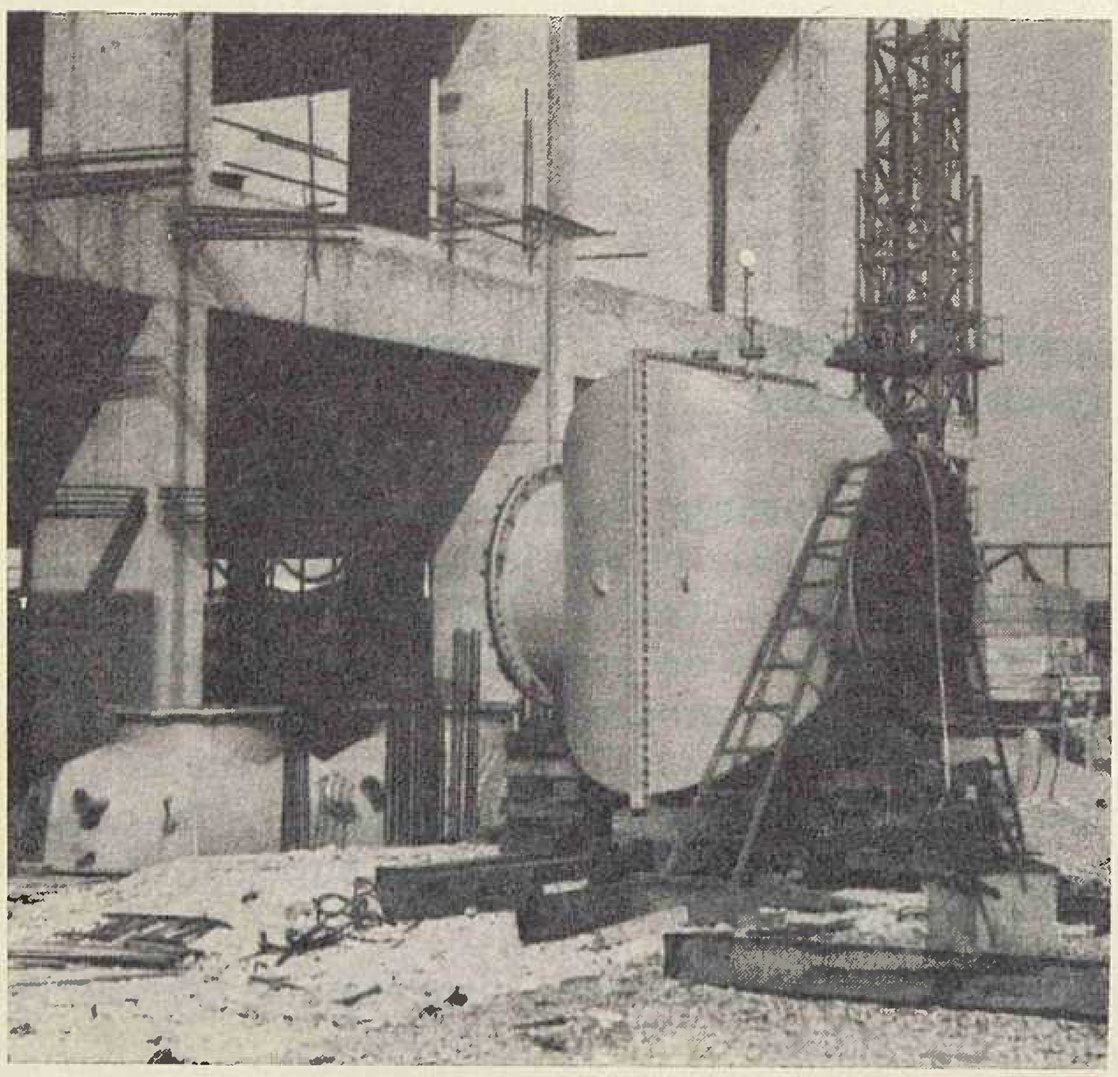
1. pregled projektne dokumentacije,
2. kontrola nabavnih zahtjeva,
3. kontrola distribucije ugrađenog materijala,
4. kontrola provedbe posebnih tehnoloških postupaka (kod izrade i ispitivanja),
5. kontrola kvalificiranosti osoblja na izradi i ispitivanjima,
6. provedba revizije programa za osiguranje kvalitete.

Kod pregleda projektne dokumentacije potrebno je provjeriti da li su sagledani bitni faktori za siguran i pouzdan rad kondenzatora, kao što su smanjenje erozije, korozije, nepropusnosti i omogućavanje slobodnih dilatacija kondenzatora u horizontalnom i vertikalnom smjeru za vrijeme pogona. Također je potrebno provjeriti da li su točno navedeni tehnološki postupci za izradu i ispitivanja kondenzatora.

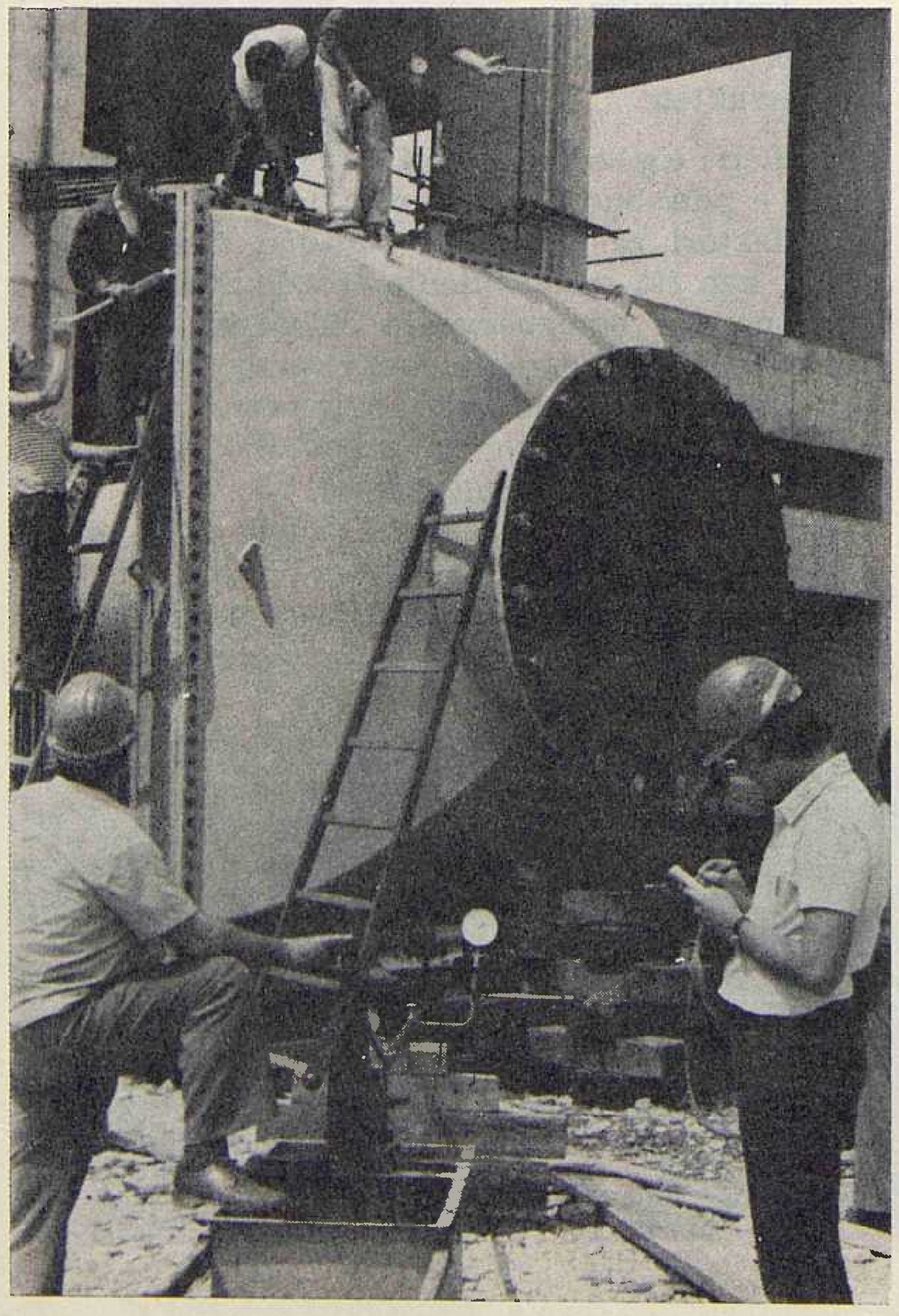
Kontrola nabavnih zahtjeva uglavnom obuhvaća potrebu za točnim definiranjem zahtjeva osiguranja kvalitete prigodom ugovaranja isporuke materijala ili usluga. Tako je npr. kod na-

A B C

Sl. 5. A) poprečan presjek cijevi (Cu — Ni 90/10) toplinski neobrađene (povećanje 120 x) — B) poprečan presjek, uz vanjsku površinu cijevi (Cu — Ni 90/10), toplinski neobrađene (povećanje 320 x) — C) poprečan presjek, uz unutrašnju površinu cijevi (Cu — Ni /10), toplinski neobrađene (povećanje 320 x)



Sl. 6. Priprema vodnih komora, kondenzatora NE Krško za tlačnu probu



Sl. 7. Predstavnik Instituta za elektroprivredu, zbog kvalitete osiguranja, provjerava provedbu tlačne probe vodnih komora, kondenzatora NE Krško.

bave limova za plašt kondenzatora potrebno definirati ispitivanja radi provjere mehaničkih i kemijskih osobina materijala, te odrediti vrstu i opseg ispitivanja radi provjere homogenosti materijala (što je posebno važno na krajevima, gdje se limovi međusobno zavaruju, odnosno na mjestima gdje se zavaruju ukručenja plašta kondenzatora). Posebni zahtjevi moraju biti definirani prilikom ugovaranja isporuke cijevi.

Cijevi, koje predstavljaju najosjetljiviji element u konstrukciji kondenzatora, zahtijevaju odgovarajuću pažnju. Osim strogih zahtjeva za provjeru mehaničkih i kemijskih osobina potrebno je još definirati ispitivanja bez razaranja i metalografske provjere. Većina materijala koji se koristi za izradu cijevi (bakrene legure) kod radnih uvjeta u kondenzatoru izložena je utjecajima koji uzrokuju napetosnu koroziju. Da bi se smanjila ostatna naprezanja u materijalu, potrebno je izvršiti odgovarajuću toplinsku obradu cijevi nakon procesa izrade (postupkom plastičnih deformacija). Na slici 5. prikazan je poprečan presjek cijevi od Cu-Ni 90/10 promjera 22,2 mm i debljine stijenke 0,89 mm, sa strukturom koja nije bila izložena utjecaju toplinske obrade, radi rekristalizacije i odstranjivanja napetosti iz materijala.

Deformirani kristali uz unutrašnju površinu cijevi uzrok su pojave ostatnog naprezanja koje slabi otpornost materijala napetosnoj koroziji. Za legure bakra poželjno je da srednja veličina kristala bude 25 μm, te da se dimenzije svih kristala kreću u granicama od 15 μm do 45 μm [L — 2].

Osim napetosnoj koroziji, cijevi u radnim uvjetima mogu biti izložene i elektro-koroziji. Da bi se izbjegla ta pojava, potrebno je odstraniti spojeve ugljika (organski spojevi) s površina cijevi. Pri izradi cijevi potrebno je koristiti se mazivima koja nisu organskog porijekla. Dalje je potrebno od isporučioca zahtijevati potpunu čistoću i glatkost kako unutrašnje, tako i vanjske površine cijevi. Da bi se provjerila struktura materijala stijenke cijevi, potrebno je provesti ispitivanje vrtložnim strujama. Nakon ispitivanja vrtložnim strujama uobičajeno je provesti provjeru nepropusnosti cijevi tlačenjem plina (najčešće zraka) ili vode u cijevi. U ugovornoj dokumentaciji potrebno je još specificirati i način pakovanja. Za normalne uvjete transporta (kopnom i morem) i skladištenja na otvorenom prostoru (za kraći rok) preporuča se umatanje cijevi u vodootporni papir i pakovanje u ojačane drvene sanduke učvršćene čeličnim trakama (upotreba čavala se ne preporuča). Konstrukcija sanduka mora spriječiti prevelika savijanja cijevi pri manipulaciji i skladištenju.

K o n t r o l a d i s t r i b u c i j e ugrađenog materijala razumijeva pripremne mjere za vođenje evidencije o materijalu upotrijebljenom za izradu kondenzatora. Na taj način provjerava se ispunjenje zahtjeva postavljenih projektom i priređuju podaci potrebni za fazu eksploatacije radi održavanja i popravaka na kondenzatoru.

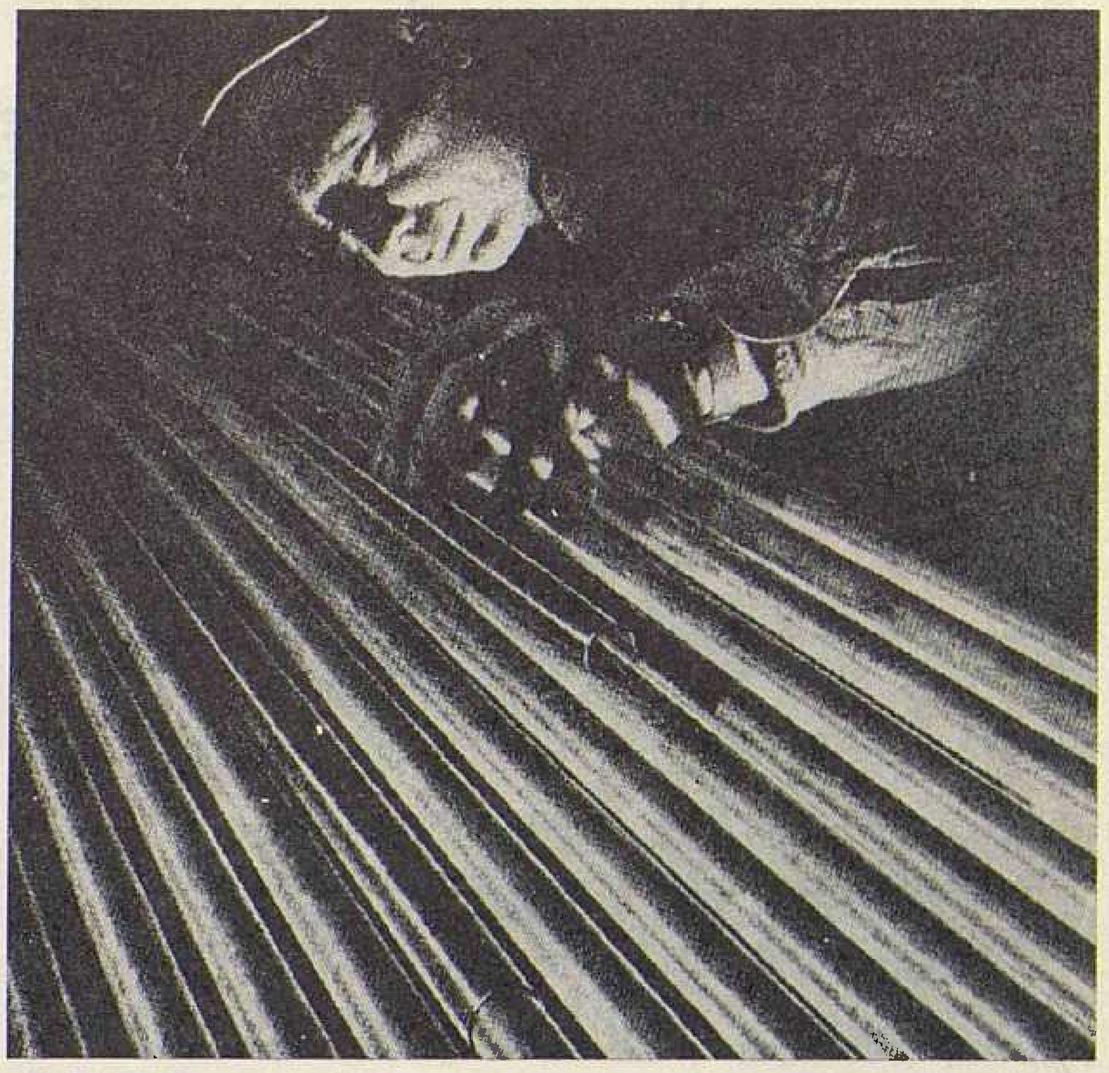
Kontrola provedbe posebnih tehnoloških postupaka treba da obuhvati pregled i ovjeru pisanih postupaka, a također i provjeru njihove provedbe. Tehnološke operacije koje zahtijevaju pisane postupke kod izrade kondenzatora jesu zavarivanje, dimenzionalna provjera, uvaljivanje cijevi, provjera nepropusnosti parnog prostora i tlačna proba vodnih komora. Postupke zavarivanja i uvaljivanja cijevi potrebno je kvalificirati prije primjene. Pri kvalifikaciji postupaka za uvaljvanje cijevi mjeri se plastična deformacija stijenke cijevi, a poželjno je da se obavi mjerenje veličine sile u aksijalnom smjeru koju izdrži uvaljani spoj. (U novije doba za spajanje cijevi sa cijevnom stijenom osim uvaljivanja koriste se postupci ledene, hidrauličke, i eksplozivne ekspanzije.)

Osoblje koje će sudjelovati pri obavljanju posebnih tehnoloških postupaka treba da bude kvalificirano. Važno je dobro pripremiti osoblje za poslove zavarivanja u uvaljivanje cijevi.

Revizijama programa osiguranja kvalitete provjerava se pravilna koncepcija i primjena mjera za osiguranje kvalitete.

Poželjno je da se prva revizija obavi prije početka radova, a slijedeća u toku procesa izrade. Bilo kakve bitne promjene u organizaciji osiguranja kvalitete izvođača radova nameću potrebu za revizijom programa osiguranja kvalitete. Rezultat revizije je pismeni izvještaj sa svim primjedbama u odnosu na unaprijed dogovorene norme, a svrha mu je da upozori izvođača radova kako bi se primijećeni nedostaci na vrijeme uklonili.

Mjere osiguranja kvalitete bitan su preduvjet za postizanje odgovarajuće kvalitete kondenzatora. Visoka raspoloživost kondenzatora znatno smanjuje troškove koji mogu nastati zbog zastoja ili smanjenog kapaciteta proizvodnje u termoelektranama. Posebno je važno da se kod nuklearnih termoelektrana osigura i visok stupanj nepropusnosti, koji je potreban da bi se spriječilo zagađenje radioaktivnim tvarima, rashladne vode (kod elektrana s vrelom vodom, BWR), odnosno zagađenje medija u sekundarnom krugu, a time stvaranja potencijalne mogućnosti da se ošteti vitalna oprema (kod elektrana sa stlačenom vodom, PWR).



Sl. 8. Oblaganje cijevi (iz bakrene legure) segmentima iz austenitnog čelika radi sprečavanja erozivnog djelovanja mlaza pare.

Osim navedenih općih mjera za osiguranje kvalitete, kod svakog slučaja potrebno je posebno definirati specifične zahtjeve za osiguranje kvalitete na osnovi okolnosti i uvjeta konkretnog primjera.

LITERATURA

1. George A. Anderson: »Condenser Tube Mechanical Consideration«, Power Engineering — 12/74
2. ENEL — »Specifica Technica per Tubi in Leghe di Rame per Condensatore« — 7/69
3. Z. Kuljiš: »Izvještaj o ispitivanju cijevi kondenzatora NE Krško«, Institut za elektroprivredu — 7/77
4. Heat Exchange Institute — »Standard for Steam Surface Condenser«, Sixth edition — 70
5. ASTM — »Specification for Copper and Copper — Alloy Seamless Condenser Tubes and Ferrule Stock« — 74
6. ASTM — »Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strenght Carbon Steel Plates of Structural Quality« — 74
7. James J. Pepin: »Split and on Stainless Steel Condenser Tubes«, Power Engineering — 10/75
8. R. A. Wilson: »Dealing With Steam Side Erosion of Condenser Tubes«, Power Engineering — 61
9. ENEL — Laboratorio Centrale »Comportamento dei Fasci Tubieri di Condensatore Rafferdati con Acqva Dolce — 1/77
10. Standards of Tubular Exchanger Manufactures Association — 1968

Naslov pisca:
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

SAVJETOVANJE O PLANIRANJU, IZGRADNJI I EKSPLOATACIJI ELEKTRODISTRIBUTIVNIH MREŽA JUGOSLAVIJE

(Herceg-Novi, od 10. do 14. listopada 1977)

Mladen Šicel, Zagreb

Savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža Jugoslavije održano je u Herceg-Novom, od 10. do 14. X 1977, na inicijativu Savjeta za distribuciju električne energije osnovanog pri Zajednici jugoslavenske elektroprivrede.

Domaćini savjetovanja bili su:

— Poslovno udruženje elektroprivrednih poduzeća za distribuciju elestrične energije Srbije — Beograd,

— Elektrodistribucija SR Crne Gore, Titograd.

Ovo savjetovanje je prvo jugoslavensko savjetovanje s ovakvom tematikom u domeni distribucije električne energije, pa je broj referata (71), njihova kvaliteta i odziv stručnjaka (preko 500) bio iznad svih očekivanja.

Izlagači-proizvođači opreme iz područja elektromašinogradnje, trgovine i stručnih publikacija organizirali su svoje izložbene prostore na kojima su distributerima davali informacije iz svog proizvodnog programa.

Referati su bili svrstani u ove tematske grupe:

1. Prognoziranje konzuma električne energije,
2. Oblikovanje distributivne mreže,
3. Teorijske osnove projektiranja i planiranja,
4. Meteorologija u distribuciji,
5. Transformatorske stanice,
6. Vodovi,
7. Aparati i oprema,
8. Radovi na mreži,
9. Održavanje kvalitete električne energije,
10. Upravljanje mrežom,
11. Eksploataciona iskustva.

Osnovna karakteristika Savjetovanja je izuzetno velik broj zaključaka, za što postoji više uzroka od kojih treba istaći četiri:

a) Tematika i sadržaj Savjetovanja obuhvatili su kompletno tehničko poslovanje distribucije.

b) Distribucija se nalazi u razdoblju bitnih izmjena svoje tehnologije:

— prijelaz na »tro-naponsku« transformaciju 110/10 (20)/0,4 kV,
— uvođenja 110 kV napona u distributivni sistem,
— prihvaćanja napona 20 kV,
— novih rješenja iz domene uzemljenja,
— nove opreme i materijala,
— nove metode radova na mreži (rad pod naponom i u blizini napona).

c) Značenje i razgranatost distributivnih mreža uvjetuje suvremene naučne metode planiranja.

d) Ovo je prvo jugoslavensko savjetovanje s isključivo distributivnom općetehničkom problematikom.

U nastavku evo i kraćeg prikaza referata prema grupama koje su već navedene.

1. PROGNOZIRANJE KONZUMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U ovoj grupi prijavljena su četiri referata koji obrađuju probleme u vezi s prognoziranjem potrošnje električne energije, tehničko-ekonomske obrade većih potrošača i iskoristivost distributivnih transformatora s obzirom na vršno opterećenje.

A) Kod prognoziranja potrošnje električne energije navode se matematičke metode koje su danas u nas poznate. Ukazuje se na primjer SR Slovenije, gdje je odobrena metoda pod nazivom »Ovisnost godišnjeg porasta potrošnje električne energije od potrošnje po stanovniku« pokazala naročito dobre rezultate kad se prognozira parcijalno za potrošnju na niskom naponu i potrošnju na visokom naponu.

Osnovni kriteriji prognoziranja potrošnje električne energije na manjim područjima su ovi:

— godišnja stopa rasta,
— gubici električne energije,
— vrijeme korištenja,
— faktor snage (cos φ),
— faktor prekrivanja,
— potrošnja većih industrijskih potrošača.

Vrlo interesantno je prikazana matematička ovisnost potrošnje električne energije i maksimalnih opterećenja (tkz. metoda energija — snaga)..

Ta ovisnost može se iskazati:
$P = f(W)$ ili, obrnuto,
$W = F(P)$, gdje je
Pn (MW) = maksimalna snaga promatranog područja, a W (GWh) — potrošnja promatranog područja,

Korelacija između obiju vrijednosti može se izraziti polinomom:

$$W = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 + \ldots + a_n \cdot P^n$$

Nakon izvršenih proračuna na elektroničkom računalu i uz usporedbu sa statističkim podacima, ovisnost snage i energije može se napisati u linearnom obliku:

$W = a_0 + a_1 P$, gdje su

a_0 i a_1 — koeficijenti ovisni o opterećenju područja u (MW), a kreću se u granicama za

a_0 = od — 0,7865 do 329,534 dok

a_1 = od 4,0296 do 5,4136.

Potrebno je naglasiti da pojedini korelacijski pravci vrijede za pojedina područja samo ako je karakter potrošnje po područjima jednak.

Kod definiranja potrošnje električne energije također je vrlo bitno da se koriste urbanističke podloge iz Generalnog urbanističkog plana (GUP). Najinteresantnije je da se poznaje kretanje broja stanovnika, na osnovi čega se odredi potrošnja električne energije po stanovniku, a iz vršnog opterećenja i površine zone dobije se površinsko opterećenje.

U karakteristične veličine koje je potrebno odrediti spadaju potrošnja električne energije (kWh) snage (kW) i vrijeme korištenja energetskih postrojenja (h — sati), kako po pojedinim zonama, rajonima tako i na nivou cijelog naselja, i to sve po elementima iz GUP-a.

Potrošnja električne energije po stanovniku jest egzaktan podatak u svako doba i svim zemljama. S druge strane GUP i pruža najpouzdanije podatke kad se radi o broju stanovnika, a gotovo svi ostali pokazatelji proizašli su iz te činjenice.

Zone GUP-a određenog područja (npr. grada ili pokrajine) definiraju detaljnije karakter namjene, a pomoću tog podatka, uz posjedovanje statističkih veličina za dulje razroblje (oko 20 godina), mogu se odrediti stope rasta potrošnje električne energije »p« (%) po kategorijama potrošača.

Na osnovi određenog fonda karakterističnih veličina mogu se odrediti funkcionalne ovisnosti analitički ili grafičkom metodom:

$P = f(W)$ i $h = f(W)$.

Poznavajući kretanje broja stanovnika u navedenom razdoblju za koji se planira konzum, a na osnovi navedenih podataka, može se doći do potrošnje električne energije po stanovniku (kWh/stan.) za svaku zonu.

B) Pri izdavanju elektroenergetske suglasnosti za priključak većih potrošača ili za povećanje snage postojećih potrošača, potrebno je izvršiti vrlo detaljnu i konciznu obradu. Zbog velikog niza mogućih tehničkih i ekonomskih varijanti priključaka za optimalno rješenje je upotrijebljeno elektroničko računalo, za čiju primjenu je prikazan i dijagram toka.

Ovakav način tehno-ekonomske obrade većih potrošača naišao je na velik interes kod predstavnika distribucije.

C) Na savjetovanju je iznesen ilustrativan primjer neracionalnog investiranja u komplet od 8 transformatorskih stanica 10/0,4 kV sa 14 transformatora nazivne snage po 500 kVA, za napajanje zaokruženog stambenog naselja veličine 30 ha sa 5 000 stanovnika i vršnom snagom od 1,2 MW.

Analizom je utvrđeno da su transformatori iskorišteni manje od 50% svog kapaciteta, pa je s ekonomskog aspekta moguće provesti korekcije uvođenjem manjeg broja transformatora s većim nazivnim snagama, što upućuje na smanjenje godišnjih troškova po jedinici transformatorske snage d/kVA za veće maksimalno opterećenje. Na sl. 3. prikazana je ta ovisnost uz transformatore 400, 500 i 630 kVA i troškove po jedinici snage Sn približno jednake.

Taj glavni utjecaj rezerva na troškove mreže upućuje na potrebu intenzivnih i sistematskih analiza statistike pogonskih događaja i daljnjih razrada novih metoda.

2. OBLIKOVANJE DISTRIBUTIVNIH MREŽA

U ovoj grupi prezentirano je ukupno sedam referata u kojima se govori o rezultatima i akcijama u konkretnoj domaćoj praksi, zatim se ukazuje na problematiku stanja i tendencije razvoja u svijetu i kod nas.

Problematika koja je obrađena u ovoj grupi obuhvaća osnovne koncepcije gradskih mreža 20 kV, oblikovanje nn-mreža uz utjecaj rezerve na troškove mreže, zatim se iznose neke tendencije razvoja gradskih mreža 110 kV, distributivnih mreža srednjeg napona, kao i korištenje tronamotnih 110 kV-ih transformatora.

Pojedini referati su polazeći od zahtjeva za kvalitetnom i ekonomičnom opskrbom, analizirali:

a) kriterije pouzdanog snabdijevanja električnom energijom,
b) kriterije korištenja kapaciteta,
c) utjecaj snage kratkog spoja na izbor koncepcije i parametara,

što je posebno bilo obrađeno za gradske mreže napona 20 kV.

a) Kod definiranja ovog kriterija ukazano je na tzv. princip »n — 1«, po kojem u slučaju kvara na bilo kojem elementu sistema ostali treba da preuzmu njegovu funkciju. Promatrajući s ovog aspekta distributivne sisteme, može se konstatirati da postoje i dvije krajnosti, i to:

— n e z a v i s a n s i s t e m m r e ž e, gdje se mogućnost dvostranog napajanja vodova osigurava iz jednog transformatorskog čvorišta i

— z a v i s a n s i s t e m m r e ž e, gdje se dvostrano napajanje vodova osigurava obavezno iz susjednog čvorišta.

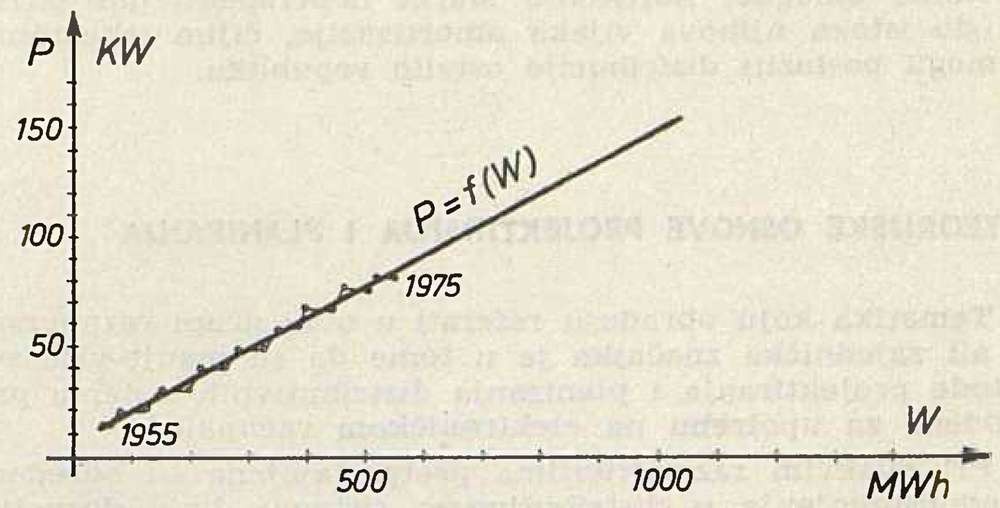
b) Kriteriji korištenja kapaciteta određeni su posebno za:

— nadzemne vodove posebno u zimsko doba kada i nastupaju vršna opterećenja konzuma, pa dozvoljeno strujno opterećenje vodova ide do 3 A/mm² s obzirom na temperaturu okolnog zraka, dok u ljeti isto opterećenje iznosi 1,5 A/mm²,

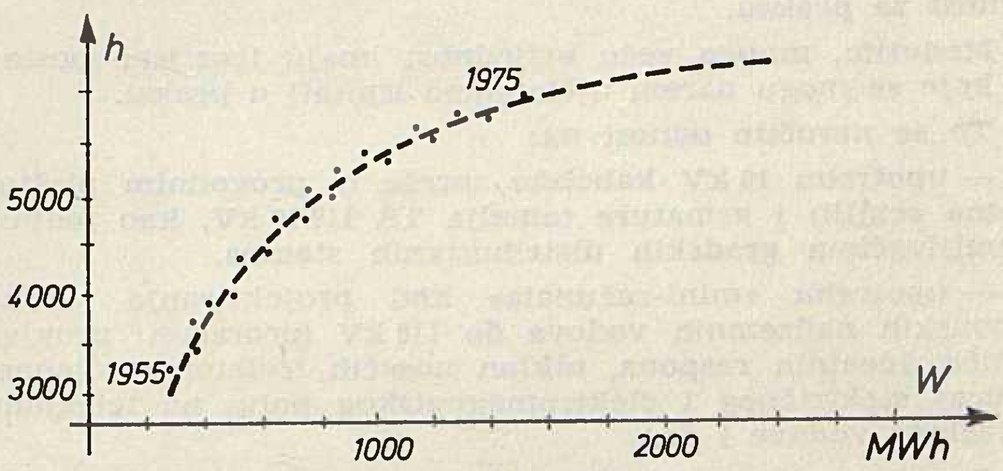
— t r a n s f o r m a t o r e 110/xkV koji se ne koriste dovoljno ekonomično u vrijeme vršnog opterećenja u blizini nominalne struje, pa su određena ispitivanja pokazala da kod strujnog preopterećenja do 30% ne dolazi do skraćenja životnog vijeka transformatora.

Zbog toga je prihvaćen stav da se strujnim preopterećenjem trafoa do 20%, kod jednostrukih kvarova, osigura bolje iskorištavanje transformatorskih kapaciteta u normalnim režimima rada.

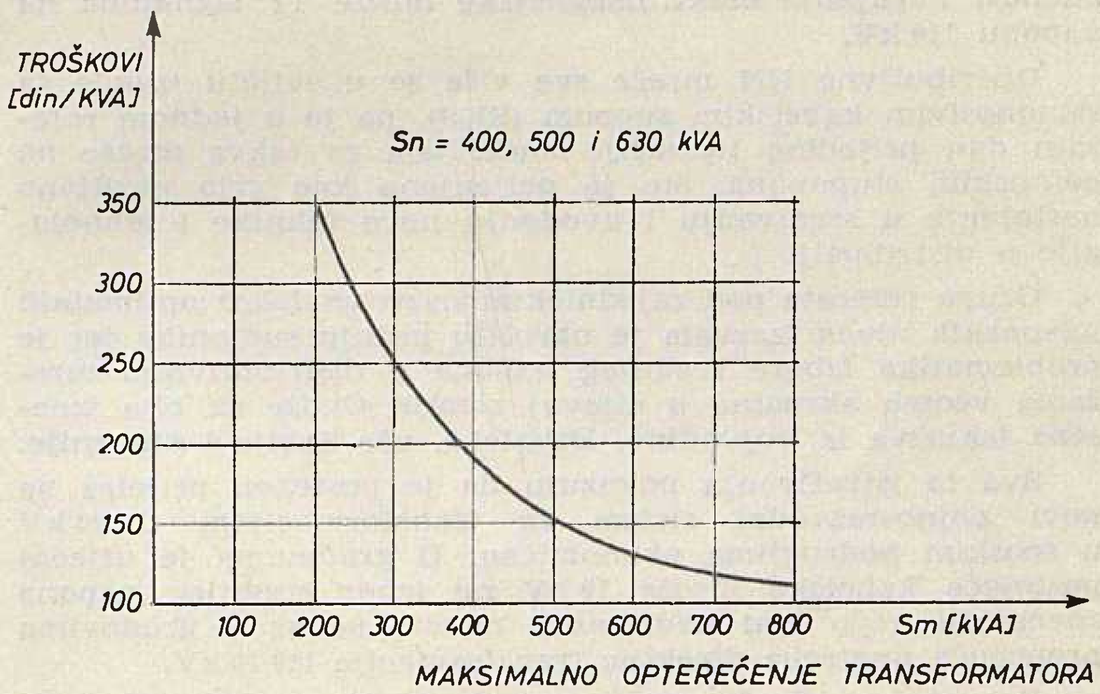
c) U t j e c a j s n a g e k r a t k o g s p o j a u meži 20 kV je značajan, a presudan je za izbor veličina transformatorskih jedinica, način njihova rada, zatim presjek vodiča i zaštitu vodova 20 kV. U materijalima je detaljno obrazloženo da je nivo snage kratkog spoja od 500 MVA u mrežama 20 kV upravo onaj koji dopušta veće mogućnosti izbora optimalnih veličina snage TS 110/20 kV u perspektivi i omogućuje paralelan rad određenih veličina transformatorskih jedinica.



Sl. 1. Ovisnost vršnog opterećenja o potrošnji električne energije



Sl. 2. Ovisnost vremena korištenja postrojenja o potrošnji električne energije



Sl. 3. Odnos godišnjih troškova po jedinici transformatorske snage za razna opterećenja i niz nazivnih snaga Sn

Na oblikovanje nn-mreže znatan utjecaj ima rezerva, s obzirom na troškove izgradnje i eksploatacije u određenom vremenskom razdoblju. Taj problem je obrađen u jednom referatu gdje je dana usporedba troškova u toku 20 godina za mreže dvaju kvalitetno različitih oblika u SR Sloveniji:

— s punom rezervom na NN — strani (otvoreni prsten)
— bez rezerve na NN — strani (radijalna mreža)

Poučni su zaključci koji se mogu izvesti iz ovog referata:

1. cijena rješenja s punom rezervom veća je za 12% i utječe na povećanje cijene distribucije za 1,6 p/kWh;

2. osiguranje rezerve u transformaciji SN/NN i mreži NN zahtijeva neprihvatljivo visoku tzv. »implicitnu cijenu neisporučene energije« zbog kvarova — reda veličine 1 700 d/kWh;

3. mreže niskog napona treba oblikovati i dimenzionirati samo za »normalne« pogonske struje;

4. nedostatak domaćih statistika o pogonskim događajima sprečava objektivno izračunavanje isporuke.

Realizacija energetskih rješenja distributivnih mreža može se izvesti s tronamotnim transformatorima 110 kV, u slučaju uvođenja novog srednjeg napona 10 (20) kV, a da se

pri tome omogući korištenje starih neperspektivnih mreža sve do isteka njihova vijeka amortizacije, čijim iskustvima se mogu poslužiti distribucije ostalih republika.

3. TEORIJSKE OSNOVE PROJEKTIRANJA I PLANIRANJA

Tematika koju obrađuju referati u ovoj grupi raznovrsna je, ali zajednička značajka je u tome da su manje-više sve metode projektiranja i planiranja distributivnih sistema prilagođene za upotrebu na elektroničkom računalu.

Pri ovakvim razmatranjima pretpostavljena su određena pojednostavnjenja u distributivnom sistemu, koja dozvoljavaju rastavljanje na podsisteme u okviru tronaponskih sistema. Broj varijantnih veličina je velik, kao što su: lokacije TS, veličine transformatora, presjeci i trase kabela i vodova, opterećenja potrošača, padovi napona itd., pa to svodi većinu metoda na teorijsko interpretiranje, što nema naročitu vrijednost za praksu.

Međutim, mnogo veću vrijednost imaju teorijske postavke koje se mogu barem djelomično ispitati u praksi.

To se naročito odnosi na:

— upotrebu 10 kV kabelske mreže (s provodnim plaštom prema zemlji) i armature temelja TS 110/10 kV, kao jedinim uzemljivačima gradskih distributivnih stanica,

— upotrebu »mini-računala« kod projektiranja visokonaponskih nadzemnih vodova do 110 kV (proračun: provjera vodiča, idealnih raspona, otklon nosećih izolatorskih lanaca, utjecaj električnog i elektromagnetskog polja na telekomunikacione vodove i dr.)

Savjetovanje je također ukazalo na neke osobine napajanja energetske mreže tonfrekventnim signalima na srednjonaponskom i visokonaponskom nivou. Usavršavanjem tehnologije u proizvodnji opreme MTK i porastom energetskih veličina (snage i energije) sve više dolazi do izražaja ekonomičnost napajanja elektromagnetske mreže TF signalima na naponu 110 kV.

Distributivne NN mreže sve više se u svijetu izvode sa samonosivim kabelskim snopom (SKS), pa je u jednom referatu dan prijedlog tipizacije materijala za takve mreže na betonskim stupovima, što je ocijenjeno kao vrlo pozitivno nastojanje u sređivanju i uvođenju nove tehnike i tehnologije u distribuciji.

Grupa referata pod zajedničkim nazivom *Izbor optimalnih naponskih nivoa* izazvala je naročitu pažnju sudionika jer je problematika izbora srednjeg napona u distributivnim mrežama veoma aktualna u čitavoj zemlji. Ovdje su bila iznesena iskustva iz Vojvodine, Hrvatske, uže Srbije i Slovenije.

Sva ta istraživanja pokazuju da je postepen prijelaz na novi pojno-razvodni sistem sa transformacijom 110/20 kV u seoskim područjima ekonomičan. U gradovima je utjecaj postojeće kabelske mreže 10 kV na izbor srednjeg napona značajniji nego kod nadzemnih mreža, pa se u gradovima preporuča upotreba direktne transformacije 110/10 kV.

Razvoj i uvođenje novog razvojnog sistema ne znače nasilno ukidanje 35 kV elemenata, već će, naprotiv, u brojnim primjerima 35 kV mreža imati značajnu ulogu rezervne mreže.

Pojedini autori referata razilaze se u ocjeni vremenskog prijelaza na napon 10 kV i 20 kV, pa se čak predlažu i tzv. prijelazna rješenja s privremenom transformacijom 35/20 kV, da bi se time troškovi prijelaza raspodjelili na duže razdoblje.

Prosječno vrijeme prijelaza na novi naponski nivo iznosi 20—25 godina, što svakako ovisi o starosti i stanju izgrađenosti 3 kV postrojenja.

4. METEOROLOGIJA U DISTRIBUCIJI

Ovo područje rada relativno je novo u distributivnoj djelatnosti, pa je ocijenjeno da treba nastaviti suradnjom između hidrometeoroloških službi i distributivnih organizacija.

Meteorološke podatke o dodatnom opterećenju zbog djelovanja vjetra, težine i dimenzija ledenih naslaga, kao i o atmosferskim pražnjenjima, solinitetu zraka i dr., potrebno je koristiti pri projektiranju i izgradnji nadzemnih vodova.

Na osnovi tih podataka, treba izraditi osnovne meteorološke karte, te razraditi metodologiju njihovog dostavljanja.

Učesnicima savjetovanja prezentirana su i prva iskustva iz ove domene, pa ove napore treba svakako podržati.

5. TRANSFORMATORSKE STANICE

Ovo područje bilo je zastupljeno s dvanaest referata u kojima su većinom proizvođači opreme i kompletnih postrojenja iznijeli iskustva iz svojih najnovijih proizvodnih programa.

Interesantno je naglasiti ove novitete:

a) Izgradnja trafostanica 110/10 kV u SF_6 izvedbi na 110 kV strani i s izvlačivim ćelijama na naponu 10 kV pokazala se jeftinija u velikim urbanim sredinama nego klasična izvedba trafostanica. Nedostatak je ovakvih novih izvedbi u pomanjkanju tehničkih propisa za izgradnju i njihovo održavanje, te uvođenje nekoliko tipova postrojenja izoliranih plinom SF_6.

b) Pojednostavnjenje izvedbe distributivnih trafostanica 110/xkV za upotrebu manjeg broja prekidača zamjenom sa sklopkom 110 kV ima prednost u izgradnji zbog smanjenja troškova, pa se ovakva rješenja sve više primjenjuju u distribuciji.

c) Postrojenja s »izvlačivim blokovima« na niženaponskoj strani sve se više primjenjuju zbog svojih malih dimenzija, ali su skuplja nego klasična postrojenja sa zračnom izolacijom.

Zbog toga je sugerirano proizvođačima opreme da usavrše tehnologiju izrade postrojenja s »izvlačivim blokovima« i time snize cijenu proizvodnje.

d) Tipizacijom i standardizacijom opreme, pojedinih elemenata i cijelih postrojenja mogu se postići velike uštede. U tom smislu su za trafostanice 110/xkV predlagane 1-polne tipske sheme, koje sadrže određena pojednostavnjenja. Nadalje je prezentirana tipizacija tvorničkih izgrađenih trafostanica za vanjsku montažu 10(20)/0,4 kV — tzv. »modulna« stanica, koja se gradi iz tvornički izgrađenih građevnih elemenata.

Konstatirano je da modulna stanica, iako svojom elastičnošću i dispozicijom zadovoljava 80% potreba distribucije, nailazi u pojedinim područjima na otpor urbanista, pa bi trebalo razviti suradnju između distributera i predstavnika urbanističkih zavoda.

6. VODOVI

Ova grupa referata može se podijeliti u četiri podgrupe:

a) Problemi iz kabelske tehnike,
b) Problemi iz niskonaponskih mreža,
c) Problemi iz 10 kV odnosno 20 kV nadzemnih vodova,
d) Problemi iz 110 kV dalekovoda.

a) Iz domene kabelske tehnike obrađen je problem paralelnog polaganja energetskih kablova s telefonskim kabelima, plinskim i vodovodnim cijevima, šinama elektrovuče i dr. u gradovima.

Energetski kabeli utječu na ostale instalacije preko direktnog ili indirektnog dodira ili preko magnetske i elektrostatičke indukcije. Pojava viših napona na ostalim instalacijama predstavlja smetnje i opasnost za ljude.

Mjera zaštitnog djelovanja od previsokog napona dodira, koji se ostvaruje preko mentalnog omotača i armature energetskog kabela, naziva se redukcioni faktor kabela.

U jednom od referata dane su praktične formule i dijagrami za izračunavanje redukcionog faktora za određene tipove kabela koji može biti presudan u izboru pojedinih kabela.

b) Jedan referat obrađuje vrlo zanimljivu i aktualnu problematiku upotrebe i uvođenja poliesterskih stupova za izgradnju niskonaponskih mreža.

Plastični stupovi u pogledu mehaničkih svojstava, električne izolacije, estetike i težine nemaju konkurencije u klasičnima (drvenim, betonskim, čeličnim, aluminijskim), ali se postavlja pitanje ponašanja u toku eksploatacije, za što ne postoji još dovoljno dugo vremensko iskustvo.

Nadalje se nameće problem je li opravdano da se uz nekoliko tvornica za proizvodnju drvenih, betonskih i čeličnih stupova izgradi u Jugoslaviji još jedna za plastične stupove.

c) Problem izolacije i razmaka nadzemnih vodova 20 kV i 10 kV, svodi se na mogućnost korištenja izgrađenih nadzemnih vodova nadzemnog napona 10 kV za nazivni napon 20 kV.

Konstatirano je da u nizu standardnih izolatora koje propisuje JUS nedostaje izolator čije su električne karakteristike usklađene s tehničkim normativima za 20 kV vodove, te je to potrebno odmah uvesti u standard.

Također je zaključeno da se uz minimalne preinake mogu izgrađeni 10 kV vodovi pustiti pod napon od 20 kV.

d) Nove tendencije u gradnji 110 kV dalekovoda iskazane su kroz stečena iskustva u sve većoj orijentaciji na izgradnji vodova s vodičima Al-FE 240/40 mm² s gromobranskim užetom.

Prikazane su pojedine metode na osnovi kojih se mogu ostvariti potrebni koeficijenti sigurnosti (mehanički koeficijenti sigurnosti, koeficijenti sigurnosti vodiča i izolatora), kao i vjerojatnost da ne nastane povratni napon preskoka.

7. APARATI I OPREMA

Najnovija ispitivanja i dostignuća iz problematike aparata i opreme za distributivna postrojenja prezentirali su proizvođači u ovoj grupi referata.

Tematika se može podijeliti u dvije grupe:

a) Ispitivanja i istraživanja teoretskog karaktera,

b) Dostignuća i rezultati u konkretnoj primjeni na aparate i opremu.

a) Prikazane su metode mjerenja akustične izolacije oklopa transformatora u suhoj izvedbi snage 250 KVA. Mjerenja su izvršena u tzv. gluhoj komori, a rezultati su dani za slučaj transformatora s akustičnim oklopom i bez njega.

Budući da se danas postrojenja ugrađuju u same stambene objekte, potrebno je transformatore akustički i vibracijski izolirati od okoline, jer predstavljaju direktnu opasnost za ljude, pa će se o tom problemu u skoroj budućnosti sigurno više raspravljati.

b) Proizvođači su obradili svoje najnovije proizvode od kojih treba istaći ove:

— metalom oklopljena postrojenja SF_6 (»MINEL«),
— grupa malouljnih prekidača za SN (»Energoinvest«),
— Is — limiteri ograničivači struje KS (»TSN«),
— autopneumatske sklopke za 12 i 24 kV i nazivnu struju 630 A (»Energoinvest«).

Detaljnija obrada ovih proizvoda iziskuje mnogo više prostora nego što je predviđeno u ovom kratkom prikazu savjetovanja.

Međutim, potrebno je naglasiti zajedničku značajku ovog problema, a to je nedostatak pouzdanih i dugotrajnih eksploatacionih iskustava s ovom opremom.

8. RADOVI NA MREŽI

Problematika radova na mreži, naročito radova na mreži »pod naponom«, sve je aktualnija što je potrošnja električne energije intenzivnija, naročito kad razvoj konzuma ne prati i adekvatan razvoj mreže, kakav je kod nas u distribuciji prisutan već duže vrijeme.

Radovi »pod naponom« po našim su propisima samo izuzetno dozvoljeni, i to za postrojenje nazivnog napona do 250 V prema zemlji. Kod postrojenja nazivnog napona preko 250 V prema zemlji dozvoljen je rad »pod naponom« u iznimnim slučajevima uz suglasnost nadležnog organa, ako postoje interni propisi koji su doneseni, a da je na njih dao suglasnost taj organ. Praktično se radovi pod naponom izbjegavaju, a naročito za mreže i postrojenja višeg napona od 250 V prema zemlji.

Svaki napor koji vodi tome da se i u našoj zemlji radovi pod naponom legaliziraju i da se o tome donesu odgovarajući propisi, ocijenjen je na savjetovanju kao vrlo pozitivan.

Autori ove grupe referata iznose praktična iskustva iz drugih zemalja i prijedlog mjera za rad »pod naponom« u našoj zemlji, i to za:

— dalekovode 20, 35 i 110 kV,
— kabelsku mrežu,
— trafostanice 30/10/0,4 kV i
— općenito na elektrodistributivnim postrojenjima.

Da bi se mogle izvršiti pripreme za uvođenje rada »pod naponom« i »u blizini napona«, potrebno je prethodno definirati tehničke normative, odnosno izvršiti izmjene i dopune odgovarajućih tehničkih propisa, odabrati metode rada pod naponom, izabrati odgovarajuću opremu, pomagala i alat te osposobiti kadrove.

9. ODRŽAVANJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ova grupa referata također se može podijeliti na dvije podgrupe:

a) referate koji obrađuju teorijski problematiku kvalitete električne energije,

b) referate koji iznose praktična iskustva u poboljšanju kvalitete električne energije ugradnjom kompenzatorskih baterija.

Klasično tretiranje ovog problema svodi se na određivanje pouzdanosti opskrbe električnom energijom, pri čemu treba razlikovati dva krajnja stanja:

— radno stanje (proces),
— zastoj zbog kvara (prekid procesa).

Međutim, prezentiran referat obrađuje ovu problematiku s aspekta osjetljivosti tehnološkog procesa zbog promjene napona, koje često izazivaju teže posljedice nego potpuna ili kratkotrajna isključenja.

Predložene metode određivanja pouzdanosti mogu se preporučiti projektantskim organizacijama za primjenu u praksi.

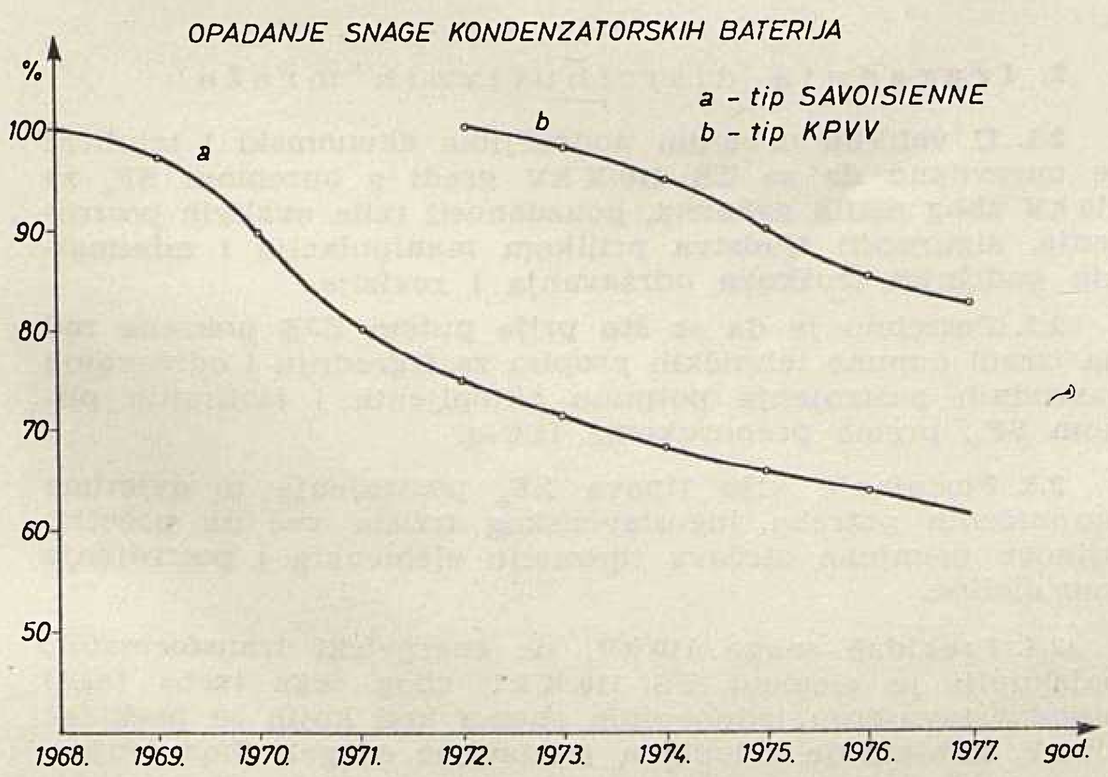
b) Praktična iskustva kroz razdoblje od deset godina u eksploataciji kompenzatorskih baterija vrlo su interesantna za gotovo sve distribucije u zemlji, pa mogu poslužiti kod onih organizacija koje još nisu prišle kompenzaciji svoje mreže, kako bi je mogle što efikasnije izvesti.

Ilustrativan je primjer opadanja snage kondenzatorskih baterija, za što se daje i dijagram opadanja snage (sl. 4).

Mjerenje je izvršeno u dvije TS 35/10 kV od kojih su u jednoj ugrađene baterije tipa »Minel — Savoisieme« snage 600 KVAr, a u drugu tip »Iskra — KPVV« snage 300 KVAr.

Iz dijagrama se vidi da za deset godina kod tipa »Minel — Savoisienne« snaga opada za 39%, i to opadanje je izraženije kod ovog tipa nego kod tipa »Iskre«, gdje u toku petogodišnje eksploatacije imamo opadanje snage od 18%.

Taj primjer pokazuje da stvarni vijek trajanja kondenzatorskih baterija iznosi mnogo manje od onog (30—40 god.) koji iskazuju neki proizvođači.



Sl. 4. Opadanje snage kondenzatorskih baterija

10. UPRAVLJANJE MREŽOM

Referati u grupi »Upravljanje mrežom« mogu se podijeliti na tri skupine:

a) Informativni sistem elektrodistributivnih poduzeća i njegova realizacija pomoću računala,

b) Primjena mrežne-tonfrekventne komande,

c) Projektiranje i izgradnja distributivnih DC-a.

a) Moderna koncepcija poslovanja u distributivnoj organizaciji zahtijeva organiziranje i uvođenje informacionog sistema, koji se sastoji iz ovih podsistema:

— tehničke dokumentacije,
— tehničkih proračuna,
— financijsko poslovanje,
— materijalno poslovanje,
— osnovna sredstva,

— investiciona dokumentacija s mrežnim planiranjem,
— kadrovska i opća evidencija,
— mrežno-tonfrekventna komanda,
— dispečing električne energije,
— potrošači električne energije.

Naravno da je obrada ovolikog broja podataka moguća jedino pomoću elektroničkog računala.

Na savjetovanju je rečeno da svaka distributivna organizacija treba uzeti u obzir svoje specifičnosti i da se tek nakon toga ocijeni kako i u kojem opsegu treba početi s realizacijom informacijskog sistema.

b) Mreža-tonfrekventna komanda odnosno MTK — prijemnici su uvedeni u pojedinim distributivnim organizacijama prvenstveno kao zamjena skupih i nepouzdanih uklopnih satova.

Sistem MTK za sada se koristi za uključivanje i isključivanje javne rasvjete, alarmiranje i za promjenu tarife na brojilima (indirektno upravljanje mrežom).

Prave mogućnosti sistema MTK doći će do punog izražaja tek kod primjene direktnog upravljanja opterećenjem mreže (tzv. »peglanja dnevnog dijagrama opterećenja«).

U tom smislu trebat će što prije izraditi propise za instalacije u zgradama na koje će biti uključeni termički potrošači (bojleri, termoakumulacijske peći, električni štednjaci i dr.), kojima bi se moglo upravljati uz pomoć sistema MTK.

c) Referirajući o izgradnji dispečerskih centara u Mladenovcu i Smederevu, autori upozoravaju na mnoge probleme s kojima su se susretali u toku projektiranja i izgradnje.

Osnovna postavka odnosno uvjet prije pristupanja projektiranju i izgradnji DC jest postojanje idejnog rješenja perspektivnog razvoja distributivne mreže.

Zatim je svakako potrebno definirati mjerne veličine, mjerna mjesta, vrste uređaja za mjerenja i način prijenosa do memorije u cijeloj distributivnoj mreži, što predstavlja vrlo opsežan posao i za što treba formirati staručne ekipe.

11. EKSPLOATACIONA ISKUSTVA

U referatima autori najviše obrađuju srednjonaponsku mrežu, njezinu izgradnju i održavanje, uvođenje 20 kV napona umjesto 10 kV i uspoređuju izgradnju dalekovoda u raznim klimatskim uvjetima.

Na osnovi iznesenih eksploatacionih iskustava potrebno je prići izmjeni propisa o izgradnji nadzemnih vodova i dozvoliti polaganje telekomunikacionih i elektroenergetskih kabela u isti kanal u slučaju kada telekomunikacioni kabel služi potrebama elektroprivrede.

Također je proračunano da se doneseni propisi o upotrebi postrojenja izgrađenih za 10 kV za rad u mreži nazivnog napona 20 kV. To vrijedi za mreže s uzemljenom nul-točkom preko malog otpora, koje su opremljene uređajima za brzo isključivanje u slučaju kvara.

Nakon vrlo iscrpne i konstruktivne diskusije o svim referatima doneseni su ovi zaključci:

1. Planiranje distributivnih mreža

1.1. Prognoza potrošnje električne energije osnovna je podloga za planiranje razvoja distributivne mreže. Za to je neophodno sređivati statističke podatke za što duže razdoblje, analizirati strukture potrošnje po kategorijama potrošača i promjene te strukture. Pri prognoziranju treba posebnu pažnju posvetiti utjecaju ostalih vidova energije i načina njihova korištenja (nafta, plin, daljinsko grijanje itd.) na potrošnju električne energije.

Za uspješno prognoziranje potrošnje elekrične energije i planiranje razvoja distributivnog elektromagentskog sistema neophodna je suradnja distribtivnih organizacija i organizacija koje vrše prostorno planiranje u jednoj urbanoj sredini.

Dugoročne prognoze razvoja potrošnje elekrične energije treba konstantno pratiti i aktualizirati.

1.2. Pri planiranju razvoja elektrodistributivnih mreža nužno se, zbog složenosti problema, koristiti matematičkim (prvenstveno dinamičkim) modelima, uz sistematizaciju i selekciju parametara bitnih za traženo rješenje.

S obzirom na sve složenije elektrodistributivne sisteme, preporučuje se uvođenje u praksu »mini-računala«. To posebno treba imati na umu kod projektnih i razvojnih službi, kao i tamo gdje ne postoje velika računala.

1.3. Porastom gustine opterećenja javlja se potreba da se 110 kV mreža uklopi u distributivni sistem, pa pri oblikovanju 110 kV mreže treba primjenjivati i koncepcijska rješenja koja vrijede za srednjonaponske mreže.

1.4. Treba nastaviti s radom na problemu izbora optimalnog oblika srednjonaponske mreže, uzimajući u obzir nivo srednjeg napona, snage transformatorskih stanica i broj energetskih transformatora 110/X kV, kao i koncepciju držanja rezerve u snazi.

1.5. Tehničko-ekonomske analize i dosadašnja praksa pokazuju neophodnost biranja što jednostavnijih oblika niskonaponskih mreža.

1.6. Distributivni sistem napajanja s jednim srednjim naponom (110/X kV) ekonomičniji je od sistema s dva srednja napona (110/X/Y kV).

U izvangradskim i prigradskim nadzemnim mrežama s relativno razvijenom potrošnjom u najviše slučajeva pokazuje se sistem 110/20 kV kao optimalni sistem napajanja.

U gradovima je utjecaj postojeće kabelske mreže 10 kV na izbor srednjeg napona značajniji nego kod nadzemnih mreža, pa može bitno utjecati na izbor srednjeg napona.

1.7. Problematika izbora srednjeg napona u distributivnim mrežama veoma je aktualna, na što upućuje veći broj studija, referata i analiza uređenih kod nas i u svijetu, a to je naglašeno i na ovom savjetovanju.

Predlaže se da Zajednica jugoslavenske elektroprivrede (ZJE) organizira konzultaciju zainteresiranih stručnjaka na kojoj bi se donijeli detaljniji i konkretniji zaključci.

1.8. Prijelaz na drugi srednji napon složen je i dugotrajan proces. Trajanje ovog procesa mnogo ovisi o razvijenosti i stanju postojeće mreže.

Posebno se ističe važnost planiranja prijelaznih rješenja te je zbog toga neophodno planove detaljno razraditi.

1.9. U području gdje su razvijeni postojeći distributivni naponi 35 kV i 10 kV, prijelaz na napon 20 kV ne može biti ekonomski uspješan ako se postojeće mreže 35 i 10 kV ne iskoriste do kraja tehničke amortizacije.

1.10. Radi racionalnijeg planiranja i tipizacije elemenata postrojenja i vodova opravdana je tipizacija snage tropolnih kratkih spojeva u distributivnim mrežama. U tom smislu mogu se preporučiti ove granične vrijednosti:

na 110 kV do 5 000 MVA (izuzetno 7 500 MVA)
na 35 kV do 750 MVA
na 20 kV do 500 MVA
na 10 kV do 250 MVA (izuzetno 350 MVA).

1.11. Za gradske transformatorske stanice 110/X kV koje se nalaze u području razgranate kabelske mreže izvedene energetskim kabelima s provodnim (prema zemlji) plaštom, mogu se umjesto namjenskih uzemljivača upotrijebiti plaštovi ovih kabela kao uzemljivači, kombinirani s temeljnim uzemljivačima transformatorskih stanica.

Računom dobivene rezultate u pogledu ispunjavanja uvjeta neopasnosti treba potvrditi mjerenjem prije puštanja transformatorske stanice u rad.

1.12. Na manjim energetskim mrežama tonfrekventna mrežna komanda (MTK) može se masovnije primijeniti ako se takve mreže napajaju signalima MTK na 110 kV naponskom nivou. Da bi se realizirala ova koncepcija potrebno je na jugoslavenskom nivou sjediniti snage uzimajući u obzir naše uvjete.

2. Izgradnja distributivnih mreža

2.1. U velikim urbanim područjima ekonomski i tehnički je opravdano da se TS 110/X kV gradi s opremom SF_6 za 110 kV zbog malih gabarita, pouzdanosti rada ovakvih postrojenja, sigurnosti ljudstva prilikom manipulacija i minimalnih godišnjih troškova održavanja i revizije.

2.2. Potrebno je da se što prije putem ZJE pokrene rad na izradi dopune tehničkih propisa za izgradnju i održavanje razvodnih postrojenja potpuno oklopljenih i izoliranih plinom SF_6, prema preporukama IEC-a.

2.3. Postojanje više tipova SF_6 postrojenja u uvjetima ograničenih potreba jugoslavenskog tržišta već na početku njihove primjene otežava tipizaciju elemenata i postrojenja kao cjeline.

2.4. Prekidač snage 110 kV, uz energetski transformator, najskuplji je element TS 110/X kV zbog čega treba težiti pojednostavnjenju lednopolnih shema kod kojih se prekidač 110 kV zamjenjuje sklopkom (rastavljač snage). Smanjenjem broja prekidača smanjuje se i broj rastavljača, što pojeftinjuje TS ili RP.

2.5. Radi ekonomičnije izgradnje i boljeg održavanja elektroenergetskih postrojenja potrebno je tipizacijom i standardizacijom obuhvatiti što je moguće veći broj elemenata i rješenja. Neophodan je zajednički rad i suradnja elektrodistributera i domaćih proizvođača opreme, pa se stoga preporuča Zajednici jugoslavenske elektroprivrede da formira stručne radne grupe — komisije koje bi radile na:

— tipizaciji jednopolnih shema distributivnih TS svih naponskih nivoa, rješenju u domeni mreža, vođenju dokumentacije, analizama i sl.

— tipizaciji i unifikaciji opreme u suradnji s Jugoslavenskim zavodom za standardizaciju.

2.6. Elementi niženaponske strane znatno utječu na gabarit TS 110/X kV, pa treba nastojati da budu što manjih dimenzija. To se može postići ugradnjom elemenata s »izvlačivim blokovima«.

Postrojenja s »izvlačivim blokovima« s kombiniranom izolacijom imaju prednost pred postrojenjima sa zračnom izolacijom, ali su za sada znatno skuplja. Zato je potrebno da proizvođači opreme i dalje usavršavaju tehnologiju izrade i snizuju cijenu praizvodnje. Također je potrebno pristupiti izradi tehničkih normativa.

2.7. Smanjenje dimenzija elemenata postrojenja 110/X kV omogućila je jednoetažna postrojenja koja pružaju jeftinije rješenje i bržu gradnju, a pogonski daju istu sigurnost.

2.8. Za sprečavanje razornog djelovanja struja kratkih spojeva mogu se u slabo dimenzioniranim postrojenjima srednjeg i niskog napona koristiti i ograničivači kratkih spojeva.

2.9. Prihvaćaju se energetski distributivni transformatori 10(20)/0,38 kV s namotima od aluminija pod uvjetom da se dobiju iste tehničke karakteristike kao kod transformatora s namotima izrađenim od bakra.

2.10. Trebalo bi razmotriti upotrebu hermetički zatvorenih energetskih distributivnih transformatora od valovita lima, čime bi se spriječila oksidacija ulja, trajnost ulja povećavala, a održavanje transformatora svelo na minimum.

2.11. Za povezivanje kabelskog voda s energetskim distributivnim transformatorima preporučuje se primjena transformatora s kabelskim završnicama.

2.12. Distributivni energetski transformatori 20(10)/0,4 kV bez odvojaka za prilagođavanje (»komutator«) prihvatljivi su samo u posebnim uvjetima.

2.13. Preporučuje se eksperimentalna primjena poliesterskih stupova u niskonaponskim mrežama, uz razradu tehničkih normativa.

2.14. Problemu zaštite čovjekove okoline od nedozvoljenog nivoa buke koju izazivaju transformatori i postrojenja mora se posvetiti izuzetna pažnja. Treba primjenjivati transformatore sa smanjenom bukom ili provesti akustičnu i vibracijsku izolaciju izvora buke.

2.15. Modularni statički sistemi zaštite i automatike pokazuju niz prednosti pred klasičnim sistemima zaštite. Zbog toga bi trebalo modularne sisteme primjenjivati pri izgradnji novih, a također i pri rekonstrukciji starih postrojenja. Posebno je preporučljiva njihova primjena u slučaju oskudice prostora i tamo gdje se koristi SF_6.

Potrebno je da domaći proizvođači relejnih uređaja ponude gotove sklopove relejnih uređaja.

2.16. Poželjno je uvođenje lokalne automatike u distributivne TS s obzirom da ot ne iziskuje značajnija financijska ulaganja.

2.17. Neophodno je pozvati redukcione faktore energetskih kabela u distributivnim mrežama čija je neutralna točka uzemljenja direktna ili preko malog otpora radi ispunjenja uvjeta neopasnosti i utvrđivanja utjecaja na telekomunikacione kabele.

2.18. Prisutna neusklađenost tehničkih normativa za izgradnju nadzemnih vodova i nacionalnih standarda za izolatore zahtijeva usklađivanje normativa i standarda na području udarnih napona (podnosivi i 50%-tni preskočni).

2.19. U nizu visokonaponskih izolatora obrađenih nacionalnim standardima nedostaje izolator čije su električne osobine usklađene sa zahtjevom što ih tehnički normativi postavljaju za vodove nazivnog napona 20 kV, te je neophodno ishoditi standard za potporni izolator električnih osobina koje su u skladu sa zahtjevom tehničkih normativa.

3. Eksploatacija distributivnih mreža

3.1. Radovi pod naponom su realnost koju moramo što prije usvojiti.

Prioritet uvođenja suvremenih metoda radova na mreži trebao bi biti slijedeći:

a) rad »u blizini napona« — »rad pod naponom« na niskonaponskim postrojenjima

b) rad »pod naponom« na visokonaponskim postrojenjima.

Kao priprema za uvođenje rada »pod naponom« i »u blizini napona«, potrebno je prethodno riješiti problem tehničkih normativa, odnosno izmijeniti i dopuniti odgovarajuće tehničke propise, odabrati metode i postupke rada pod naponom, izabrati odgovarajuću opremu, pomagala i alat, te školovati kadrove.

3.2. Za radove pod naponom na visokonaponskim postrojenjima prednost treba dati metodi rada pod naponom po shemi: »provodnik pod naponom — čovjek — izolacija — zemlja«, kao pogodnijoj i ekonomičnijoj za naše uvjete.

Trebalo bi ponajprije izvršiti tipizaciju potrebne zaštitne opreme u skladu s našim potrebama, uz konzultacije svih zainteresiranih korisnika, a nakon toga ostvariti odgovarajuću suradnju s proizvođačima opreme radi postizanja što bolje kvalitete opreme.

3.3. Distributivna energetska postrojenja treba projektirati i graditi tako da je na njima moguće primijeniti sve mjere zaštite na radu, rad pod naponom i održavanje postrojenja.

3.4. U daljnjem razvoju distributivnih mreža, u programima razvoja i planovima izgradnje potrebno je da nađu svoje mjesto i mjere za poboljšanje kvalitete električne energije.

3.5. Potrebno je na nivou ZJE utvrditi ujednačene kriterije pouzdanosti i opskrbe distributivnih konzumnih područja ovisno o njihovoj veličini i značaju, te u skladu s time izgrađivati distributivnu mrežu.

3.6. Osobitu pažnju treba obratiti ugradnji uređaja za kompenzaciju reaktivnih (jalovih) snaga kod potrošača i u samoj distributivnoj mreži. Dosadašnja provjeravanja rješenja nepobitno dokazuju da šira primjena kompenzacije bitno pridonosi održavanje kvalitete električne energije, a uz to donosi i značajne ekonomske efekte.

3.7. Potrošačima električne energije, prilikom izdavanja energetske suglasnosti za priključenje na mrežu, treba uvjetovati ugradnju uređaja za kompenzacije reaktivnih snaga ovisno o njihovim energetskim karakteristikama i danim uvjetima u mreži.

3.8. Za rješavanje problematike daljinskog upravljanja osnova je studija — idejni projekt dugoročnog perspektivnog razvoja elektrodistributivnog dijela energetske mreže.

Radi uspješnijeg projektiranja potrebno je na nivou ZJE definirati:

— izbor mjernih veličina, mjesta mjerenja i način prijenosa,

— broj signala i mjesta njihova postavljanja,

— potrebu primjene lokalne automatike i njihova principska rješenja.

3.9. S obzirom na predsotjeću sve veću primjenu MTK, poželjno je radi upravljanja opterećenjem u mreži i racionalnijeg iskorištavanja električne energije:

— izmijeniti tarifni sistem tako da se mogu iskoristiti sve pogodnosti koje pruža uvođenje MTK,

— električne instalacije u zgradama izvesti tako da se termoakumulacionim trošilima može upravljati pomoću mrežne tonfrekventne komande.

3.10. Potrebno je izraditi studiju o mogućnosti sistema MTK, da preuzme neke od funkcija pumpno-akumulacijskih elektrana u području izravnavanja dijagrama dnevne potrošnje električne energije.

3.11. Predlaže se formiranje radne grupe na nivou ZJE za informacione sisteme sa zadatkom:

— da izradi prijedlog sadržaja skupa o elementima mreže,

— da predloži način i strukturu šifriranja elemenata mreže.

3.12. Potrebno je da distributivne organizacije imaju kao stalni zadatak osposobljavanje kadrova, kako onih koji rade na uvođenju informacijskog sistema, tako i onih koji će ga koristiti jer je to bitno za daljnji razvoj i uvođenje informacionog sistema.

3.13. Pokrenuti postupak za izmjenu čl. 198. »Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova« u smislu da se dozvoli polaganje telekomunikacionih i elektroenergetskih kablova u isti rov u slučajevima kada telekomunikacioni kabeli treba da služe potrebama elektroprivrednih organizacija.

3.14. Ubrzati donošenje Pravilnika o tehničkim normativima upotrebe elektroenergetskih postrojenja izgrađenih za nazivni napon 10 kV za rad u mreži nazivnog napona 20 kV kod srednjonaponskih mreža s uzemljenom nultom točkom preko malog otpora koje su opremljene uređajima za brzo isključenje u slučaju kvara.

Za ove vodove obraditi teorijski i praktično zaštitu od atmosferskih prenapona.

3.15. Preporučuje se ZJE da izradi jedinstveni sistem za statističko i analitičko praćenje događaja na elektrodistributivnoj mreži.

3.16 Nastaviti s eksperimentalnim radom i praćenjem ponašanja 10 kV vodova u mrežama nazivnog napona 20 kV u raznim uvjetima i u raznim područjima SFRJ, kako bi se došlo do zaključaka koliko teški uvjeti rada mreže utječu na sniženu izolaciju.

3.17. Da bi održavanje nadzemnih vodova u veoma teškim reljefnim i atmosferskim uvjetima bilo olakšano, potrebno se prilikom projektiranja i izgradnje koristiti stečenim iskustvima, meteorološkim statističkim podacima, podacima o geološkom sastavu tla i pogodnosti koje pružaju prometnice.

3.18. Održavanje i izgradnja vodova u izuzetno teškim uvjetima ostavlja neugodne posljedice na zdravlje radnika, tako da većina ovih ljudi rano postaju invalidi.

Potrebno bi bilo da ZJE pokrene postupak za priznavanje beneficiranog radnog staža za osoblje koje radi veoma naporne poslove na izgradnji i održavanju vodova u teškim radnim uvjetima.

3.19. Preporučuje se osnovnim organizacijama da pomognu razvoj novatorstva i pruže punu pomoć onima koji se zalažu za primjenu boljih i racionalnijih rješenja.

3.20. Izučenost kadrova osnova je za siguran, kvalitetan i efikasan rad u distributivnoj djelatnosti. Preporučuje se distributivnim organizacijama da inovaciji znanja i osposobljavanja kadrova, naročito za rad na mreži, posvete izuzetnu pažnju.

4. Meteorologija u distribuciji

4.1. Za potrebe planiranja, izgradnje i eksploatacije elektrodistributivnih mreža, distributivne organizacije i hidrometeorološke službe treba da nastave s međusobnom suradnjom i da je prošire.

4.2. Za projektiranje i izgradnju nadzemnih vodova neophodno se koristiti meteorološkim podacima, a naročito o dodatnom opterećenju zbog djelovanja vjetra, težine i dimenzija ledenih naslaga, o atmosferskim pražnjenjima, zagađenosti i salinitetu zraka.

Za projektiranje i pravilnu eksploataciju kabelskih vodova napona 110 kV nužno je poznavati meteorološke i geološke parametre tla.

Radi toga, a u suradnji s meteorološkom službom, treba razraditi metode o izradi osnovnih karata prostornih i vremenskih raspodjela spomenutih meteoroloških parametara.

4.3. Posebno se preporučuje zajednička razrada metodologije obavještavanja i dostavljanja podataka o prognoziranom vremenskom stanju, radarskim promatranjima i mjerenjima, o razvoju i nailasku grmljavinskih nepogoda i vjetra s razornim djelovanjem da bi se poduzele preventivne mjere.

4.4. Pristupiti studijsko-istraživačkom radu na pronalaženju korelativnih veza između naglih promjena meteoroloških elemenata i pojava i promjena u potrošnji — proizvodnji električne energije.

5. Opći zaključci savjetovanja

5.1. Potreba i zainteresiranost distributivnih organizacija za usklađeno rješavanje problema i međusobnu suradnju u planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža uvjetuju da se ovakva stručna savjetovanja redovito održavaju.

5.2. Radi održavanja kontinuiteta, izbora u usklađivanju tema savjetovanja i konzultacija, kao i selekcije problema, pri Savjetu za distribuciju električne energije ZJE treba formirati stalno radno tijelo savjetovanja.

5.3. Iduće savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji distributivnih mreža treba održati 1980. godine.

5.4. U razdoblju između dvaju savjetovanja potrebno je održati tematske konzultacije.

5.5. Preporučuje se stručnjacima iz elektrodistributivnih organizacija da više surađuju u stručnim časopisima.

Mladen Šicel, dipl. ing.
Zajednica elektroprivrednih organizacija SRH, Zagreb

ELEKTROPRIVREDA
ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU, PRIJENOS I KUPOPRODAJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

ZAGREB, Proleterskih brigada 37 • Telefon: 513-072 i 513-822

NAFTA I PRIRODNI PLIN SA SJEVERNOG MORA

Proizvodnja nafte i prirodnog plina na Sjevernom moru, koja će se ostvarivati u toku idućih dvadesetak godina korištenjem raspoloživih rezervi u znatnoj će mjeri ublažiti energetsku bilancu zapadne Evrope uvelike ovisnoj o uvozu.

Ukupne raspoložive rezerve nafte u podmorju Sjevernog mora procjenjuju se na 2,4 do 4,0 milijardi tona, a prirodnog plina 2 000 do 3 000 milijardi m^3.

Raspodjela rezervi i očekivane proizvodnje na pojedine zemlje koje okružuju Sjeverno more je ova:

NAFTA

Zemlja	Rezerve u mln tona	Proizvodnja u mln tona			
		1975.	1976.	1980. (plan)	1985.
Danska	29 do 40	0,2	0,2	2	3
Nizozemska	40 do 80	—	—	—	2
Norveška	10 do 30	14	18	30 do 50	50 do 80
SR Njemačka		—	—	—	—
Vel. Britanija	164 do 2 800	11,8	40	90 do 115	100 do 250
Ukupno	2 400 do 4 000	26	58	122 do 167	155 do 235

PRIRODNI PLIN

Zemlja	Rezerve u mlrd m^3	Proizvodnja u mlrd m^3			
		1975.	1976.	1980.	1985.
Danska	40 do 60	—	—	—	event.
Nizozemska	350 do 500	3	4	8 do 10	10 do 15
Norveška	600 do 1 000	—	4	20 do 40	30 do 50
SR Njemačka	10 do 40	—	—	—	event.
Vel. Britanija	1 000 do 1 400	39	43	50 do 80	70 do 100
Ukupno	2 000 do 3 000	42	51	78 do 130	100 do 165

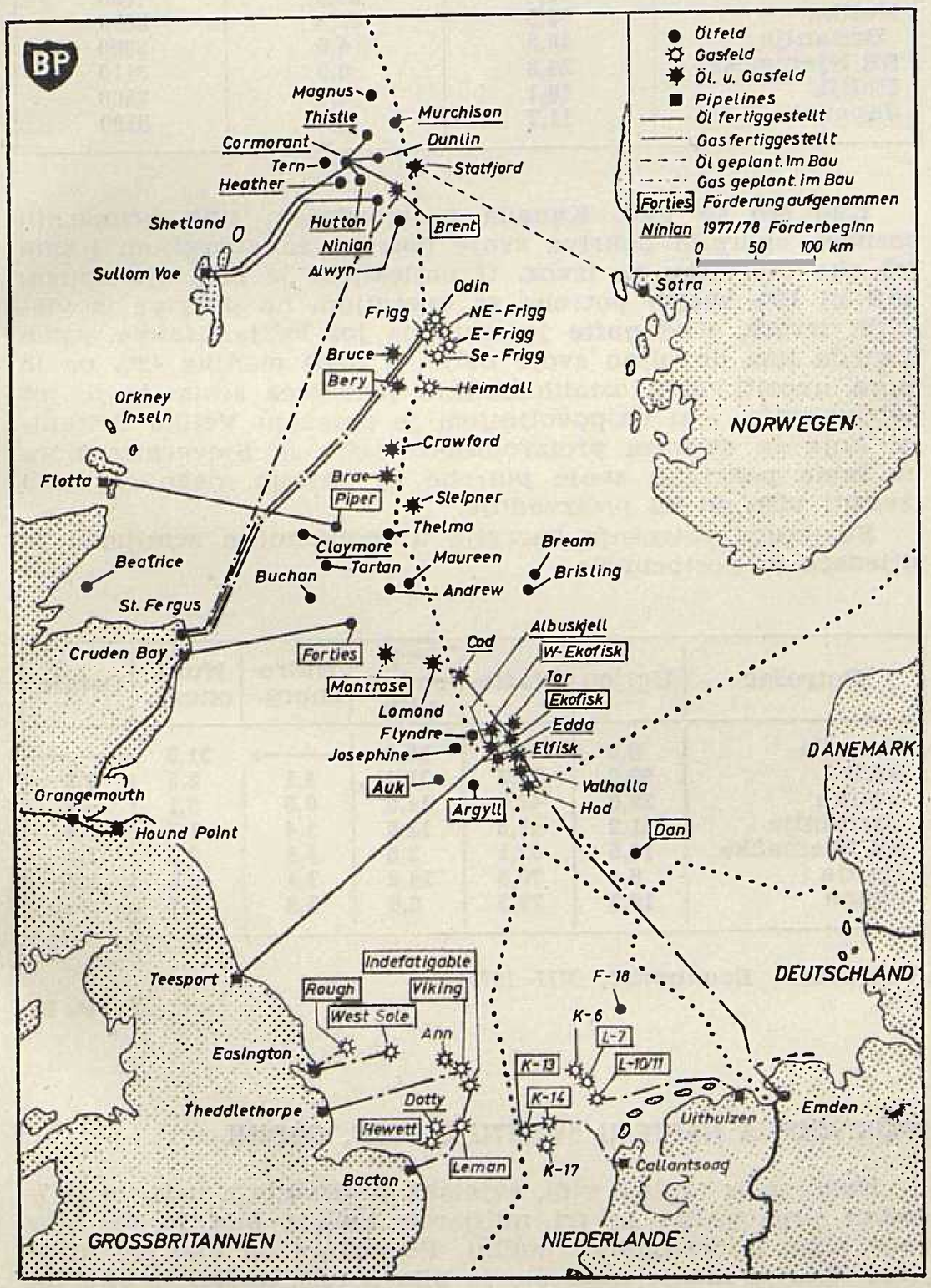
Proizvedena nafta se putem sabirnih stanica na platformama otprema do terminala ili rafinerija na kopnu tankerima ili naftovodima, kako se iz priložene karte vidi; nafta se s ležišta na najsjevernijem engleskom dijelu Sjevernog mora otprema tankerima do luke Sullom Voe na Šetlandskom otočju, dok je ležište Forties povezano s terminalom Cruden Bay i dalje s rafinerijom u Grangemouthu. Grupa ležišta oko Pipera povezana je naftovodom do terminala Flotta na Orknejskom otočju. Grupa ležišta u centralnom dijelu Sjevernog mora povezana je naftovodom s terminalom u luci Teesport. Svi ti terminali nalaze se na obali Velike Britanije. U gradnji je naftovod od ležišta Statfjord u norveškom dijelu Sjevernog mora do norveške luke Sotra.

Plinovoda ima nešto manje nego naftovoda. Tako je grupa plinskih ležišta oko Frigga povezana s lukom Fergus, West Sole s Easingtonom, a dovršen je plinovod od naftno-plinskih ležišta u norveškom južnom dijelu Sjevernog mora sa zapadnonjemačkom lukom Emden.

U planu je da se sagradi više novih plinovoda.

(K. Harms, Nordsee 77. Oel, XII str. 272—282 (X 1977)

V. B.

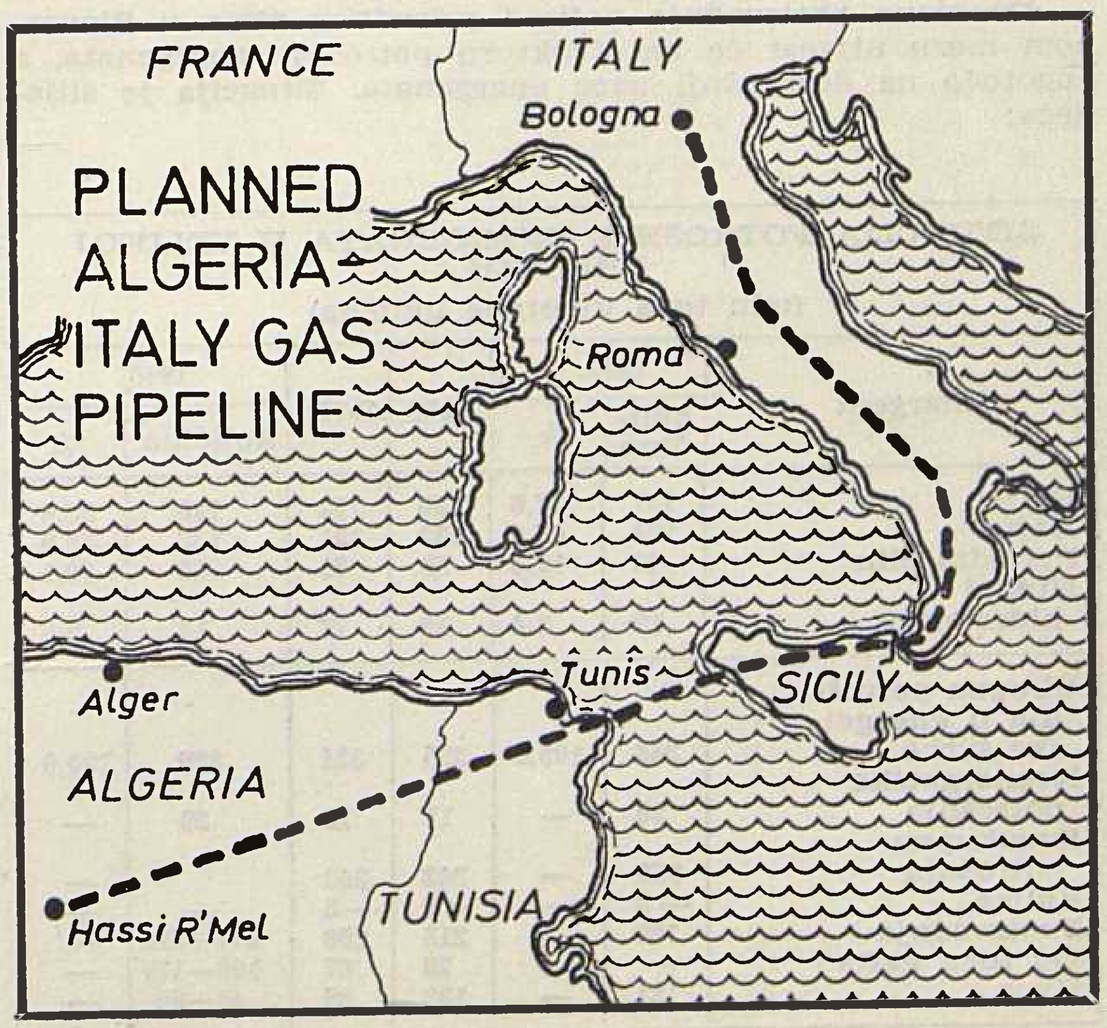


PLINOVOD ALŽIR — ITALIJA

Prema tripartitnom ugovoru između alžirskog državnog poduzeća za naftu (Sonatrach), vlade Tunisa i talijanskog Snam Progetti pristupit će se gradnji plinovoda za otpremu alžirskog prirodnog plina do sjevera Italije i dalje putem već izgrađene mreže plinovoda u SR Njemačku, Švicarsku, Francusku i Austriju.

Plinovod bi trebao biti izgrađen do kraja 1981. godine, a u toku 25 godina otpremalo bi se godišnje 12 mlrd m^3 prirodnog plina. Izgradnja će stajati tri milijarde dolara, a plinovod će biti dug oko 2 500 km.

Plinovod će polaziti od plinskog polja kod Hassi R'Mel i 550 km teći alžirskim teritorijem i 360 km tuniskim. Oko 160 km plinovoda bit će položeno na dno Sredozemnog mora, na dubini od 600 metara, između Afrike i Sicilije. Kroz otok Siciliju plinovod će biti dug 350 km i tada će na dubini od



365 metara prijeći Mesinski prolaz do kopnenog dijela Italije. Duž čitavog kopna Italije na potezu jug — sjever plinovod će biti dug oko 1 000 km i kod Bologne bi se vezao na postojeću mrežu magistralnih plinovoda.

(Petroleum Economist, XII 1977)

V. B.

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Komisija Evropske ekonomske zajednice izradila je kalkulaciju o cijeni koštanja električne energije koja će se proizvoditi u termoenerganama što će biti puštene u rad u 1980. godini.

Kalkulacija je načinjena pod pretpostavkom da te energane rade godišnje 6750 sati ili 75% od kalendarskog fonda.

— nuklearna termoenergana od 1 000 MW s laganom vodom — jedan kilovatsat stoji 2,2 US centa,

— termoenergana od 600 MW na pogon uljem za loženje — jedan kilovatsat stoji 3,3 US centa,

— termoenergana od 600 MW na pogon ugljenom — jedan kilovatsat stoji 2,7 do 4,4 US centa, ovisno o lokaciji energane i ugljenokopa.

(Petroleum Economist, XII 1977)

V. B.

STRUKTURA POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE U AUSTRIJI

Prema provedenoj anketi 61% kućanstava u Austriji ima instalirane pojedinačne peći, 9% imaju etažno grijanje, 25% centralna grijanja, a 5% razne mješovite agregate.

Prema vrstama goriva 17% kućanstava troši za zagrijavanje drva, 29% koks, 9% plin, 26% ulje za loženje, 7% električnu energiju, 4% daljinsku toplinu, dok je 8% nedefinirano.

(Erdöl-dienst, 9. XII 1977)

V. B.

POTROŠNJA ENERGIJE U VELIKOJ BRITANIJI

Ocjenjuje se da će ukupna potrošnja energenata u 1978. godini u Velikoj Britaniji doseći gotovo 360 mln tona uvjetnog ugljena i da se prema potrošnji u 1977. godini biti za oko deset milijuna tona veća, ali još uvijek gotovo za toliko manja od potrošnje u 1973. godini, kad je bila ostvarena najveća potrošnja — 368 mln tona. Razlog kasnijem padu je opća štednja na energiji i njezina sve veća cijena.

Povećana proizvodnja nafte i prirodnog plina u Sjevernom moru utjecat će na strukturu potrošnje energenata, a pogotovo na dosadašnji uvoz energenata. Situacija je slijedeća:

SITUACIJA POTROŠNJE ENERGENATA U VELIKOJ BRITANJI
(mln tona uvjetnog ugljena)

Energent	1973. količina	1973. %	1976	1977.	1978. količina	1978. %
Ugljen	131	37,6	120	122	120	35,4
Nafta	162	46,6	132	131	132	38,9
Prirodni plin	43	12,4	58	61	68	20,1
Nukl. i hidroenerg.	12	3,4	15	17	19	5,6
Ukupna potrošnja u energetske svrhe	348	100,0	325	331	339	100,0
Neenergetska potrošnja	20	—	17	18	20	—
Sveukupna potrošnja	368	—	342	349		—
Zalihe	— 2	—	+ 3	— 5	—	—
Proizvodnja	185	—	213	258	297—314	—
Od toga nafta	—	—	20	67	100—117	—
Uvoz	181	—	132	86	45—62	—

Iz podataka se vide ovi odnosi:

— Ukupna potrošnja energenata bit će u 1978. godini za deset milijuna tona veća nego u 1976. godini, ali se porast odnosi uglavnom na prirodni plin i nuklearnu energiju.
— Po strukturi potrošnja u 1978. godini prema onoj u 1973. godini pokazuje manji udio ugljena i nafte, a na račun prirodnog plina (od 12,4% na 20,1%) i nuklearne i hidroenergije (od 3,4% na 5,6%).
— Potrošnja energenata u neenergetske svrhe doseći će u 1978. godini ostvarenje u 1973. godini.
— Vlastita proizvodnja energenata porast će u 1978. godini prema onoj u 1977. godini za 39 do 56 mln tona uglavnom na račun nafte i prirodnog plina.
— Uvoz energenata iznosio je u 1973. godini gotovo 50% i od tada slabi u skladu s porastom vlastite proizvodnje nafte i prirodnog plina, pa u 1977. godini pada na 25%, dok će u 1978. godini biti između 13% i 17% i ovisno o proizvodnji nafte koja će se kretati od 100 do 117 mln tona (u ekvivalentu uvjetnog ugljena) odnosno 70 do 82 mln tona u ekvivalentu nafte.

(Petroleum Times, 11. XI 1977)

V. B.

POTROŠNJA ENERGIJE KOD NEKIH VELIKIH SVJETSKIH POTROŠAČA ENERGIJE

Podaci o ovisnosti alimentiranja energije o njezinu uvozu, kao o udjelu uvozne nafte u toj potrošnji, te o potrošnji energije po jednom stanovniku u nekim zemljama velikim potrošačima energije jesu za 1976. godinu ovi:

Potrošač	Udio vlastite proizvodnje energije u njenoj ukupnoj potrošnji (u %)	Udio vlastite proizv. nafte u njenoj ukupnoj potrošnji (u %)	Potrošnja energije po jednom stanov. — kg u ekvivalentu nafte
Kanada	108,8	100,3	8360
SAD	82,0	58,0	7990
Velika Britanija	55,9	82,0	3630
SR Njemačka	49,5	4,5	3960
Italija	24,8	0,9	3110
Japan	18,1	1,0	2300

Kao što se vidi, Kanada proizvodnjom svih primarnih nosilaca energije pokriva svoje potrebe za energijom i ima još oko 9% viška za izvoz. U najlošijem je položaju Japan, koji ni 12% svojih potreba za energijom ne pokriva iz vlastitih izvora. Kod nafte je situacija još lošija. Naime, samo Kanada ima dovoljno svoje nafte, a SAD manjka 42% pa je mora uvoziti. Kod ostalih velikih potrošača situacija je još nepovoljnija, a u najpovoljnijem je položaju Velika Britanija, koja će doskora proizvodnjom nafte sa Sjevernog mora ne samo pokrivati svoje potrebe za naftom, nego će moći izvoziti više od 2/3 proizvodnje.

Struktura potrošnje energije u spomenutim zemljama je slijedeća (u postocima):

Potrošač	Ugljen	Nafta	Prirodni plin	Hidro energ.	Nukl. energ.	Ostalo
Kanada	8,0	43,0	18,0	→	31,0	←
SAD	22,5	39,3	31,4	4,1	2,5	0,2
Velika Britanija	39,0	42,8	14,5	0,5	3,1	—
SR Njemačka	41,2	41,8	12,5	1,4	1,7	1,4
Italija	16,5	62,1	9,6	8,1	2,5	1,2
Japan	6,4	70,5	14,2	7,1	0,6	1,3
	16,5	73,5	2,6	5,8	1,7	—

(Petroleum Economist, XII 1977)

V. B.

PROIZVODNJA NAFTE U SVIJETU U 1977. GODINI

Kako se iz tablice vidi, svjetska proizvodnja nafte u 1977. godini prekoračila je tri milijarde tona i bila je za 3,4% veća nego u prethodnoj godini. Povećanje od oko sto milijuna tona je manje nego što je bilo u 1976. godini — oko 220

milijuna tona, što je posljedica opće štednje energije, a napose nafte.

Promatrajući proizvodnju u pojedinim krajevima svijeta, uočavaju se slijedeće karakteristike.

Proizvodnja nafte na istočnoj hemisferi od preko 2,25 mlrd tona u 1977. godini čini 74,6% od svjetske proizvodje i u toj je godini porasla za 3,8%. Količinski najveće je povećanje ostvareno u SSSR-u, a procentualno u Zapadnoj Evropi (70,7%). To je povećanje isključivo posljedica povećanja proizvodnje u Sjevernom moru, jer na kopnu proizvodnja nafte ima tendenciju slabljenja. Porast proizvodnje od 3,6% je uglavnom posljedica porasta proizvodnje u Alžiru i Libiji. Prednji istok — s 36,5% — u cjelini najveći svjetski proizvođač nafte zadržao je proizvodnju nafte na dometu iz 19766. godine, tj. oko 1,1 mlrd tona, što je posljedica podešavanja proizvodnje zahtjevima svjetskog tržišta. Proizvodnja nafte na Dalekom istoku od 230 mln tona u 1977. godini bila je za 9,0% veća nego u 1976. godini, dok je udio u svjetskoj proizvodnji bio 7,7%. Povećanje od oko 20 mln tona uslijedilo je u Indoneziji i Kini.

Proizvodnja nafte na zapadnoj hemisferi porasla je u 1977. godini za 2,2% na nešto preko 768 mln tona, pa je udio u svjetskoj proizvodnji bio 25,4%. Dok je proizvodnja nafte u Sjevernoj Americi bila za 3,1% i dosegla gotovo 590 mln tona u Karibskom području — uglavnom Venezueli — oslabila je za 1,2%. Proizvodnja u ostaloj Americi čini samo 1,5% u svjetskim razmjerima i u 1977. godini bila je 45,2 mln tona.

PROJZVODNJA NAFTE U SVIJETU
(000 tona)

	1975.	1976.	1977.	1977. Udio u svjetskoj proizvodnji %	1977. Promjene
Zapadna Evropa	24 180	39 133	66 810	2,2	+ 70,7
SSSR i Istočna Evropa	513 923	543 587	575 150	19,0	+ 5,8
Afrika	231 553	268 423	278 120	9,2	+ 3,6
Bliski istok	980 573	1 111 176	1 105 980	36,5	— 0,5
Daleki istok	186 075	211 199	230 380	7,7	+ 9,0
Istočna hemisfera	1 936 304	2 173 518	2 256 440	74,6	+ 3,8
Sjeverna Amerika	585 221	517 211	587 530	19,4	+ 3,1
Karipsko područje	141 301	137 485	135 880	4,5	— 1,2
Južna Amerika	44 076	44 601	45 220	1,5	+ 1,4
Zapadna hemisfera	770 608	752 297	768 630	25,4	+ 2,2
Svijet	2 706 912	2 925 815	3 025 070	100,0	+ 3,4

U posebnoj tablici iskazana je proizvodnja nafte u pet najvećih svjetskih proizvođača nafte — SSSR-u, SAD, Saudijskoj Arabiji, Iranu i Venezueli — koji svojom proizvodnjom od oko 1,86 mlrd tona čine 61,4% od svjetske proizvodnje nafte. Prva tri proizvođača daju gotovo 50% svjetske proizvodnje. Najveći porast proizvodnje nafte zabilježen je kod najvećeg proizvođača, tj. SSSR-a, gdje je proizvodnja povećana za 6,1%. Venezuela i Iran imali su u 1977. godini proizvodnju manju za 20 mln tona.

PET NAJVEĆIH SVJETSKIH PROIZVOĐAČA NAFTE
(000 tona)

Proizvođač	1975.	1976.	1977.	1975. Udio u svjetskoj proizvodnji %	1975. Promjene
SSSR	490 800	520 000	551 500	18,2	+ 6,1
SAD	466 340	454 963	462 830	15,3	+ 1,7
Saudijska Arabija	352 029	428 800	453 160	15,0	— 5,7
Iran	266 676	293 951	276 410	9,1	— 6,0
Venezuela	122 075	118 926	116 450	3,8	— 2,1
Ukupno	1 697 920	1 816 640	1 863 350	61,4	+ 2,4

(Petroleum Economist, I 1978)

NOVA ENERGETSKA POLITIKA SAD

Smanjenjem proizvodnje sirove nafte i plina u zemlji, a povećanom potrošnjom sve se više povećava zavisnost SAD od uvoza, koji ovog časa iznosi 50% potrebe zemlje. Zemni plin i derivati sirove nafte sudjeluju sada sa 75% u energetskim potrebama zemlje, a domaća proizvodnja osigurava samo 7% potreba. Kao posljedica uvoza sirove nafte i plina dolazi iz negativne platne bilance SAD prema inozemstvu u iznosu od 197 635 milijardi $ godišnje.

Negativna platna bilanca, tako velika ovisnost energetike o uvozu i očekivanje da će osamdesetih godina doći do smanjenja ponuda sirove nafte na svjetskom tržištu, prisilili su novu američku administraciju da predloži novu energetsku politiku.

Ciljevi nove energetske politike SAD jesu:

1. štednja energije na svim područjima,
2. zamjena naftnih derivata i plina ugljenom,
3. izgradnja nuklearnih termoelektrana i lakom vodom,
4. poticanje razvoja proizvodnje sirove nafte i plina,
5. poticanje primjene sunčane i geotermičke energije.

Sve bi to trebalo postići kombinacijom državne politike financiranja, penala i ograničenja, a da se stanovnici dodatno ne opterete.

Ad 1. Godišnji prirast energetike treba biti manji od 2%, što bi se postiglo ovim mjerama: od 1978. godine vlasnici automobila s potroškom benzina od 15,7 1/100 km plaćat će dodatni porez od 180 $/god, a automobili s 21,3 1/100 km 450 $/god. Ti porezi će iz godine u godinu rasti, tako da će 1985. godine iznositi 1 600, odnosno 2 500 $.

Namjera je da se na taj način potrošak benzina smanji za 10%. Uz dodatne poreze na automobile zbog prekomjerne potrošnje, predlaže se i dodatni porez od 5 centi na galon benzina. Porez će se svake godine povisiti za daljnjih 5 centi, dokle god se ne postigne željeni cilj.

Vlasnici zgrada koji utroše sredstva za termičku izolaciju zgrade imaju porezne olakšice od 25, odnosno 15%, ako su za to potrošili 800, odnosno 1400 $. Također za troškove termičke izolacije odobravaju se porezne olakšice od 10% vlasnicima prodavaonica.

Kod prodaje električne energije i plina zabranjuju se sve tarife koje stimuliraju veću potrošnju. Odgovarajućim noćnim tarifama treba stimulirati noćni potrošak da bi se poboljšala iskoristivost TE. Očekuje se da će se već takvom tarifnom politikom do 1985. godine postići uštede od 7,5%.

Za izgradnju TE-TO predviđaju se poreske olakšice.

Ad 2. Termoelektrane koje rade na derivate nafte i na plin, s ukupno 80 300 MH, treba prepraviti na ugljen kao gorivo ili zamijeniti nuklearnim termoelekranama. Da bi se to postiglo što prije, predviđen je porez od 2 milijarde $ na termoelektrane s gorivom plinom i derivatima nafte. Za termoelektrane koje upotrebljavaju ugljen kao gorivo predviđene su olakšice.

Radi predviđenog manjeg prirasta potrošnje predviđa se 1985. godine minimalni porast potrošnje ugljena.

Očekuje se da će 1985. godine biti u pogonu još 20% termoelektrana s plinom kao gorivom, i to zbog vršnih elektrana i tamo gdje radi zaštite čovjekove okoline neće biti drugih rješenja. Na svaki način, misle da će do 1990. godine obustaviti rad sve termoelektrane s gorivom na plin.

Ad 3. Planom se predviđa izgradnja tipskih nuklearnih termoelektrana. Trebalo bi olakšati, odnosno ubrzati izdavanje građevnih dozvola za te radove. Udio NTE u proizvodnji električne energije iznosio je 1976. godine 9,4%. Očekuje se da će taj udio 1980. godine iznositi 13%, a 1985. godine 23%. S obzirom na velike nacionalne rezerve urana i opasnosti od proizvodnje nuklearnog oružja iz plutonija, obustavlja se gradnja samooplodnih nuklearnih termoelektrana s nadom da će i ostale zemlje slijediti taj primjer.

Ad 4. Domaću cijenu sirove nafte od 5,17 $ po barelu treba s porezom dignuti na svjetsku cijenu od 13,0 $ po barelu. Da se pospješe istražni radovi, odobrava se svakom novom nalazištu za tri godine cijena od 11,8 $ po barelu.

U novootkrivenim nalazištima plina treba cijenu plina sa 1,45 $/cu feet povisiti na 175 $/cu feet.

Kućanstva i malopotrošnju treba i dalje opskrbljivati plinom po cijeni od 1,45 $/cu feet.

Radi sigurnog snabdijevanja tržišta naftom trebaju nacionalne rezerve iznositi oko 150×10^6 tona.

Ad 5. Na troškove gradnje uređaja za zagrijavanje sunčanom energijom od 2 1500 do 6 400 $ daju se poreske olakšice od 40, odnosno 25% do 1985. godine. Poreske olakšice su pred-

viđene također za primjenu sunčane i geotermičke energije u obrtu.

Da bi se mogla provesti predložena politika, predviđeno je da se osnuje sekretarijat za energetiku koji bi nastao spajanjem FEA (Federal Energy Administration), FPC (Federal Power Commission), dijelova trgovačke komore i rudarskog zavoda. Bio bi to, vjerojatno, najveći sekretarijat, s više od 20 000 namještenika.

(Prema EW 25/1977) B. Mr.

HIDROELEKTRANE NA RIJECI ZAIR (KONGO)

Na rijeci Zair (Kongo) Elektroprivreda Zaira gradi prve hidroelektrane na jednom od najvećih potencijala vodene energije na svijetu.

Zair je vodom najbogatija afrička rijeka, a i jedna od najbogatijih na svijetu. Oko 200 km od ušća rijeke, na dužini od 30 km nalaze se brzaci s visinskom razlikom od oko 100 m koji se postepeno iskorištavaju za izgradnju hidroelektrana. Središnji godišnji protok rijeke Zaire iznosi 40 000 m^3/sek; samo 1% dana u godini protok padne ispod 25 000 m^3/sek. Tako konstantni protok rijeka ima zahvaljujući tropskim kišama koje padaju cijele godine na slivnom području sjeverno i južno od ekvatora. Da se dobije slika o količinama vode, navodimo da je godišnji prosjek Rajne kod Kölna 2 000 m^3/sek. Jedina rijeka s većim količinama vode je Amazona, koja se zbog malenih visinskih razlika ne može na sličan način iskoristiti.

Uz rijeku, bolje reći uz brzake, nalaze se dvije rijeci paralelne kotline, N'kokolo i Bundi, a predviđene su kao dovodni kanali i akumulacije elektrana.

Evo i pregleda izgradnje objekta:

Objekt	Instalirano MW	Vodene turbine			Stanje objekta
		kom	MW	pad (h)	
Inga 1	360	6	60	50	u pogonu
Inga 2	1 400	8	175	56	u gradnji
Inga 3	3 520	12	190 310	58	u planu
Inga velika	39 000	52	750	130	u planu
	44 280				

HE Inga 1 je u pogonu od 1974. godine, HE Inga 2 je u gradnji, a izgradnja HE Inga 3 tek se planira. U budućnosti projektiranja HE Inga koristit će se kotlinom Bundi.

Kotlina N'kokolo je neposredno prije vodopada pregrađena branom Shongo dugom 600 m. Osim toga, bilo je potrebno u kotlini izgraditi još nekoliko manjih brana od kojih su neke zemljane, a neke betonske. Iz tako stvorenog jezera odvodi se voda odgovarajućim građevnim objektima u HE Inga 1, 2 i 3. Kod visokih voda prelijeva se voda preko nekih od manjih brana, što ujedno i određuje maksimalni vodostaj.

Pod branom Shongo izgrađena je HE Inga 1. Podzemnim kanalom dovodi se voda iz hidroelektrane ponovno u rijeku.

Izgradnja HE Inga 2 ekonomski je najpovoljnija, jer je niz građevnih radova trebalo izvesti prilikom gradnje HE Inga 1. Tako je, na primjer, dovod za HE Inga 2 izgrađen kao odvod voda prilikom izgradnje brane Shongo. Strojarnica duga 300 m izgrađena je uz rijeku Zaire.

Izgradnja HE Inga 3 se isto tako planira s jezera N'kokolo uzvodno od HE Inga 1 i 2. Ta će hidroelektrana biti podzemna, a izgradit će se nizvodno od HE Inga 2.

Redoslijed gradnje pojedinih HE i veličina agregata odabrana je prema potrebama zemlje i ekonomičnosti.

Za izgradnju HE Inga velika treba pregraditi rijeku Zair i tako skrenuti svu vodu u kotlinu Bundi. U kotlini će trebati izgraditi nekoliko manjih brana. Skretanjem voda u kotlinu Bundi ostaje kotlina N'kokolo bez vode, a time i HE Inga 1, 2 i 3. Da se to izbjegne, potrebno je odgovarajućim građevnim zahvatima spojiti obje kotline.

U HE Inga velika prema pretprojektu predviđena su 52 agregata od po 750 MW svaki; dakle ukupno 39 000 MW (u SR Njemačkoj ukupna instalirana snaga elektrana iznosila je 1976. godine 75 000 MW).

Do sada isporučena oprema izgrađena je u Evropi i prevezena brodom do malene i slabo opremljene luke Boma. Iskrcaj se nije predvidio u glavnoj luci Zaira Matadi, jer se ne nalazi na strani rijeke na kojoj se grade hidroelektrane, a prijevoz na drugu obalu rijeke nije moguć. Teška oprema na transporterima krca se izravno na brod. S broda tako nakrcani kamioni prevoze posebno izgrađenim cestama opremu do hidroelekrana.

Oko 10 km od gradilišta izgrađeno je i naselje za graditelje s kantinom, supermarketom, školom, bolnicom, igralištima i aerodromom.

Sada proizvedena električna energija prenosi se 220 kV dalekovodom u Kinšasu (glavni grad Zaira) udaljen 300 km, a dvama 150 km dugim dalekovodima u grad Banana na morskoj obali, da se tamo pospješi razvoj industrije jeftinom cijenom električne energije.

Ipak, najvažniji potrošač bit će poznati rudnici bakra s ogromnim rezervama u provinciji Šaba. Predviđeno je da se ti rudnici povežu visokonaponskim vodom istosmjerne struje u dužini 1 700 km, što bi za sada bio najduži visokonaponski istosmjerni vod na svijetu. Prijenosni napon iznositi će ± 500 kV. Predviđaju se prijenosni kapaciteti u tri etape:

560 MW
840 MW
1 120 MW.

Nakon izgradnje navedenog visokonaponskog istosmjernog prijenosa spajanjem Šabe i Cabora-Bassa u Mozambiku omogućio bi se prijenos električne energije iz energetskog kompleksa Inge u Južnoafričku Republiku.

Izgradnjom HE Inga 1 i 2 iskorišten je prvi dio zairskih hidropotencijala. Trebalo bi da jeftina cijena električne energije privuće industriju. U toku su pregovori za izgradnju elektrolize aluminija i za izgradnju postrojenja za obogaćenje urana, koji je velik potrošač električne energije. Kako će se dalje iskorištavati vodeni potencijal rijeke Zair, ovisit će o političkoj stabilnosti i ekonomskom razvoju zemlje.

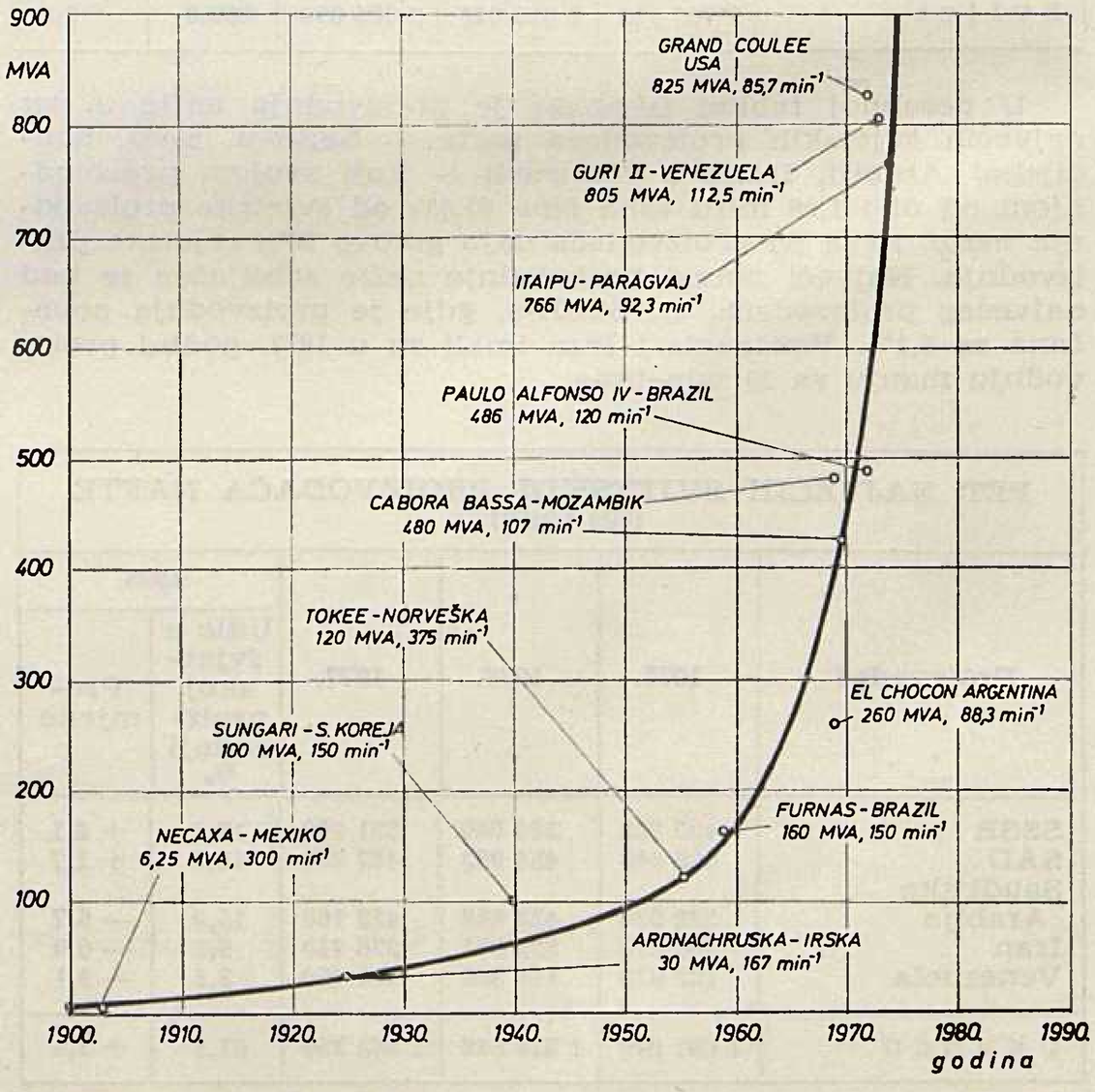
(Prema SZ 51/1977-2) B. Mr.

SNAGA VODENIH TURBINA

Posljednjih godina se znatno povećavaju snage izgrađenih vodenih turbina. To je moguće uz nova konstruktivna rješenja i nove materijale i zbog prijelaza na nominalne napone generatora na 20 kV i više i uz vodeno hlađenje.

U Evropi se grade vodene turbine velikih snaga još samo kao vršna pumpna postrojenja. Najveća u gradnji za sada je HE Itaipu 18 × 766 MVA, n = 92,3 min^{-1} na granici Brazila i Paragvaja.

Strojevi takvih veličina se iz tehničkih, a naročito zbog prijevoznih poteškoća danas dijelom dovršavaju na samom gradilištu.



(Prema etz-a 98/1977-10) B. Mr.

HE GURI II — VENEZUELA

CVG Electrificacion del Caroni AG (EDELCA) iz Venezuele naručio je kod Siemensa izradu jednog od pet agregata za HE Guri II.

Radi se o hidroagregatima od 805,00 MW sa 112,5 min^{-1}, pa su to za sada najveći agregati na svijetu.

(Prema EW 76/1977-22) B. Mr.

SIGURNOST U OPSKRBI ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Radna grupa studijskog komiteta za distribuciju UNIPEDE (Union Internacionale Des Producteurs Et Distributeurs D'Energie Electrique) anketirala je zemlje članice o sigurnosti u opskrbi električnom energijom. Odaslana su tri anketna lista na koje je odgovorilo 13 do 15 od 18 zemalja članica (potrebno je napomenuti da je UNIPEDE udruženje zapadnoevropskih zemalja, ali su u nju učlanjene i Mađarska, Poljska i Jugoslavija). Anketni listovi bili su slijedeći:

1. Opskrba električnom energijom
2. Izvedba električnih distributivnih mreža
3. Organizacija pogona.

Svrha je ankete da se ustanovi postojeće stanje o kvaliteti isporučene energije i mjere koje poduzimaju zemlje članice, a i da se iz odgovora izvuku preporuke koje bi vrijedile za sve zemlje članice UNIPEDE.

1. Opskrba električnom energijom

1.1. Neprekinutost u opskrbi električnom energijom. Ni jedna zemlja u Evropi nema propise koji obvezuju distributere s obzirom na maksimalno vrijeme trajanja prekida i ukupni godišnji broj prekida. Isto tako nigdje nije ograničena snaga zbog prekida neisporučene električne energije.

Ako postoje neki propisi, to su propisi distributera, koji su više putokaz u pogonu i u izgradnji nego propisi.

Sve distribucije razlikuju nepredviđene i planirane prekide. U izvještajima svi daju trajanje pojedinih prekida i točno vrijeme kada je do prekida došlo do uključivši SN (srednji napon).

Većina distribucija nastoji odgovarajućim koeficijentima istaknuti važnost prekida. Obično je to instalirana snaga ispalih transformatora, iz dijagrama opterećenja izvađena stvarna ispala snaga, broj ispalih potrošača ili neka kombinacija sličnih podataka.

1.2. Stabilnost napona. Kao granica varijacija napona, od 17 anketiranih zemalja, 10 je uvelo zakonom dozvoljena odstupanja ± 10% za niski napon. Neke distribucije u studijama radi potreba planiranja računaju s većim naponskim odstupanjima.

Na SN u pravilu nema posebnih internih propisa poduzeća, a ni zakonskih propisa.

1.3. Preporuke i zaključci. Ako se želi načiniti zajednički prijedlog za sve zemlje članice UNIPEDE o kvaliteti isporučene električne energije, trebalo bi takav prijedlog načiniti bez previše dodatnih pitanja i mogućnosti njegove izrade, bez obzira na način i vrstu prikupljenih podataka.

$$A = \frac{\Sigma p_i t_i}{P},$$

gdje je: p_i = ispali učin, tj. ispala snaga instaliranih trafoa, odnosno ugovorena snaga potrošača, t_i = trajanje ispada, P = ukupni učin.

Pri tome treba odrediti odnos između potrošača na n.n. i učina transformatora, odnosno ugovorene i instalirane snage potrošača na SN.

Neisporučena električna energija može se odrediti na temelju srednjih neisporučenih snaga ili iz odgovarajućeg dijela krivulje opterećenja. Pojam neisporučene električne energije može tako postati odlučujući podatak u tehno-ekonomskim elaboratima.

Nedostatak takvog sistema jest u tome da ne uzima u obzir duge prekide, a ni opetovane kratke prekide.

2. Izvedba električnih distributivnih mreža

2.1. Postrojenja viskog napona. Svi prijenosni vodovi za VN (visoki napon) i VVN (vrlo visoki napon) rade u pravilu u zatvorenoj petlji. U Slučaju ispada jednog voda uvijek postoji mogućnost rezervne opskrbe.

Sve transformatorske stanice imaju uvijek dva transformatora. U slučaju ispada trafoa u pogonu momentano se može ukopčati rezervni trafo.

U malim i nevažnim TS ponekad je ugrađen samo jedan trafo. Ipak imaju pripremljeno (potpuno opremljeno) i drugo trafo polje. U takvim slučajevima imaju rezervnu jedinicu za više TS. Takav sistem traži vlastito prijevozno sredstvo i dobru mrežu putova.

Problem je kako dimenzionirati rezervni trafo. U nekim zemljama distribucija računa s ispadom trafoa u času vršnog opterećenja, a ako je prekid kratak, dopuštaju, barem teorijski, preopterećenje rezervnog trafoa do 60%.

2.2. Postrojenja srednjeg napona. Kod SN vodova priključak transformatorskih stanica je najčešće na otcijepu; ipak, mnogo se upotrebljava, a nigdje ne izbjegava sistem ulaz-izlaz.

Kod SN podzemnih kabela priključci su gotovo u pravilu izvedeni po sistemu ulaz-izlaz. Ipak, u 7 zemalja (od 17 anketiranih) kabelski priključci se izvode u otcijepu; dakle, ne mogu se zanemariti ni SN kabelske mreže s T-komadima.

Distributivne stanice imaju u pravilu samo jedan trafo. Dva transformatora se ugrađuju samo zbog ograničenih snaga do kojih se takvi trafoi proizvode. U slučaju kvara transformatora računa se s prekidom u opskrbi do 8h, razumije se uz rezervni trafo u poduzeću i vlastitim odgovarajućim vozilom, odnosno mehanizacijom. Ne predviđa se mogućnost ispomoći po n.n. mreži iz susjedne transformatorske stanice; eventualni spojevi su slučajni.

2.3. Mreže niskog napona. Zračne n.n. mreže su u pravilu izvedene zrakasto. Eventualne petlje su slučajne (zbog konfiguracije naselja).

N.n. kabelske mreže u pravilu su u pogonu zrakasto, iako su često izvedene u petlji. Samo četiri odgovora navode da u iznimnim slučajevima imaju n.n. kabelsku mrežu koja radi u petlji. Može se zaključiti da se ne može opravdati poskupljenje izvedbe n.n. mreže u petlji, pa niti imajući na umu vrlo veliku sigurnost u isporuci električne energije u tako izvedenim mrežama.

2.4. Zaključci. Vidi se, iz prikupljene ankete, da sve zemlje grade vrlo slične sisteme mreža.

Pogonski napon postrojenja (možda je točnije zbog ispada neisporučena električna energija) određuje važnost, a time i dodatne investicije u objekte radi rezervne opskrbe ili rezervnih dijelova s potrebnom mehanizacijom.

Kod vodova na VN svi anketirani imaju pogon u petlji. Transformatori VN u pravilu rade u paraleli. Automatsko prekapčanje je iznimka, a u gotovo polovici postrojenja prekapčanja transformatora obavljaju se ručno.

SN vodovi, bez obzira na izvedbu zvjezdišta na izlazu iz stanice VN/SN, imaju brzo i sporo ponovno ukapčanje. U SN vodovima su u pravilu ugrađeni rastavljači na ručni pogon. Neka distributivna poduzeća imaju u SN vodovima ugrađene učinske rastavljače i sklopke; osigurači ugrađeni u SN vodovima su iznimka.

SN kabeli gotovo da i nemaju ponovno ukapčanje; ipak, često su ugrađeni u SN kabelske izlaze isti releji kao i kod vodova.

Na SN ni jedno poduzeće nema pojačanu izolaciju radi smanjenja opasnosti od kvarova zbog preskoka.. Zbog prijelaza na viši napon imaju neka poduzeća sada u pogonu pojačanu izolaciju.

Na n.n. sve više poduzeća ugrađuje izolirane vodiče.

Regulacija napona u transformatorskim stanicama VN/SN uvijek je automatska, u pravilu je kompaundna.

Ima nešto automatske regulacije napona u SN mrežama, ali čini se da to nije pravilo, tj. da se radi o iznimnim slučajevima.

Transformatori SN/n.n. imaju obično pet regulacija po 2,5% u praznom hodu. Opaža se da se u nekim zemljama odustaje od regulacije na gradskim trafoima SN/n.n. Širi se mišljenje da regulacije u beznaponskom stanju električki slabe i poskupljuju trasformator, a da se time ne popravljaju naponske prilike kod potrošača.

3. Organizacija pogona

3.1. Dojava ispada u isporuci električne energije. Kod stanica SN/n.n. i n.n. mreža obavijest je zainteresiranih u pravilu jedina vijest o ispadu neke transformatorske stanice ili n.n. strujnog kruga.

Kod transformatorskih stanica VN/SN i prijenosnih VN vodova podjednako je u primjeni telesignalizacija i telealarm.

3.2. Organizacija radova. Vidljiva su nastojanja da se čvorne stanice daljinski upravljaju, a stalnih posada u stanicama je sve manje. U transformatorskim stanicama VN/SN manjeg značenja i dalje se javlja »događaj« (telealarm), tj. stanice nisu daljinski upravljane.

Izbor posluživanja VN i SN postrojenja ne zanemaruje kvalitetu službe. Ipak, ponekad organizacija službe vodi brigu i o drugim elementima, a ne samo o kvaliteti isporučene energije.

3.3. Rezerve. Većina anketiranih ima dizel-agregate snage 100 — 250 kVA kao zamjenu za defektni transformator SN/n.n. Često su to prijevozne jedinice (na vozilu) sa smanjenom bukom.

U nekim zemljama imaju prijevozne transformatorske stanice.

Polovica anketiranih ima leteće kabele s gotovim kabelskim glavama. U slučaju kvara na podzemnom kabelu razmotaju po terenu leteći kabel, koji je u pogonu do popravka podzemnog kabela.

3.4. Rad pod naponom. Naglo se povećava broj zemalja gdje se radi pod naponom. Prestrogi zakoni u nekim zemljama koče rad pod naponom.

Na srednjem naponu odobren je rad pod naponom u 11 od 17 anketiranih zemalja. Od toga u 9 zemalja rade pod naponom.

Na n.n gdje su zakoni blaži u pravilu se radi pod naponom na zračnoj mreži.

Na n.n. podzemnim kabelima u 13 zemalja radi se pod naponom.

3.5. Zaključci. Poboljšanjem nekih organizacija rada na održavanju i popravcima električnih postrojenja može se uz razumno povećanje troškova bitno popraviti kvaliteta električne energije. To se naročito odnosi za upotrebu pokretnih dizel-agregata i rad pod naponom.

Vidljivo je da je pravac daljnjeg razvoja centralno daljinsko upravljanje.

B. Mr.

ISPITNA STANICA SUVERETO

U Suveretu (Toscana) u Italiji je ENEL (Nacionalna Elektro Privreda Italije) osnovala ispitnu stanicu za VVN (Vrlo Visoke Napone), a prvenstveno za napone 1 000 — 1 2000 kV. Cilj ispitne stanice je ispitivanje konstrukcija i materijala u vezi s budućim 1 000 kV vodovima čija se izgradnja očekuje u Italiji.

Mogućnosti ispitne stanice Suvereto su:

— ispitivanje korone na 1,0 km dugom ispitnom vodu do 1 700 kV;

— ispitivanje korone u krletki po kiši i suhom do 1 500/ 1 700 kV;

— ispitivanja s međufaznim prenaponima nastalim manevriranjem na uređajima

< 4 nF . . . . 1 700 kV
~ 20 nF . . . . 1 500 kV;

— ispitivanja s prenaponima nastalim manevriranjem s uređajima između faze i zemlje

< 4 nF . . . . 1 500 kV
~ 20 nF . . . . 1 500 kV;

— ispitivanja s atmosferskim prenaponima
< 6 nF . . . . 1 700 kV;

— ispitivanja s industrijskom frekvencijom
. . . . 1 700 kV.

Izgrađen je 1 km eksperimentalnog voda s dva ispitna transformatora 800 kV, 20 MVA. Transformatori se mogu upotrijebiti pojedinačno ili spojeni u kaskadu pri ispitivanju kod industrijske frekvencije ili pri ispitivanju s pogonskim prenaponima dugog vala (ispitivanja pogonskim prenaponima dugog vala izvode se izbijanjem odgovarajućeg broja kondenzatora u n.n. namotaju transformatora).

Ispitivanja udarnim naponima kratkih i dugih valova mogu se izvesti i pomoću impulsnog generatora 6 MV, 500 kJ uz odgovarajuće kondenzatore i djelitelj napona.

Osim pojedinačnih ispitivanja, izvršit će se i dugotrajna ispitivanja korone (gubici, radio, televizijske i akustične smetnje).

Ispitivat će se utjecaj električog polja na okolinu, kao i dinamično ponašanje vodiča i prijenos tako nastalih sila na uporište.

Isto će se tako obaviti niz ispitivanja pojedinih dijelova 1 050 kV opreme u klima-komori. Tako će se, na primjer, ispitati u raznim klimatskim prilikama razne vrste izolatora s različitim razmacima i konstrukcijama zavješenja.

Montirat će se 200 m dug 1 100 kV podzemni kabel i ispitivati otpornost na starenje.

U 50 m dugoj krletki ispitivat će se otpornost na koronu raznih vodiča, snopovi vodiča raznih konstrukcija. Ispitni trafo je 700 kV, 350 kVA, a krletka je tako izvedena da se ispitivanja mogu primijeniti i za napon 1 150 kV.

(Prema EE/1977—9) B. Mr.

ISKORIŠTAVANJE HIDROPOTENCIJALA MRTVOG MORA

Izraelska je vlada odobrila iznos od 200 000 $ za nastavak studija o iskorištavanju vodnog potencijala Mrtvog mora.

Visinska razlika između Sredozemnog i Mrtvog mora iznosi oko 350 m. Dužina potrebnog cjevovoda iznosila bi oko 80 km, a moguće bi bilo izgraditi hidroelektranu učina 400 — 500 MW.

Poskupljenje energetskih medija, nove poboljšane tehničke mogućnosti za tako velike podzemne građevne radove, a i razvoj industrije koja proizvodi odgovarajuću opremu daju nadu da će izgradnja takve hidroelektrane imati i ekonomsko opravdanje.

(Prema ENR/28. 07. 1977) B. Mr.

GEOTERMIJSKE TERMOELEKTRANE U SAD

Jedno kalifornijsko poduzeće gradi dvije geotermijske termoelektrane od ukupno 1 400 MW.

Računa se da će prva od njih u East Mesa instalirane snage 400 MW stajati oko 15 000,00 dinara/kW, a cijena proizvedenog kWh iznositi će 0,70 — 0,80 d/kWh.

Druga GTE instalirane snage 1 000 MW izgradit će se u Westmorlandu.

(Prema ERI/17. 06. 1977) B. Mr.

MOGUĆNOST ISKORIŠTENJA MANJIH VODOTOKA U SAD

Kriza nafte potakla je mjerodavne u SAD da ispitaju mogućnost iskorištenja manjih vodotoka u zemlji. Neiskorišteni vodeni potencijal iznosio bi 113 000 MW, što je gotovo dvostruko (66 000 MW) prema sada iskorištavanom hidropotencijalu.

Takav hidropotencijal jest rezultat iskorištenja vodenih tokova u koje je moguće ugraditi cijevne vodene turbine učina 5,0 MW i više. Ako bi se išlo na ugradnju cijevnih turbina od 1 MW na više, raspoloživi vodeni potencijal iznosio bi oko 200 000 MW. Ugradnjom novih turbina u postojeće hidroelektrane dobilo bi se daljnjih 14 000 MW.

I konačno, postavilo se je pitanje ponovnog stavljanja u pogon hidroelektrana koje su zbog različitih razloga obustavile pogon. Primjer je HE Paterson 1 × 4,6 MW, izgrađena 1914. godine. Njezin rad obustavljen je prije 10 godina, kada je poplava uništila generatore. Računi pokazuju da je moguća konkurentna proizvodnja električne energije uz instalirani učin od 5 MW. Troškovi popravka tada oštećene brane bili bi ispod $5{,}0 \times 10^6$ USA $.

Neka američka distributivna poduzeća rade studije o rekonstrukciji postojećih hidroelektrana. Pokazalo se da je ekonomično povećanje proizvodnje ili povećanje instalirane snage takvih hidroelektrana.

Izgradnja malenih hidroelektrana od interesa je i za američku industriju. U Americi postoji, naime, samo jedna tvornica koja može proizvoditi malene vodene turbine; u Evropi ih je oko 40.

(Prema ENR/02. 06. 1977) B. Mr.

SUNČANI KOLEKTOR U SAD

Institut za energetska istraživanja i razvoj (ERDA) u SAD izradio je u suradnji s Westinghouseom projekt za primjenu sunčane energije za potrebe tekstilne tvornice u Georgiji.

Predviđa se sabiranje sunčanih zraka na cijevi napunjene uljem. Tako zagrijane cijevi na 315°C predaju toplinu vodi, a tako proizvedena para upotrebljava se u parnoj turbini, a i za tehničke potrebe.

Električki potencijal uređaja je 250 kW, a za tehnološke potrebe 1 300 kW.

(Prema SeT/07. 08. 1977) B. Mr.

TE OD 2 000 MW U INDIJI

National Thermal Power 6 u rudarskom području Jaynt u Indiji predviđa izgradnju klasične TE instaliranog učina 2 000 MW.

Kao prva etapa termoelektrane je izgradnja pet turboblokova od 200,00 MW. Blokovi bi išli u pogon od 1980. godine svakih 6 mjeseci po jedan blok.

U drugoj etapi se predviđa izgradnja dva turbobloka od po 500 MW svaki. Dnevni utrošak ugljena termoelektrane iznosit će 26 000 t. Rashladnu vodu osigurat će umjetna akumulacija Rihand.

Ovo je prva u nizu elektrana projektiranih na ugljenom bazenu kapaciteta 20 000 MW u državi Madhya Pradesh.

Vlada Indije očekuje da će izgradnja TE utjecati i na razvoj nacionalne metalne industrije i građevnih poduzeća.

Troškovi izgradnje, prve etape TE s odgovarajućim prijenosnim postrojenjima iznose $1\,100{,}00 \times 10^6$ \$, a financira ga Međunarodni monetarni fond.

(Prema EI/1977—4) B. Mr.

ENERGETSKO KORIŠTENJE OTPADAKA

Southern California Edison Company je uz trošak od 130 000 USA \$ razradilo studiju energetskog iskorištavanja gradskih otpadaka.

Od nekih 12 načina energetskog korištenja gradskih otpadaka izdvojena su 3 načina, pri čemu se imalo na umu sadašnje stanje i mogućnosti razvoja sistema, ocjena tehničke uspješnosti sistema i ekonomske prednosti.

Sva tri sistema baziraju se na pirolizi; kod jednog je konačan produkt tekući, a kod ostala dva plin.

Takvo energetsko postrojenje s kapacitetom prerade gradskih otpadaka od 1 000 t/dan stajalo bi oko $50 - 70 \times 10^6$ USA \$. Sadašnja cijena odvoza gradskih otpadaka iznosi 13 — 31 \$/toni.

Potrebno je da sva tri izdvojena sistema energetskog korištenja gradskih otpadaka budu tehnički izvediva i sličnih troškova. Očito je da je u prednosti sistem koji uz energetsko korištenje omogućava i ponovno korištenje sirovina iz gradskih otpadaka.

(Prema ERI/17. 06. 1977) B. Mr.

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

ELEKTRE ZAGREB

TRG KALNIČKIH PARTIZANA 3

Telefon: 74-322, 74-074, 74-100

Vijesti iz elektroprivrede

KONFERENCIJA O TEHNOLOŠKOM RAZVOJU SR HRVATSKE

U organizaciji Saveza inženjera i tehničara Hrvatske, u suradnji s Republičkom zajednicom za znanstveni rad SIZ-a i Privrednom komorom SRH organizirana je »II konferencija o tehnološkom razvoju SR Hrvatske« u Poreču od 21. do 23. studenog prošle godine.

Održanom skupu prisustvovao je velik broj stručnjaka iz zainteresiranih ustanova i instituta, te privrednih organizacija. Na konferenciji se raspravljalo o transferu tehnologije i stvaralačkom radu u privredi SR Hrvatske, odnosno o njihovoj međusobnoj ovisnosti o uvjetima suvremenog tehnološkog napretka u svijetu. Rezultati konferencije treba da olakšaju proces samoupravnog sporazumijevanja o adekvatnijem provođenju transfera tehnologije i poticanju stvaralačkog rada u privredi.

Rad se odvijao u dva dijela:

Prvi dio konferencije obradio je temu »Transfer tehnologije i stvaralački rad u privredi«. U referatima obrađena su pitanja iz ovih područja: opće zakonitosti transfera tehnologije, tehnološka infrastruktura (obrazovanje, informacijski sustavi, osiguranje kvalitete i dr.) kao uvjet transfera tehnologije. Nadalje, obrađena je organizacija i provedba transfera tehnologije u privredi s gledišta poticanja stvaralaštva.

Drugi dio konferencije »Stanje i perspektive tehnološkog razvoja SR Hrvatske«, obuhvatio je problematiku energetike, prehrane, prometa, elektroničku obradu podataka i elektrokomunikacije, zatim razvoj sirovinske baze, obradu materijala, izgradnju i razvoj ethničko-tehnoloških sustava i dr.

Na osnovi održanih 67 referata doneseni su i odgovarajući zaključci u kojima su iznesene smjernice rada tehnološkog razvoja SR Hrvatske. Ti zaključci uklopljeni su u cjelokupni naučni, privredni i društveni život SFR Jugoslavije.

I. R.

ELEKTROENERGETSKA BILANCA HRVATSKE ZA 1978. GODINU

Elektroenergetska bilanca Hrvatske za 1978. godinu izrađena je na temelju osnovnog elaborata metodologije za izradu elektroenergetske bilance, koja u većini slučajeva zadovoljava kriterije izrade jugoslavenske elektroenergetske bilance.

Ukratko su razrađeni glavni elementi elektroenegetske bilance Hrvatske za 1978. godinu.

Potrebe električne energije na mreži prijenosa za distributivnu potrošnju, direktne i specijalne potrošače, te gubici prijenosa planirani su u skladu s načinom planiranja utvrđenim metodologijom za izradu elektroenergetske bilance.

Distributivna potrošnja utvrđena je na temelju prijava organizacija udruženog rada distribucije.

Planirane potrebe distributivne potrošnje utvrđene su sa 7 033 GWh, što je, prema procjeni, povećanje za oko 6,5% u odnosu na 1977.

Potrebe direktnih potrošača

Potrebe direktnih potrošača (uključivši i specijalne potrošače) u 1978. utvrđene su na temelju njihovih prijava koje su u okviru elektroenergetske suglasnosti, a potvrđuju se sklapanjem ugovora za plansku godinu.

Odnos plana potrošnje 1978. godine prema ostvarenju prošlih godina:

Godina	GWh	Indeks porasta
Ostvarena potrošnja 1976.	2 457	2,67%
Procjena ostvarenja 1977.	2 560	4,19%
Plan potrošnje 1978.	2 765	8 %

Indeks porasta od 8% plana 1978. godine prema procjeni ostvarenja u 1977. godini utvrđen je radi ulaska u pogon novog direktnog potrošača — Tvornice cementa u Našicama, s godišnjim potrebama električne energije od 53 GWh, te povećanjem potreba Tvornice cementa Podsused za 24 GWh.

Gubici prijenosa

Gubici električne energije na mreži prijenosa utvrđuje se u okviru postotka ostvarenih prošlih godina prema ukupnoj raspoloživoj energiji u tim godinama.

Godina	Raspoloživa el. energija GWh	Gubici prijenosa GWh	%
Ostvareno 1976.	8 900	321	3,60
Procjena 1977.	9 690	335	3,45
Plan 1978.	10 160	362	3,56

Plan raspoložive električne energije u 1978. godini

Planirane potrebe električne energije u 1978. godini podmiruju se:

— proizvodnja hidroelektrana,
— ugovorena nabava izvan Hrvatske,
— razlika do planiranih potreba podmiruje se proizvodnjom termoelektrana.

Proizvodja hidroelektrana. Plan proizvodnje hidroelektrana izrađen je na temelju metodologije za izradu elektroenergetske bilance prema podacima prosječnog ostvarenja protoka vode u nizu od 40 godina.

Plan proizvodnje hidroelektrana 1978. godine iznosi 4 415 GWh. Ostvarena ukupna proizvodnja hidroelektrana ovisna je o ostvarenoj hidrologiji pojedine godine, dok je plan proizvodnje u 1978. godini utvrđen na osnovi metodologije za izradu elektroenergetske bilance.

Nabava električne energije. Nabava električne energije u 1978. godini planirana je na temelju ugovora o dugoročnoj izgradnji elektroprivrednih objekata s Elektroprivredom BiH i ZEP Beograd.

Na temelju ugovora isporučuje:

— BiH (na račun TE Tuzla IV)	1 200 GWh
— BiH (na račun Kakanj — Gacko)	276 GWh
— Srbija (na račun TE Obrenovac)	300 GWh
Ukupno:	1 776 GWh

Proizvodnja termoelektrana. Proizvodnja termoelektrana planira se kao dopuna proizvodnje hidroelektrana i ugovorene nabave za podmirenje ukupnih potreba električne energije na mreži prijenosa.

U 1978. godini planiran je ulazak u pogon novih termoelektrana:

— TE Rijeka I 320 MW (prag 304 MW) od 1. IV 1978.
— TE — TO Zagreb II 120 MW (prag 113 MW) od 1. X 1978.

Plan proizvodnje termoelektrana u 1978. godini iznosi 3 969 GWh.

Godišnja veličina osnovnih elemenata elektroenergetske bilance Hrvatske u 1978. godini su slijedeće:

RASPOLOŽIVA ELEKTRIČNAN ENERGIJA	
Proizvodnja hidroelektrana	4 415 GWh
Proizvodnja termoelektrana	3 969 GWh
Ukupno HE + TE	8 384 GWh
Nabava iz BiH (Tuzla IV)	1 200 GWh
Nabava iz BiH (Kakanj — Gacko)	276 GWh
Nabava iz Srbije (Obrenovac)	300 GWh
Ukupna nabava	1 776 GWh
Ukupno raspoloživo	10 160 GWh
Manjak — višak	Ø

Elektroenergetskom bilancom Hrvatske za 1978. godinu podmirit će se sve planirane potrebe za električnom energijom uz slijedeće pretpostavke: da se ostvari planirana hidro-

POTREBE ELEKTRIČNE ENERGIJE	
Distributivna potrošnja	7 033 GWh
Direktni potrošači	2 765 GWh
Gubici prijenosa	362 GWh
Ukupne potrebe	10 160 GWh

logija, da se osigura potrebno gorivo za termoelektrane, ostvarenje pogonske spremnosti elektrana, te ostvarenje ugovorene nabave i da nove elektrane uđu u pogon prema planiranom roku.

Međutim, podbačaj planirane hidrologije može utjecati na sigurnost opskrbe potrošača električnom energijom uglavnom samo u I polugodištu 1978, kada su uz planiranu proizvodnju hidroelektrana i nabavu, termoelektrane angažirane punim kapacitetom, i raspolaže se s rezervom samo u plinskim termoelektranama.

U II polugodištu 1978. situacija je povoljnija radi ulaska u pogon TE Rijeke i TE-TO Zagreb II, tako da je u slučaju djelomičnog podbačaja hidrologije potrebe potrošača moguće podmiriti nadplanskom proizvodnjom termoelekrana.

ORGANIZACIJSKI RAZVOJ PODUZEĆA

Zbog glomaznosti poduzeća 1950. godine dolazi do reorganizacije. Za područje Istre osniva se zasebno »Elektroistra« sa sjedištem u Puli. Izdvajaju se i elektrane kao posebne samostalne proizvodne jedinice. U sastavu »Elektroprimorja« ostaje područje Hrvatskog primorja i Gorskog kotara. Od tada »Elektroprimorje« postaje distributivno poduzeće, 1953. ponovno se vraća HE »Zeleni Vir« u sastav poduzeća, a 10. prosinca 1956. proširuje se djelatnost poduzeća za projektiranje distributivne mreže do uključivo napona 35 kV. Pogon Opatija osnovan je 1957. godine.

U 1958. proširuje se područje poduzeća »Elektroprimorje« koje preuzima distributivnu mrežu na Krku, Cresu, Lošinju i Rabu. Područje Senja pripojeno je 1961. g. Krk je pripao radnoj jedinici Crikvenica, za područje otoka Raba i Golog osnovan je pogon Rab, te za područje otoka Cresa i Lošinja pogon Lošinj.

Danas »Elektroprimorje« djeluje na području općina Rijeka, Opatija, Senj, Krk, Delnice, Vrbovsko, Čabar, Lošinj i Rab. Manjim dijelom vrši distribuciju električne energije na području općine Ogulin, Duga Resa i Kočevje.

Elektroprimorje obuhvaća ove osnovne organizacije udruženog rada: OOUR »Elektrodistribucija« Rijeka, OOUR »Elektrodistribucija« Opatija, OOUR »Elektrodistribucija« Skrad, OOUR »Elektrodistribucija« Crikvenica, OOUR »Elektrodistribucija« Cres i Lošinj i OOUR »Elektrodistribucija« Rab.

U trideseto godišnjem razdoblju rada i razvoja ostvareni su uspješni rezultati u održavanju i izgradnji distributivnih postrojenja, povećana je opskrba električnom energijom potrošača, razvoj elektrificiranosti područja, kao i projektiranje, gradnja i montaža elektroenergetskih postrojenja do 35 kV.

Iz nekih pokazatelja vidljiv je napredak poduzeća »Elektroprimorja« u rješavanju planiranih zadataka. Tako je 1947. godine ukupna prodaja iznosila 38 300 MWh, a u 1977. godini 682 900 MWh električne energije. Potkraj godine 1976. zabilježen je broj potrošača oko 112 000.

Potrošači električne energije razvrstani su u 3 grupe s obzirom na naponsku razinu na kojoj preuzimaju električnu energiju:

1. potrošači na 35 kV su jugoslavenske željeznice, INA, Drvenjača i Fužine,
2. potrošači na 10 kV 3. maj, Vulkan, Torpedo i dr.,
3. potrošači na 0,4 kV domaćinstva, manja industrija, zanatstvo, poslovne prostorije, javna rasvjeta itd.

U okviru proslave 30. obljetnice dodijeljena su priznanja i nagrade za 10, 20 i 30-godišnji rad u »Elektroprimorju«. Ukupno je nagrađeno 110 članova poduzeća.

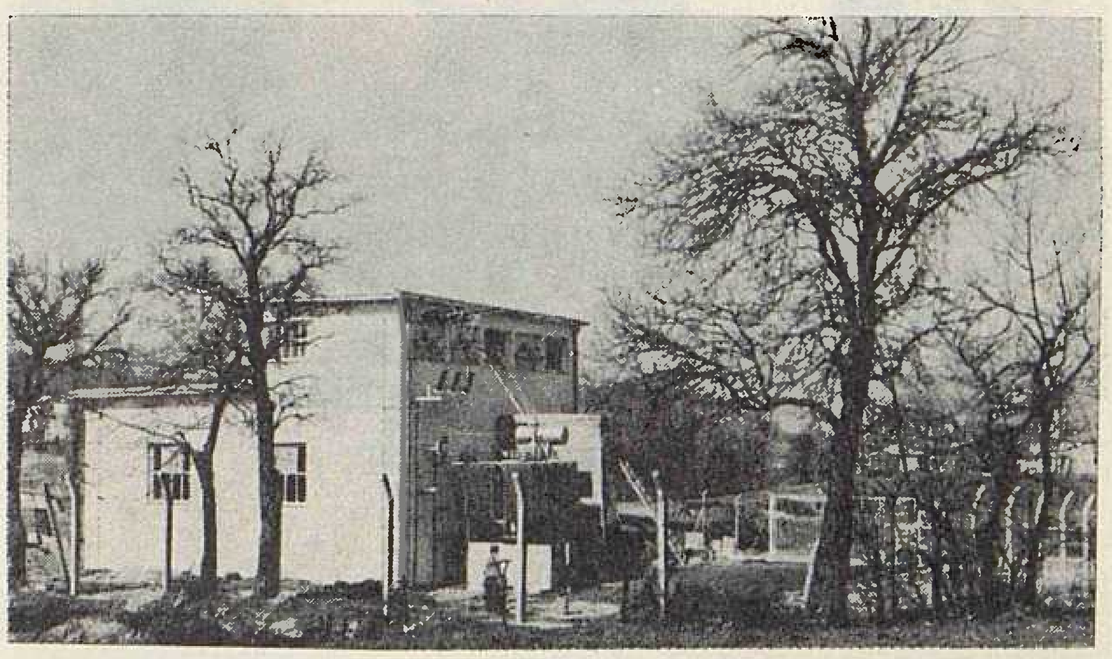
I. R.

PROSLAVA 30. OBLJETNICE »ELEKTROPRIMORJA« RIJEKA

Potkraj studenoga prošle godine proslavljena je 30. obljetnica poduzeća »Elektroprimorja«.

Proslava je otvorena svečanom sjednicom Radničkog savjeta kojoj su osim radnih ljudi poduzeća prisustvovali i mnogi predstavnici privrednih i društveno-političkih organizacija, te poslovni partneri i velik broj uzvanika i gostiju.

U opširnom referatu prikazan je rad i razvoj poduzeća od osnutka, 1947. godine, do 1977. Djelatnost poduzeća usmjerena je na izgradnju i proširenje distributivne mreže i pratećih elektroenergetskih postrojenja na području Hrvatskog primorja i Istre.



Jedna od TS 35/10 kV na području »Elektroprimorja« u Grobniku

U prvim godinama stvaranja poduzeće je u energetskom pogledu bilo u vrlo teškom položaju, sa specifičnim uvjetima rada i problemima vezanim za geografski položaj. Naime, pripojeno područje Istre bilo je energetski vezano za mrežni sistem Italije, različite frekvencije — 42 Hz, uz šarolikost napona u kV 132, 110, 50, 30, 10, 6, 5, i 3, te je opskrba potrošača vršena naponom 3 × 100 V, 3 × 220 V i 380/220 V.

Prva akcija koju su poduzeli stručnjaci poduzeća bile su usmjerene na uspostavljanje normalnog pogonskog stanja visokonaponske i niskonaponske mreže. Organiziran je rad na rekonstrukciji, proširenju i na gradnji novih energetskih objekata.

U distributivnoj mreži eliminirani su raznovrsni naponi i prihvaćeni standardni naponi 10 i 35 kV.

DALEKOVOD 2 × 110 kV ERNESTINOVO — NAŠICE

Program izgradnje elektroprijenosnih postrojenja napona 110 kV na području »Elektroslavonije« Osijek obuhvatio je i gradnju dalekovoda 2 × 110 kV Ernestinovo — Našice, dugoga 47,5 km.

Zadatak je dalekovoda da poboljša opskrbu konzuma našičkog područja kvalitetnom i sigurnim količinama električne energije. To je osobito važno za cementarnu u Našicama, čija je gradnja u završnoj fazi. Osim toga, na tom području predviđena je uskoro i gradnja drugih industrijskih postrojenja.

Gradnja dalekovoda otpočela je potkraj prošle godine. Da se ne bi gradili vodovi na dvije trase, izabran je dvosistemski dalekovod, s dvije trojke na jednom stupu. To će biti prvi dvosistemski dalekovod koji će biti izveden na konzumnom području Slavonije.

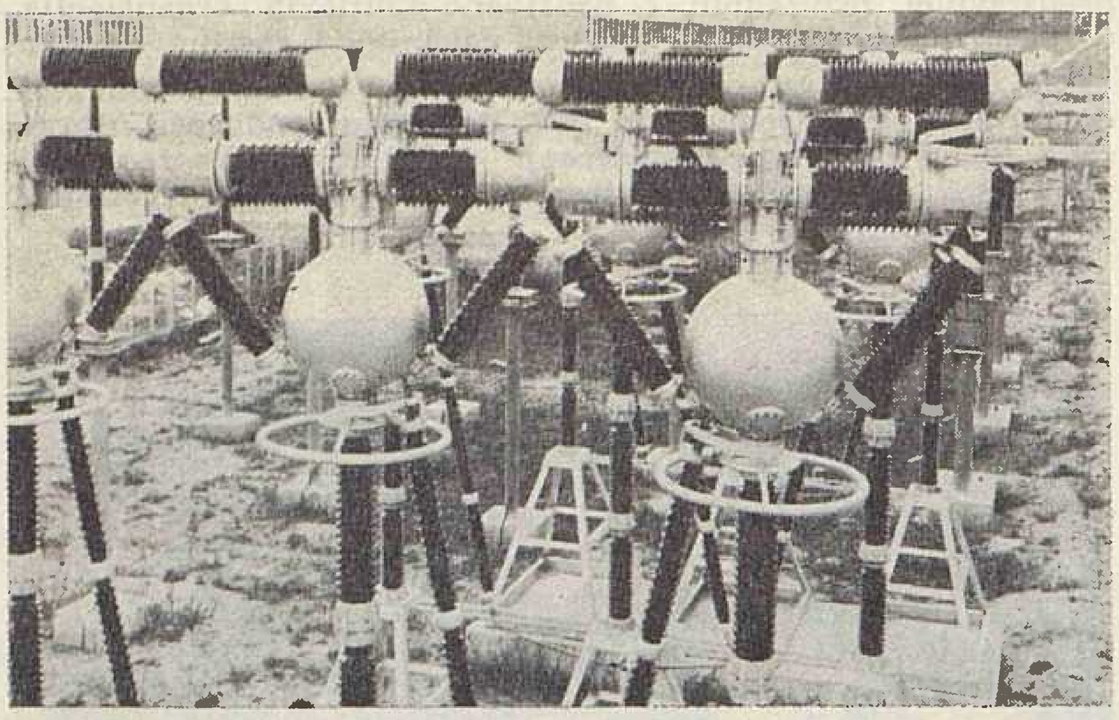
Dalekovod 2 × 110 kV Ernestinovo — Našice izvest će se na čelično-rešetkastim stupovima, 115 nosilnih i 16 zateznih, s vodičima 240/40 Alče, zaštitnim užetom Al Mg 1/Fe 95/55, te kapastim izolatorima. Kompletnu opremu isporučuje poduzeće »Dalekovod«, koji je i glavni izvođač građevnih i montažnih radova.

Investicije za gradnju dalekovoda iznose oko 50 milijuna dinara, a gradnja će biti završena sredinom 1978. godine.

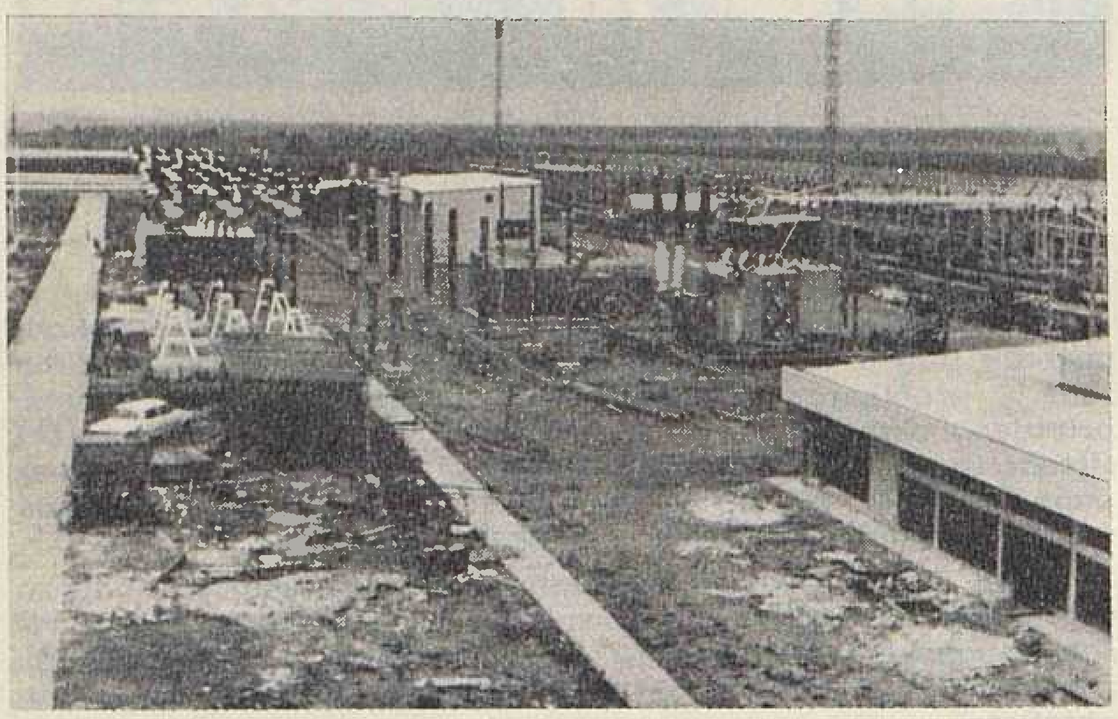
I. R.

TEHNIČKI PREGLED TS ZAGREB I

Krajem siječnja 1978. godine komisijski je obavljen tehnički pregled izgrađenih objekata, postrojenja 400 kV i pripadajućih pogona u krugu TS 400/110 kV Zagreb I, locirane kod Kupničkog Kraljevca.



Detalj prekidača 400 kV



Centralni dio postrojenja 400/110 kV Zagreb I

Tehničkom pregledu uz stručnu komisiju prisustvovali su predstavnici investitora, projektanti, instituti koji su vršili razna ispitivanja, isporučioci opreme i izvođači građevnih radova.

Montirani transformator snage 300 MVA, 400/115/31,5 kV, proizveden u tvornici »Rade Končar«, izveden je po svim tehničkim propisima. Komisijski je utvrđeno da se razmjena energije može obaviti preko jednog pojnog polja 400 kV u smjeru Maribora i drugog vodnog polja prema Ernestinovu (Osijek). Uskoro će se završiti i opremanje transformacije 400/110 kV sa dva dalekovodna polja 110 kV i reaktivnom prigušnicom 50 MVAr.

U završnoj je fazi i izrada drugog transformatora u isporuci tvornice »Rade Končar«.

Planirano je da montaža drugog transformatora otpočne sredinom ove godine.

TREĆA HIDROELEKTRANA NA SOČI

Počele su pripreme gradnje i treće hidroelektrane na Soči, koja je locirana u Solkanu kod Nove Gorice. Buduća HE Solkan, snage 20,1 MW, s instaliranim protokom 120 m³/sek, imat će srednju godišnju proizvodnju oko 110 GWh. Strojarnica će se graditi na lijevom Soškom Bregu, u blizini ceste koja veže Novu Goricu s Bovecom.

Treća hidroelektrana na Soči vezat će se na mrežu dalekovoda 110 kV Solkan — RTP Nova Gorica i na vod HE Plave — HE Doblar.

U blizini Solkana planirana je gradnja akumulacijskog jezera za potrebe hidroelekrane, koje će ujedno služiti za navodnjavanje površina na jugoslavensko-talijanskom graničnom području. Navodnjavanje obradivih površina osobito je važno u ljetnim mjesecima.

Investitor HE Solkan je poduzeće Soške elektrane iz Nove Gorice. Idejne i glavne projekte je izradio Projektni inžinirski biro iz Ljubljane. Za opskrbu gradilišta električnom energijom izgradit će se vodovi koje će izvesti zagrebačko poduzeće »Dalekovod«.

Ukupne investicije za kompletnu izgradnju HE Solkan iznose oko 640 milijuna dinara.

I. R.

NOVA 110 kV POSTROJENJA »ELEKTROPRENOSA« SPLIT

Plan izgradnje prijenosnih postrojenja na području »Elektroprenosa« Split nastavlja se i u 1978. godini. Počela je gradnja dalekovoda 110 kV Bilice (kod Šibenika) — Knin, dugog 41,5 km. Vod će se izvesti na čelično-rešetkastim stupovima, s vodičima 240/40 Ač, zaštitnim užetom 50 Če. Gradnju i montažu izvodi poduzeće »Dalekovod«. Ugovoreno je da vod bude izgrađen do kraja lipnja ove godine.

U prošlogodišnjem razdoblju na području splitskog »Elektroprenosa« izgrađena su ova prijenosna postrojenja:

— dalekovodi 110 kV Ljubuški — Vrgorac, Kraljevac — Podgora i

— 2 × 110 kV Benkovac — Obrovac (za glavnog potrošača tvornicu glinice Obrovac).

Od transformatorskih stanica izgrađeno je nekoliko:

— TS 110/35 kV Opuzen (za potrebe elektrovuče Direkcije željeznica iz Sarajeva) i

— TS 110/35 kV Stari Grad na Hvaru i TS 110/35 kV Obrovac.

Planom do 1980. godine predviđena je gradnja:

— TS 110/35 kV Trogir,
— TS 110/35 kV Zadar II,
— TS 110/35 kV Knin,
— TS 110/35 kV Makarska,
— TS 110/35 kV Sinj i
— RS 110 kV Vrboran.

Proširenje će se izvesti:

— TS 110/35 kV Kaštela i
— TS 110/35 kV Bilice.

Investitor je ugovorio s tvornicom »Rade Končar« isporuku glavnog dijela opreme za navedene transformatorske stanice.

I. R.

TE TUZLA V U PROBNOM RADU

Krajem prošle godine pušten je u TE Tuzla u probni rad blok V, snage 215 MW. Puštanjem u pogon bloka V termoelektrana Tuzla povećat će snagu od 564 MW na 779 MW. Proširenjem elektrane ostvarit će se godišnja proizvodnja od 5 500 GWh električne energije.

S tim količinama proizvodnje TE Tuzla bit će druga po veličini u Jugoslaviji. U financiranju izgradnje TE Tuzha sudjelovala je osim SR Bosne i Hercegovine i elektroprivreda Hrvatske.

Predviđena su daljnja proširenja i već se provode pripreme za gradnju novih kapaciteta tzv. TE »Velika Tuzla«. Prema idejnim rješenjima pristupit će se gradnji novih blokova koji će uz potrošnju 15 milijuna tona ugljena iz tuzlanskog bazena, ostvarivati godišnju proizvodnju od 15 000 GWh električne energije.

I. R.

Nove knjige

ELECTRIC POWER SYSTEM RESEARCH

Novi internacionalni časopis koji objavljuje originalne članke o proizvodnji, prijenosu, distribuciji i korištenju električne energije.

Područje časopisa je široko i obuhvaća sve aspekte elektroenergetskog sistema:

— tehniku proizvodnje električne energije kako klasičnu i nuklearnu, tako i istraživanja na polju solarne energije,

— prijenos od razvoja ultravisokih napona do konstrukcije i gradnje vodova,

— rasklopna postrojenja, opremu, zaštitu i sistem kontrole,

— tehniku distribucije, podzemne uređaje i razvoj opreme,

— korištenje električne energije, uključujući i metode akumuliranja,

— studij sistema, uključujući kontrolu, tehniku i planiranje.

Sadržaj prvog broja je slijedeći:

J. G. Harlow: Istraživanja i razvoj

Grupa autora: Gubici u elektroenergetskom sistemu

W. E. Keller: Primjena suprovodljivosti u električnoj opremi

P. Chowdhuri, F. J. Edeskuty: Prijenos istosmjernim supervodljivim kabelom

H. J. King, W. Knazzer: Uređaj za ograničenje struje pomoću otpornika u prekidaču

R. R. Bonch: Prigušenje vibracije na nadzemnim vodovima

C. A. Popeck, W. A. Lewis: Primjena ograničenja struje za zaštitu distributivnih krugova

Kao što se vidi program časopisa je vrlo zanimljiv, što potvrđuje navedeni sadržaj prvog broja, koji je izašao u rujnu 1977. god.

Časopis će izlaziti kvartalno na engleskom jeziku.

Glavni urednik M. E. Council, profesor na University of Oklahoma.

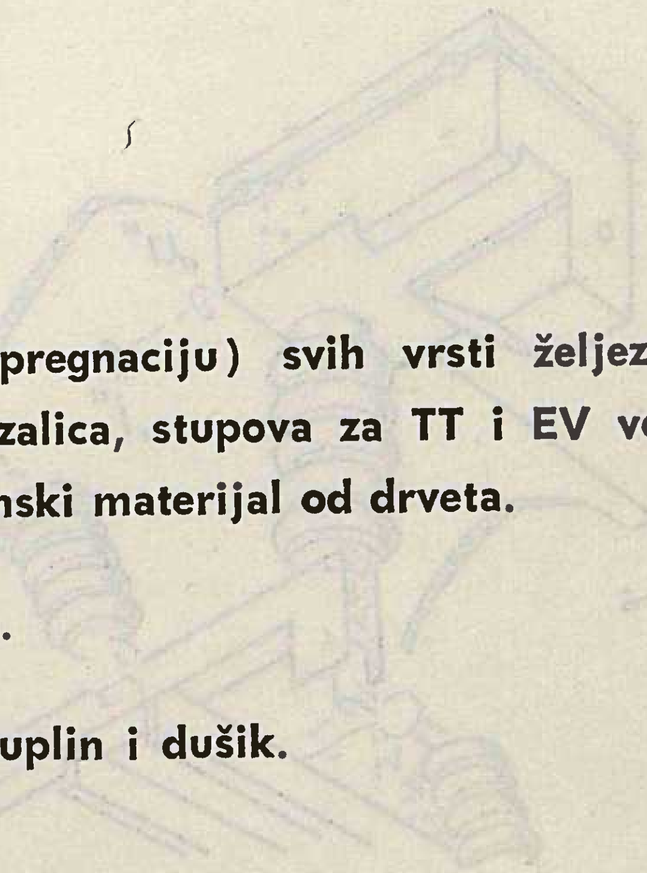
Izdavački savjet čine 23 istaknuta stručnjaka i profesora, od kojih je većina iz SAD, a po dvojica iz Kanade i Japana.

Časopis izdaje kuća:
ELSEVIER SEQUOIA S.A.
P.O. Box 851, CH-1001 Lausanne 1
Switzerland

Pretplata svezak 1 (4 broja) 1977. iznose:
— za organizacije 60.— US dolara
— za pojedince 20.— US dolara.

Ogledni broj može se tražiti od izdavača.

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.

RADE KONČAR

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

Uvod

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

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

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

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

Automatsko odvajanje voda u kvaru

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

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

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

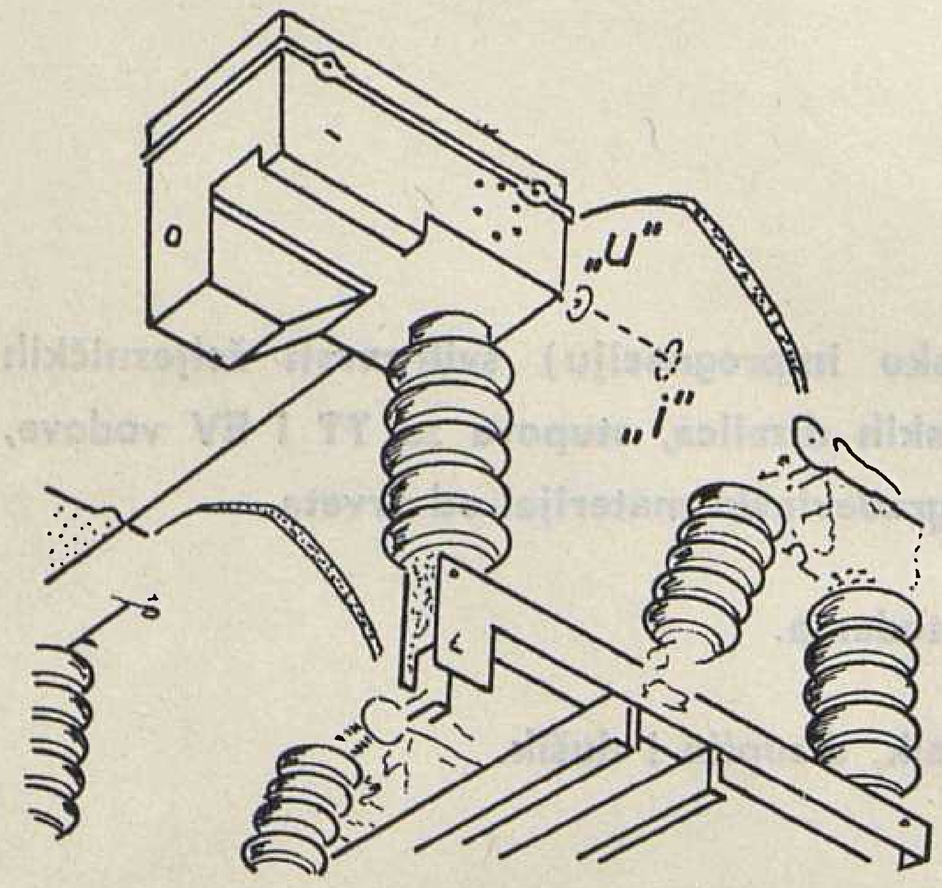
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

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

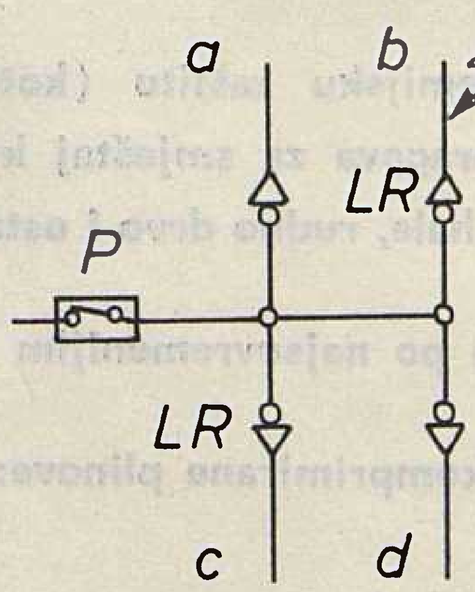
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

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

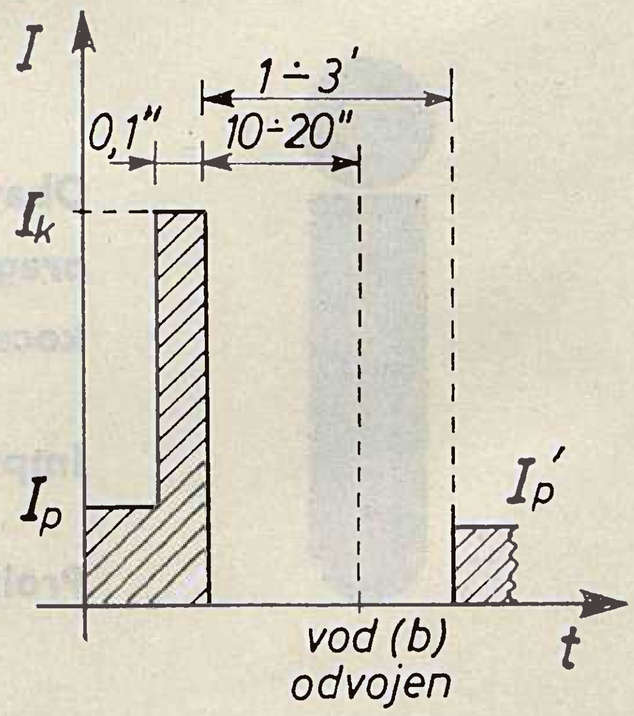
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

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

$$I_p = I_k = 0$$

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

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

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

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

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

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

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

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

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

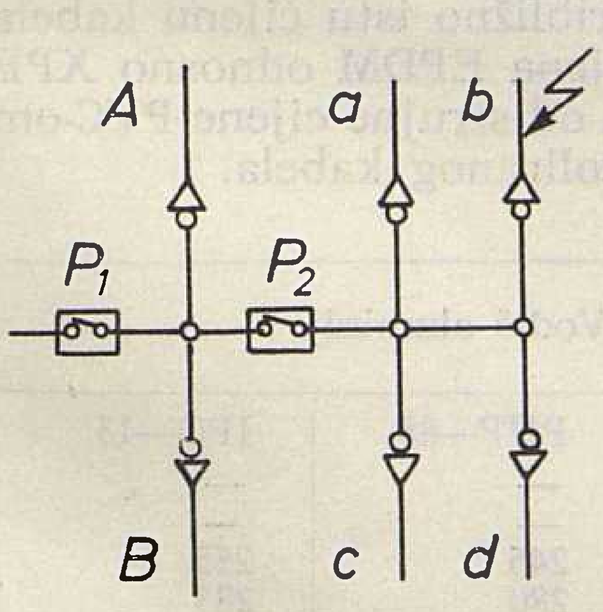
Zaključak

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

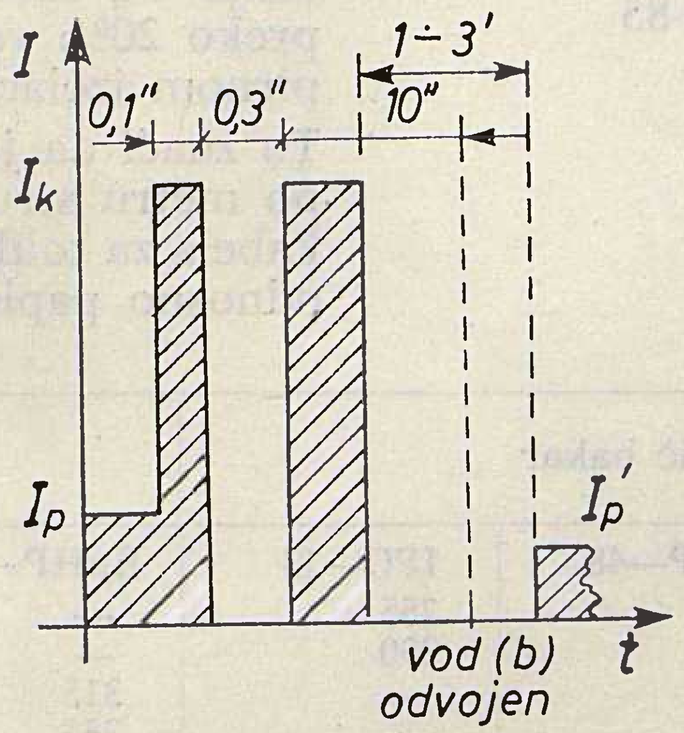
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

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

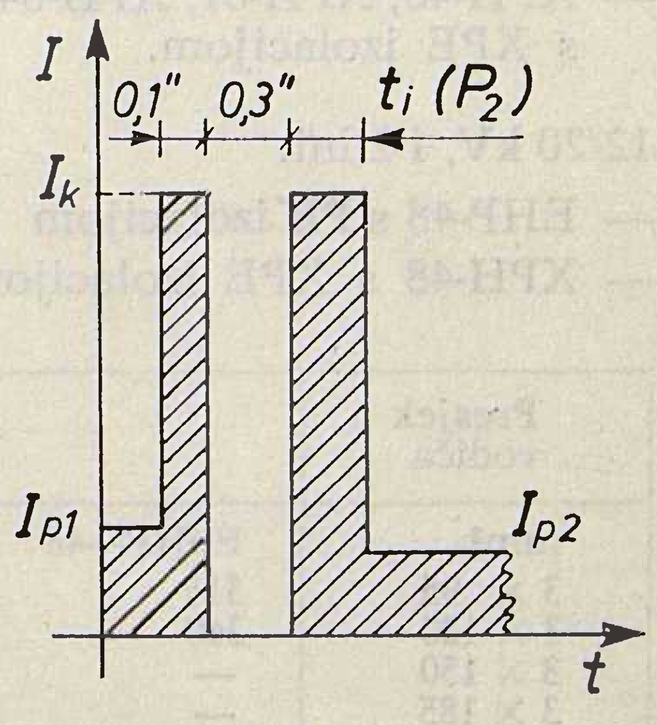
Naslov pisca:
Josip P o l a n c, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouređaji



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

RADNA ORGANIZACIJA

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB, Šubićeva 38

Program proizvodnje srednjonaponskih energetskih kabela

Redoviti program proizvodnje srednjonaponskih energetskih kabela tvornice ELKA obuhvaća energetske kabele od 1 do 35 kV.

Kabeli se proizvode u trožilnoj i jednožilnoj izvedbi, armirani i nearmirani, s aluminijskim i bakrenim vodičima i u četiri najvažnije vrste izolacija:

— PVC = polivinilklorid
— EPDM (EPR) = etilen — propilen
— PE = polietilen
— XPE = umreženi polietilen.

Najvažniji tipovi srednjonaponskih kabela grupirani prema naponskim nivoima su slijedeći:

3,6/6 kV, 3-žilni:

— PP-40, PP-41, PP-44, PP-45
s PVC izolacijom.

6/10 kV, 3-žilni:

— PHP-48, PHP-84, PHP-85
s PVC izolacijom
— EpHP-48, EpHP-81, EpHP-84, EpHP-85
s EPDM izolacijom
— XPH-48, XPH-81, XPH-84, XPH-85
s XPE izolacijom.

12/20 kV, 1-žilni:

— EHP-48 s PE izolacijom
— XPH-48 s XPE izolacijom.

20/35 kV, 1-žilni:

— EpHP-48 s EPDM izolacijom
— XHP-48 s XPE izolacijom.

Osim ovih varijanata moguće su i neke druge konstrukcijske izvedbe u skladu s JUS ili drugim inozemnim propisima ili standardima, odnosno prema posebnim pogonskim potrebama.

Treba napomenuti da kod energetskih kabela valja uspoređivati strujnu cijenu kabela, dakle izraženu u d/km, A, jer je samo tako moguće usporediti dva kabela istog napona i presjeka.

Kabeli izolirani s XPE-om ili EPDM-om čija je termička klasa 90° C mogu trajno voditi znatno veću struju od kabela izoliranih papirom ili polietilenom termičkih klasa 65° C odnosno 70° C.

Primjera radi navodimo strujna opterećenja u amperima za nekoliko presjeka 10 kV kabela izoliranih EPDM-om (tip EpHP — 48), PVC-om (tip PHP-48) i papirom tip (IPO-13) s bakrenim i aluminijskim vodičima.

Bolje termičke karakteristike EPDM i XPE elestomera omogućuju veća strujna opterećenja kabela, pa kabeli s EPDM i XPE izolacijama imaju preko 25% veće strujno opterećenje od kabela s PVC izolacijom, odnosno preko 20% veće opterećenje od kabela s papirnom izolacijom.

To znači da je uz približno istu cijenu kabela po metru strujna cijena EPDM odnosno XPE kabela za toliko niža od strujne cijene PVC-om odnosno papirom izoliranog kabela.

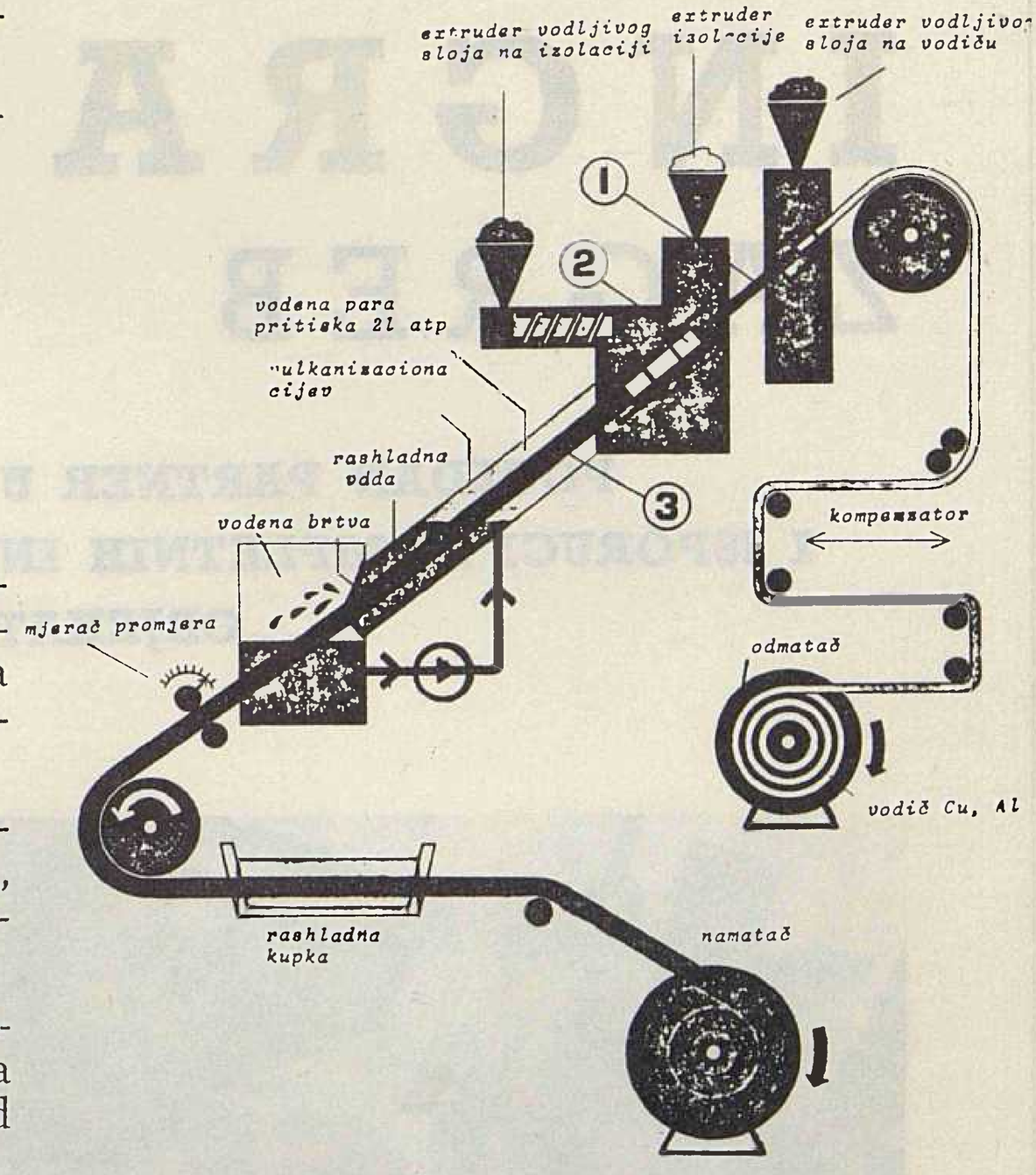
Presjek vodiča	Vodič bakar			Vodič aluminij		
mm²	EpHP—48	PHP—48	IPO—13	EpHP—48	PHP—48	IPO—13
3 × 95	315	245	255	—	—	—
3 × 120	360	280	290	—	—	—
3 × 150	—	—	—	315	245	255
3 × 185	—	—	—	355	280	285

Nova tehnologija — izvanredna kvaliteta

Elka je prva u zemlji uvela i zasad jedina proizvodi srednjonaponske kabele postupkom izoliranja u troslojnoj ekstruziji.

U takvom procesu se sva tri sloja (vidi shematski prikaz), brizgaju istovremeno i to:

a) prvi poluvodljivi sloj na vodiču
b) izolacija XPE i EPDM
c) drugi poluvodljivi sloj na izolaciji.



Na taj način se postiže:

— Kvalitetan i čvrst spoj poluvodljivih slojeva čime se osigurava dugotrajan i pouzdan pogon kabela, bez pojave oslabljenja naponskog vijeka trajanja kabela zbog povišenih izbijanja na spojevima slojeva.

— Difuzija molekula vode u izolaciju u procesu proizvodnje je smanjena na minimum, a time je na minimum svedena pojava vodenog »treeinga«.

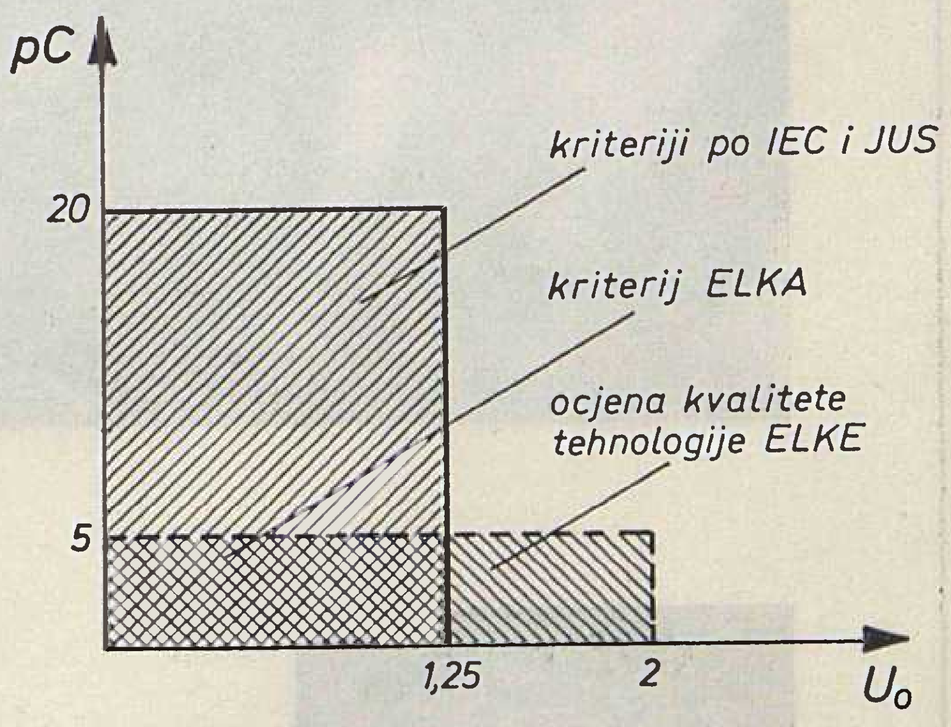
— Drugi poluvodljivi sloj preko izolacije predstavlja dodatni zaštitni sloj u slučaju da dođe do oštećenja PVC plašta kabela kod polaganja ili u eksploataciji.

Ispitivanje srednjonaponskih kabela

Sva ispitivanja, tipska i rutinska provode se prema IEC standardu, publikacija 502-1 i JUS N.C5.225, N.C5.235 i N.C5.245.

Visoki tehnološki nivo proizvodnje osigurava izvanrednu kvalitetu srednjonaponskih kabela što pokazuju ispitivanja parcijalnih izbijanja prema donjem diagramu.

Elka daje sve potrebne stručne savjete i pomoć u vezi spajanja, polaganja i projektiranja kabelskih trasa.

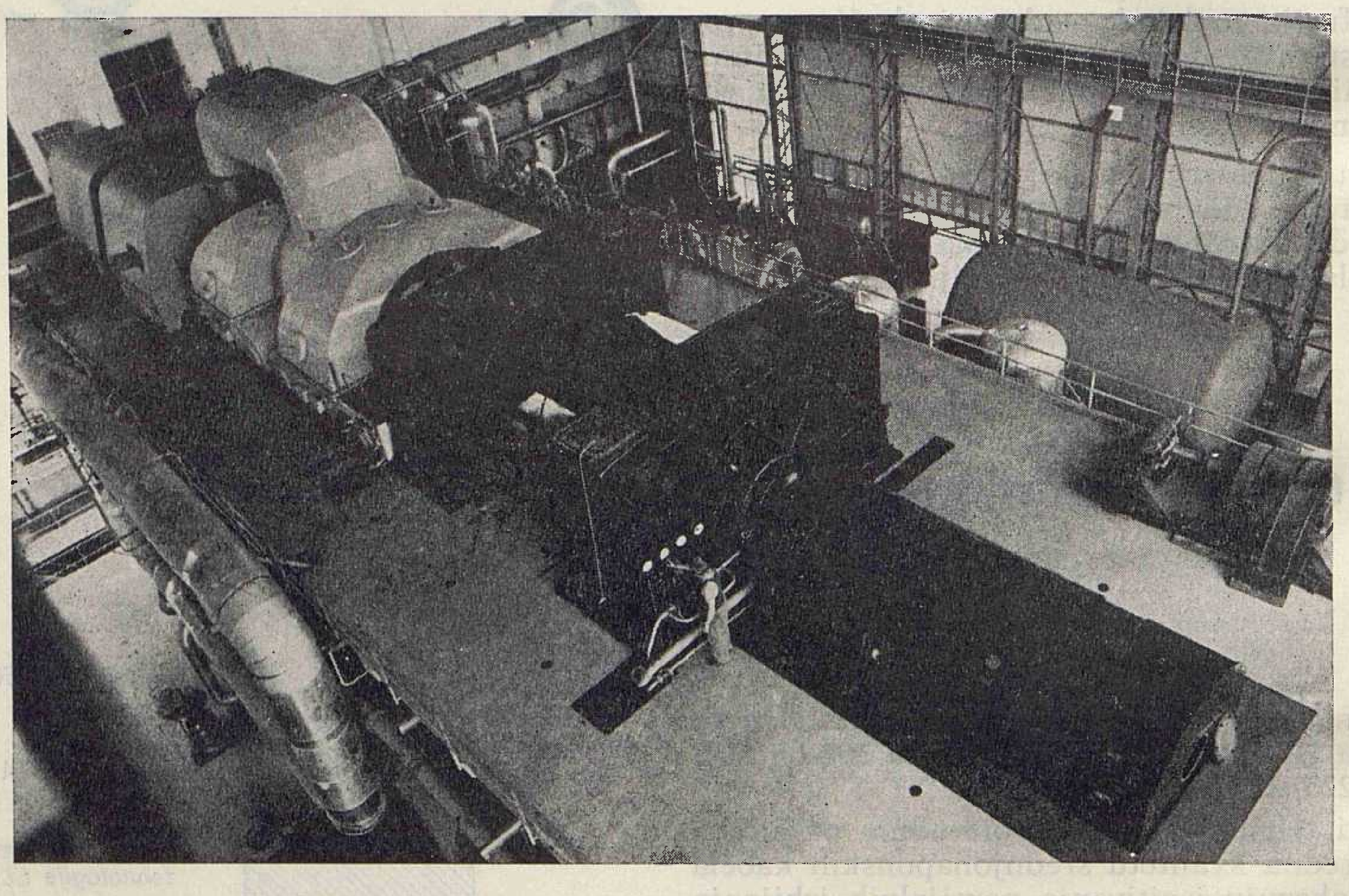


OOUR »K A B E L«, Zagreb • OOUR »M I K R O K A B E L«, Tugonica

Telefon: 412 - 211; Telex: 21 - 193 • Telegram: E L K A ; P. O. B. 150

INGRA
ZAGREB

POUZDAN PARTNER U PROJEKTIRANJU, IZGRADNJI I ISPORUCI KOMPLETNIH INDUSTRIJSKIH I ENERGETSKIH OBJEKATA I OPREME ŠIROM SVIJETA



INGRA
ZAGREB-YUGOSLAVIA

ZAGREB JUGOSLAVIJA
Proleterskih brigada 62
P.O.B. 277
Tel. 515-355
Telegram: INGRA — ZAGREB
Tlx. 21-239

GOD. 27 (1978) energija BROJ 5—6

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

METODA ZA ODREĐIVANJE TRAJANJA ISKORIŠTENJA NEOBNOVLJIVIH REZERVA

Hrvoj Požar, Zagreb

Promatraju se tri kriterija za određivanje trajanja neobnovljivih rezerva: a) iskorištavanje rezerva do potpunog iscrpljenja bez obzira na trajanje isorištavanja potrošačkih i proizvodnih postrojenja, b) uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja i c) uz osiguranje iskorištavanja i potrošačkih i proizvodnih postrojenja. Razvijene su metode za određivanje potrebnih rezerva i moguće trajanje praćenja razvoja potrošnje i uz pretpostavku eksponencijalnog porasta potrošnje.

DK 620.91

1. UVOD

Često se u raspravama i diskusijama, prilikom razmatranja opravdanosti izgradnje nekog postrojenja ili nekog tipa postrojenja, navodi podatak o trajanju rezervi kojima se osigurava pogon takvih postrojenja. Pri tome obično nije definiran kriterij na osnovi kojeg je došlo do takvog podatka, pa nije moguće ni ustanoviti vjerodostojnost takvog podatka, a niti ga usporediti s trajanjem rezerva nekog drugog nalazišta ili nalazišta drugih materijala.

Kad se razmatra trajanje rezerva, moguća su, teorijski promatrano, tri kriterija:

a) iskorištavanje rezervi do potpunog iscrpljenja bez obzira na trajanje iskorištavanja postrojenja potrebnih za eksploataciju tih rezervi (proizvodna postrojenja) i bez obzira na trajanje iskorištavanja postrojenja potrebnih za preradu eksploatiranih rezerva (potrošačka postrojenja); promatrajući odnose u energetici, rudnici ugljena su proizvodna postrojenja a termoelektrane ložene ugljenom odgovaraju potrošačkim postrojenjima;

b) proizvodnja, to je ujedno i potrošnja, raste eksponencijalno sve do one razine uz koju se, uz raspoložive rezerve, osigurava predviđeno trajanje iskorištenja svih do tada izgrađenih potrošačkih postrojenja, a bez obzira na trajanje iskorištavanja proizvodnih postrojenja; prema tome, promatrajući odnose u energetici, mora se prestati s povećanjem izgradnje termoelektrana prije nego se iscrpe sve rezerve ugljena da bi se osigurale potrebne količine ugljena za pogon termoelektrana koje su još sposobne za pogon, odnosno za one termoelektrane koje još nisu dostigle svoj vijek trajanja (npr. 25 godina od stavljanja u pogon);

c) proizvodnja raste eksponencijalno sve do razine uz koju se, uz raspoložive rezerve, osigurava predviđeno trajanje iskorištenja svih do tada izgrađenih potrošačkih postrojenja, ali i predviđeno iskorištenje maksimalno potrebnih proizvodnih kapaciteta; prema tome, promatrajući odnose u energetici, mogu se termolektrane graditi samo dotle dok se osigurava raspoloživim rezervama ugljena potpuno iskorištenje svih izgrađenih termoelektrana i dok se osigurava kroz zadano vrijeme iskorištavanje maksimalno izgrađenog kapaciteta postrojenja na rudnicima ugljena.

Treba, dakle, razlikovati trajanje rezerva do potpunog iscrpljena i trajanja rezerva koje je definirano mogućnošću praćenja razvoja potrošnje odnosno proizvodnje. Kad se ne uzima u obzir potrebno iskorištavanje proizvodnih i potrošačkih kapaciteta, te su vrijednosti trajanja rezerva međusobno jednake, jer se prema kriteriju a) povećava proizvodnja do potpunog iscrpljenja rezerva. Primjenom drugih dvaju kriterija (kriteriji b i c) povećanje proizvodnje prestaje prije potpunog iscrpljenja rezerva jer je potrebno osigurati određene rezerve za iskorištenje potrošačkih i proizvodnih postrojenja. Nakon postizanja maksimalne proizvodnje, ona postepeno opada (kriterij b) ili ostaje neko vrijeme konstantna (kriterij c) do ostvarenja iskorištenja proizvodnih kapaciteta, a zatim se smanjuje onim tempom kako prestaju s radom potrošačka postrojenja.

Da se pojednostavi pisanje formula, u ovom radu je uvedena slijedeća identičnost:

$$(1 + p)^n = \text{pex}(n) \qquad (1)$$

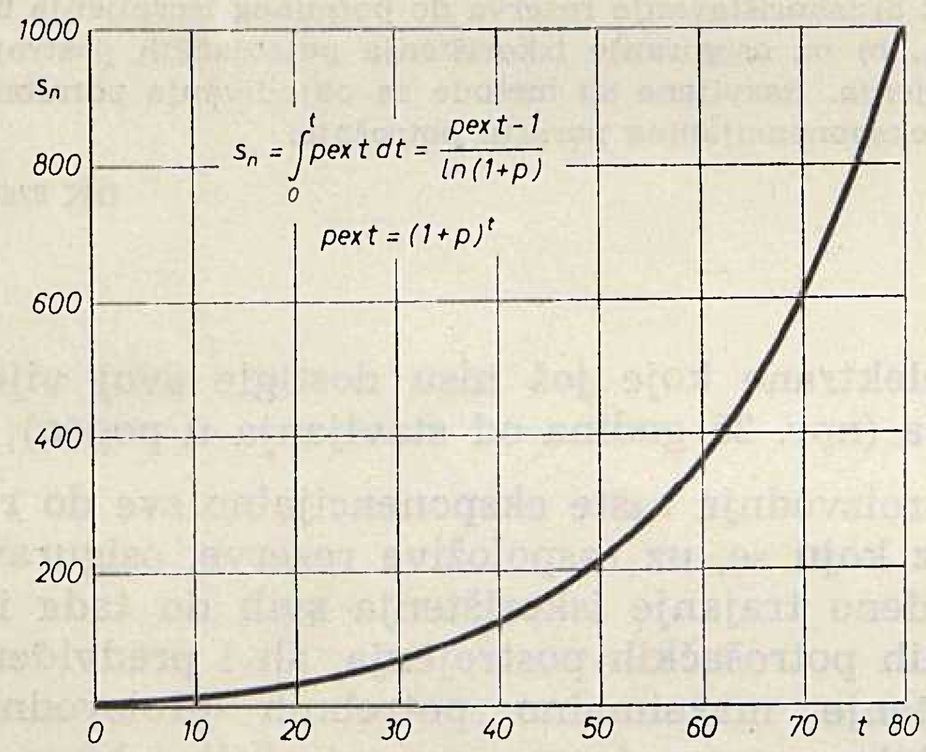
2. TRAJANJE REZERVA BEZ OBZIRA NA ISKORIŠTAVANJE POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU I POTROŠNJU

Uz eksponencijalni porast proizvodnje i potrošnje (može se, naime, smatrati da je proizvodnja identična potrošnji pogotovo kad se promatra godina kao cjelina, jer se tada mogu zanemariti razlike na skladištima kao male veličine drugog reda u odnosu prema godišnjoj proizvodnji), potrošnja u n-toj godini može se izračunati iz relacije:

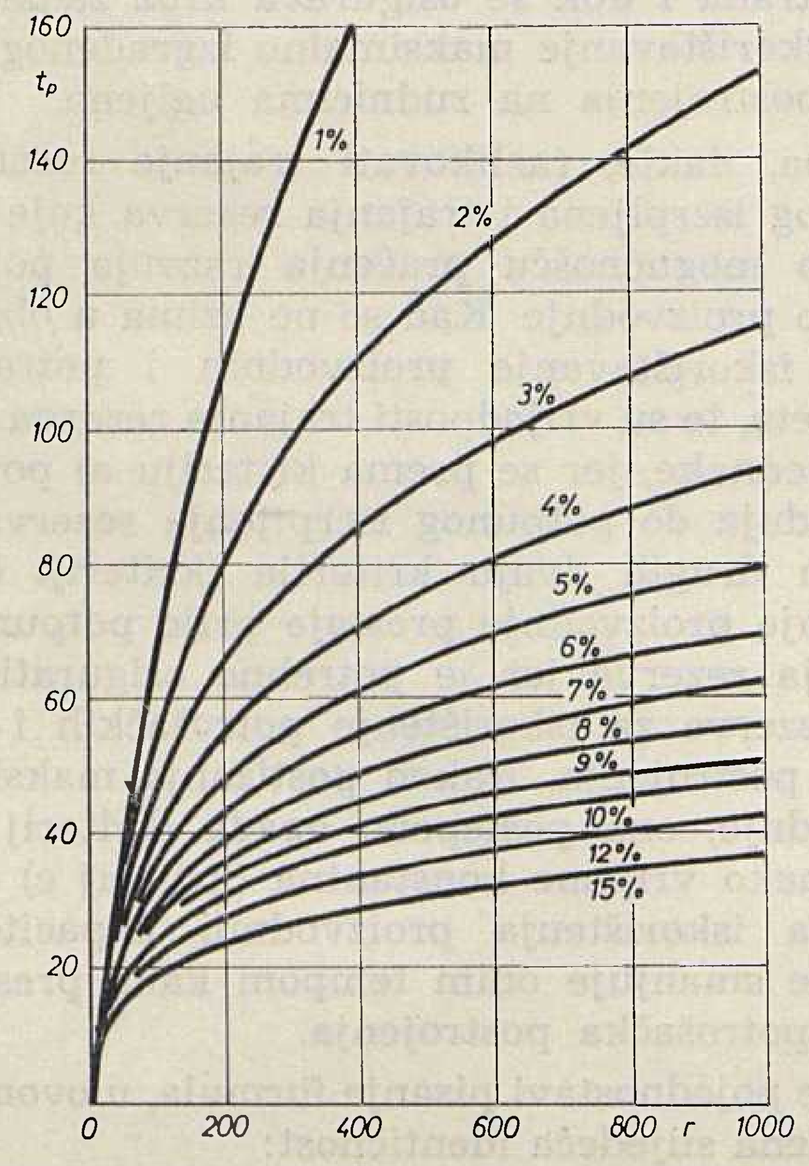
$$A_n = A_0 \, \mathrm{pex}\,(n) \qquad (2)$$

u kojoj p znači godišnji porast, a A, potrošnju u početku razmatranja (n=O). Godišnji porast p znači:

$$p = p\%/100 \qquad (3)$$



Sl. 1. Potrebne relativne rezreve (s_n) u ovisnosti o trajanju potrošnje (t godina) s godišnjim porastom p od 5%



Sl. 2. Stvarno trajanje rezerva (t_p godina) u ovisnosti o relativnim rezervama (r) i o godišnjem porastu potrošnje.

gdje je p% godišnji porast u postocima. Prema (1) za p%=5% dobiva se

$$\mathrm{pex}\,(n) = 1{,}05^n \qquad (4)$$

Da se izbjegnu apsolutne vrijednosti, uvode se relativni odnosi, i to u odnosu prema potrošnji A_0 na početku razmatranja. Tada relacija (2) prelazi u oblik

$$a_n = \mathrm{pex}\,(n) \qquad (5)$$

gdje je a_n relativna potrošnja u odnosu na potrošnju A_0.

Integriranjem izraza (2) u granicama od 0 do n dobiva se potrošnja rezerva kroz n godina uz eksponencijalni porast potrošnje. Uvođenjem relativnih vrijednosti dobiva se relativna potrošnja s_n kao omjer potrošnje S_n kroz n godina i potrošnje A_0. Ta se relativna potrošnja izračunava:

$$s_n = \frac{S_n}{A_0} = \int_0^n \mathrm{pex}\,(n)\,dt = \frac{\mathrm{pex}\,(n) - 1}{\ln\,(p+1)}. \qquad (6)$$

Vrijednost s_n predstavlja potrebne relativne rezerve za zadovoljenje potrošnje kroz n godina. Na sl. 1. vidi se ovisnost potrebnih relativnih rezerva o broju godina n za godišnji porast potrošnje od 5%.

Iz relacije (6) može se izračunati trajanje rezerva t_p ako su poznate iskoristive rezerve R. One se također mogu prikazati kao relativne rezerve r, koje su jednake omjeru između R i A_0. Relativne rezerve dobivaju se u godinama, jer je R npr. u tonama a A_0 u tonama na godinu. Relativne rezerve mogu se nazvati i statičko trajanje rezerva jer bi rezerve trajale upravo toliko godina kad bi se stalno održavala potrošnja na razini A_0 koja odgovara potrošnji u početku razmatranja. Trajanje rezerva prema kriteriju a iznosi, dakle,

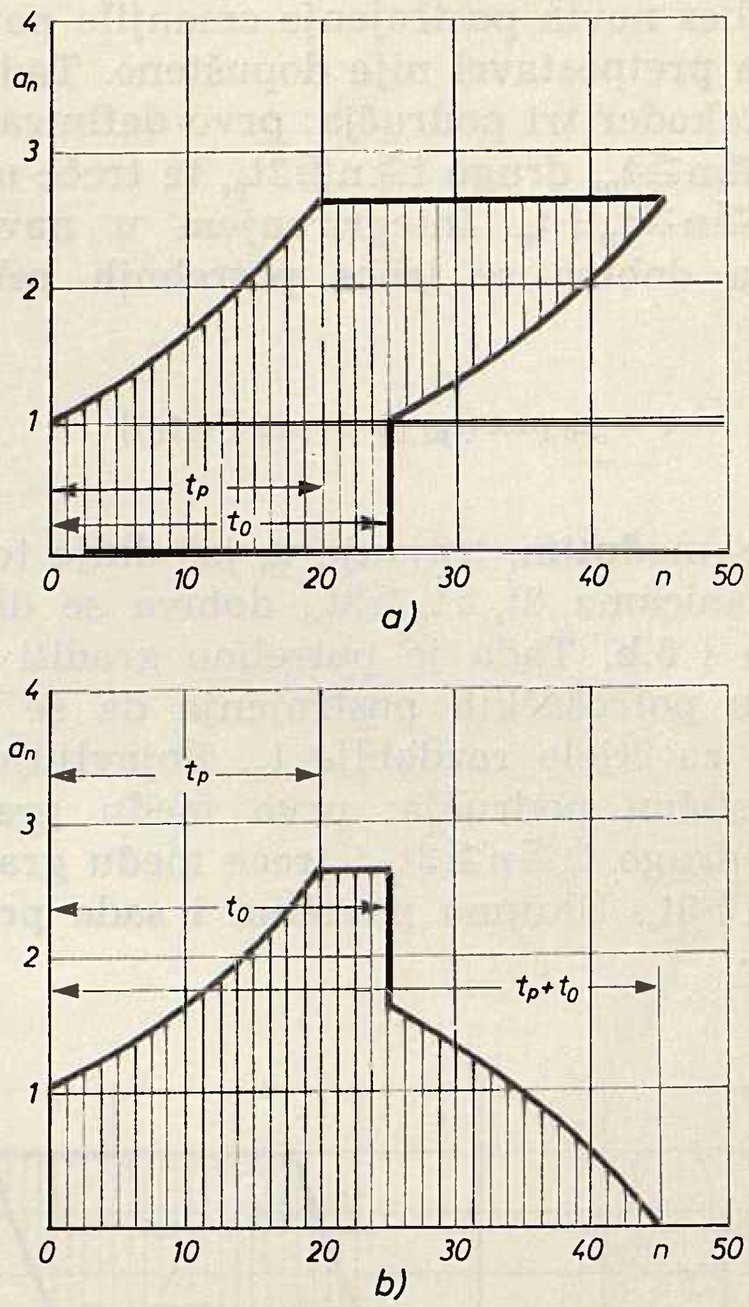
$$t_p = \frac{\ln\,[r \ln\,(1+p) + 1]}{\ln\,(1+p)} \qquad (7)$$

Za zadani godišnji porast potrošnje p trajanje rezerva t_p funkcija je samo relativnih rezerva r. Na sl. 2. vidi se ta ovisnost. Pokazuje se da je stvarno trajanje rezerva mnogo kraće od statičkog trajanja rezerva, te da statičko trajanje rezerva ne daje ni približnu sliku o stvarnom trajanju rezerva. Kad se npr. navede podatak da uz današnju potrošnju rezerve ugljena mogu zadovoljiti potrebe kroz 400 godina, izgleda da se ne treba brinuti o zadovoljenju potreba u slijedećim decenijima. Takav zaključak, međutim, vrijedi samo uz pretpostavku da se ostane na razini današnje potrošnje kroz svih budućih 400 godina. Do sasvim drukčijeg zaključka dolazi se kad se promatra trajanje rezerva uz porast potrošnje. Ako je npr. porast potrošnje ugljena 7%, godišnje trajanje rezerva iznosi samo 49 godina odnosno samo nešto više od 12% od statičkog trajanja rezerva.

3. TRAJANJE REZERVA UZ OSIGURANJE ISKORIŠTENJA POTROŠAČKIH POSTROJENJA

Kad se promatra trajanje rezerva uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja (kriterij b), mora se unaprijed definirati broj godina t_0 kroz koje treba osigurati pogon potrošačkih postrojenja, a analiza se provodi za različite odnose između trajanja t_p, kojim je definirano vrijeme praćenja razvoja potrošnje, i vijeka trajanja potrošačkih postrojenja t_0.

Uz pretpostavku da je $t_p < t_0$ dobiva se dijagram na sl. 3. U gornjem dijagramu prikazana je dinamika potrošnje uz naznaku da je za svako novo potrošačko postrojenje osiguran pogon kroz t_0 godina. U donjem dijagramu ordinate krivulje pokazuju stvarnu potrošnju u svakoj od promatranih godina. Kao što se vidi, potrošnja raste do godine t_p, nakon toga potrošnja ostaje konstantna jer do t_p nije ni jedno potrošačko postrojenje dostiglo svoj vijek trajanja. To traje sve do godine t_0 kad se obustavljaju postrojenja koja su izgrađena za zadovoljenje potreba u početku razmatranja, a to su postrojenja koja su trošila A_0, pa zbog toga dolazi do smanjenja potrošnje za $a=1$. Nakon toga se postepeno obustavljaju postrojenja koja su građena kasnije i konačno postrojenje koje je izgrađeno za zadovoljenje potreba u godini t_p. Potrošnja postiže vrijednost nula nakon $t_p + t_0$ godina, ali potrošnja se može pratiti samo kroz t_p godina, naravno uz pretpostavku da su nakon $t_p + t_0$ godina potpuno iscrpljene rezerve.



Sl. 3. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz t_0 godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $t_p < t_0$

Da se odrede potrebne rezerve kojima se osigurava razvoj potrošnje prikazan na sl. 3, treba izračunati iscrtanu površina na sl. 3.a. U tu svrhu najpogodnije je podijeliti područje promatranja u tri dijela. Za prvi dio, koji se nalazi u području kad je $0 \leqq n \leqq t_p$,

$$r_1 = \int_0^{t_p} pex\,(n)\,dt \qquad (8)$$

Drugi dio površine u području $t_p \leqq n \leqq t_0$ izračunava se iz relacije

$$r_2 = \int_{t_p}^{t_0} pex\,(t_p)\,dt \qquad (9)$$

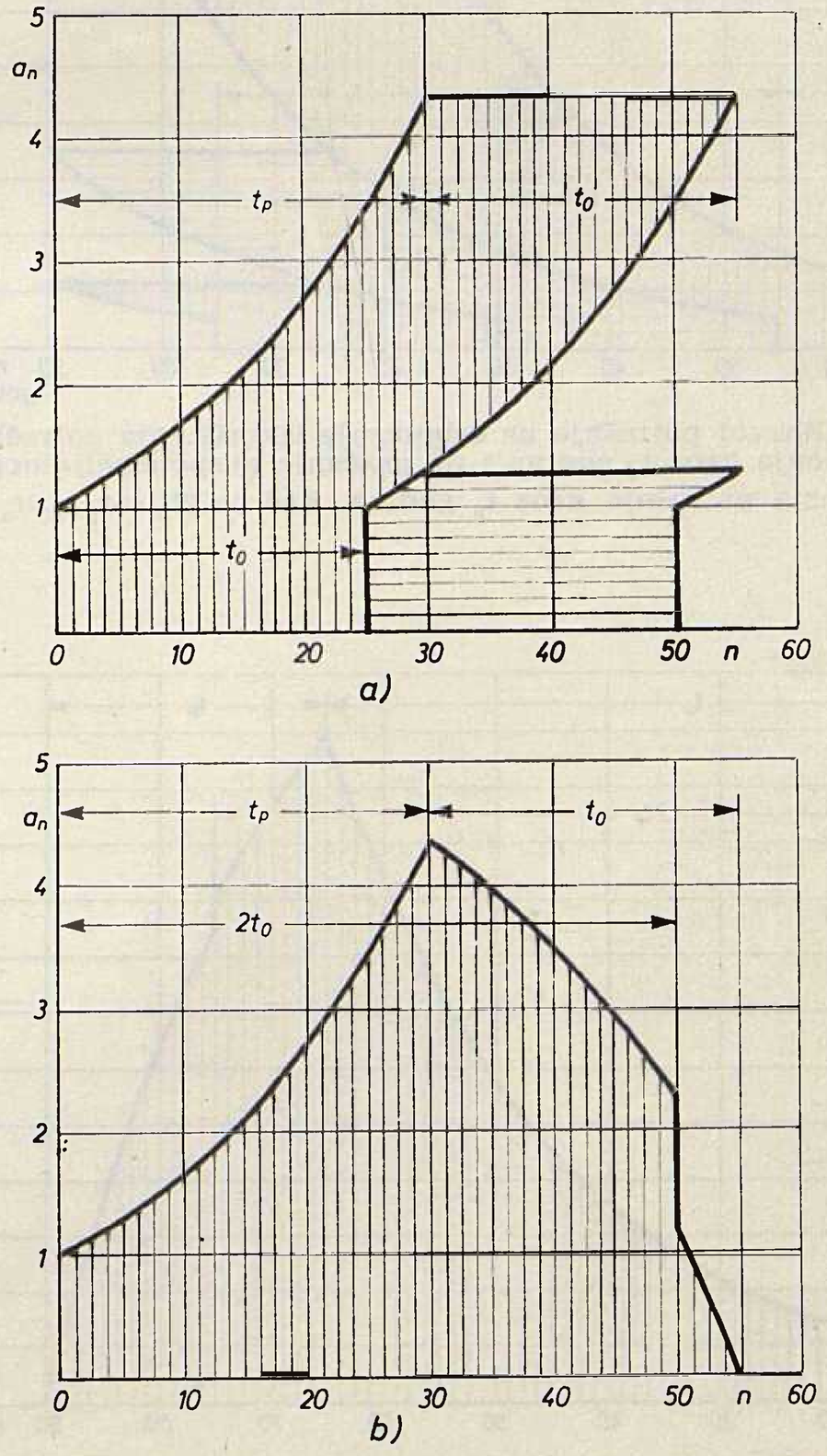
a treći dio u području $t_0 \leqq n \leqq t_p + t_0$ iz relacije

$$r_3 = \int_{t_0}^{t_p+t_0} pex\,(t_p)\,dt - \int_{t_0}^{t_p+t_0} pex\,(n - t_0)\,dt \qquad (10)$$

Nakon integriranja i skraćivanja dobiva se zbroj $r = r_1 + r_2 + r_3$

$$r = t_0\,pex\,(t_p). \qquad (11)$$

Ako se, međutim, pretpostavi da je $t_0 \leqq t_p \leqq 2t_0$, bit će potrebno nakon t_0 godina graditi potrošačka postrojenja druge generacije, jer su ona iz prve generacije već dotrajala (sl. 4). Izgradnja druge generacije potrošačkih postrojenja neophodna je



Sl. 4. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz t_0 godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $t_0 < t_p < 2t_0$

jer bi se bez novih postrojenja smanjila potrošnja, što prema pretpostavci nije dopušteno. Tad se pojavljuju također tri područja: prvo definirano granicama $0 \leqq n \leqq t_p$, drugo $t \leqq n \leqq 2t_{p0}$ te treće u granicama $2t_0 \leqq n \leqq t_p + t_0$. Integriranjem u navedenim granicama dobiva se iznos potrebnih relativnih rezerva:

$$r = t_0 \, pex(t_p) \, [1 + pex(-t_0)] \qquad (12)$$

Ako je, međutim, trajanje t_p još dulje te se nalazi u granicama $2t_0 \leqq t_p \leqq 3t_0$, dobiva se dijagram na sl. 5.a i 5.b. Tada je potrebno graditi i treću generaciju potrošačkih postrojenja da se osigura potrošnja za cijelo razdoblje t_p. Pojavljuju se tri karakteristična područja: prvo među granicama $0 \leqq n \leqq t_p$, drugo $t_p \leqq n \leqq 3t_0$ i treće među granicama $3t_0 \leqq n \leqq t_p + 3t_0$. Ukupna površina i sada predstavlja potrošnje, a relativne potrebe rezerve izračunavaju se iz izraza:

$$r = t_0 \, pex(t_p) \, [1 + pex(-t_0) + pex(-2t_0)] \qquad (13)$$

Analognim razmatranjem može se odrediti vrijednost potrebnih relativnih rezerva r za bilo koju vrijednost t_p. Ako se, naime, vrijednost t_p nalazi između vrijednosti $(k - 1)\, t_0$ i kt_0, gdje je k prirodni broj, potrebne relativne rezerve izračunavaju se iz relacije

$$r = t_0 \, pex(t_p) \{1 + pex(-t_0) + pex(-2t_0) + \ldots + pex[-(k-1)\, t_0] + pex(-kt_0)\} \qquad (13)$$

Treba naglasiti da se iz relacije (12) postavljanjem $t_p = t_0$ ne dobiva relacija (11), već izraz

$$r = t_0 \, [pex(t_p) + 1] \qquad (14)$$

koji ima za t_0 veću vrijednost od one što bi se dobila iz izraza (11). Povećanjem vrijednosti t_p od vrijednosti t_0 na vrijednost $t_0 + \Delta n$, ma kako Δn bilo maleno, potrebno je izgraditi potrošačka postrojenja druge generacije, pa se zbog toga povećava potrošnja za t_0 jer je godišnja potrošnja upravo jednaka 1. To je uzrok pojave skoka u potrebnim rezervama kad t_p dostigne vrijednost t_0, $2t_0 \ldots$

Iz relacija kojima su određene potrebne relativne rezerve mogu se neposredno izračunati i trajanja praćenja razvoja potrošnje uz zadane relativne rezerve.

Ako je ispunjen uvjet da je $0 \leqq t_p \leqq t_0$, trajanje praćenja razvoja potrošnje dobiva se iz relacije (11), pa je

$$t_p = \frac{\ln(r/t_0)}{\ln(1+p)}. \qquad (15)$$

Kad je $t_0 \leqq t_p \leqq 2t_0$, vrijednost t_p određuje se iz relacije (12), pa se dobiva:

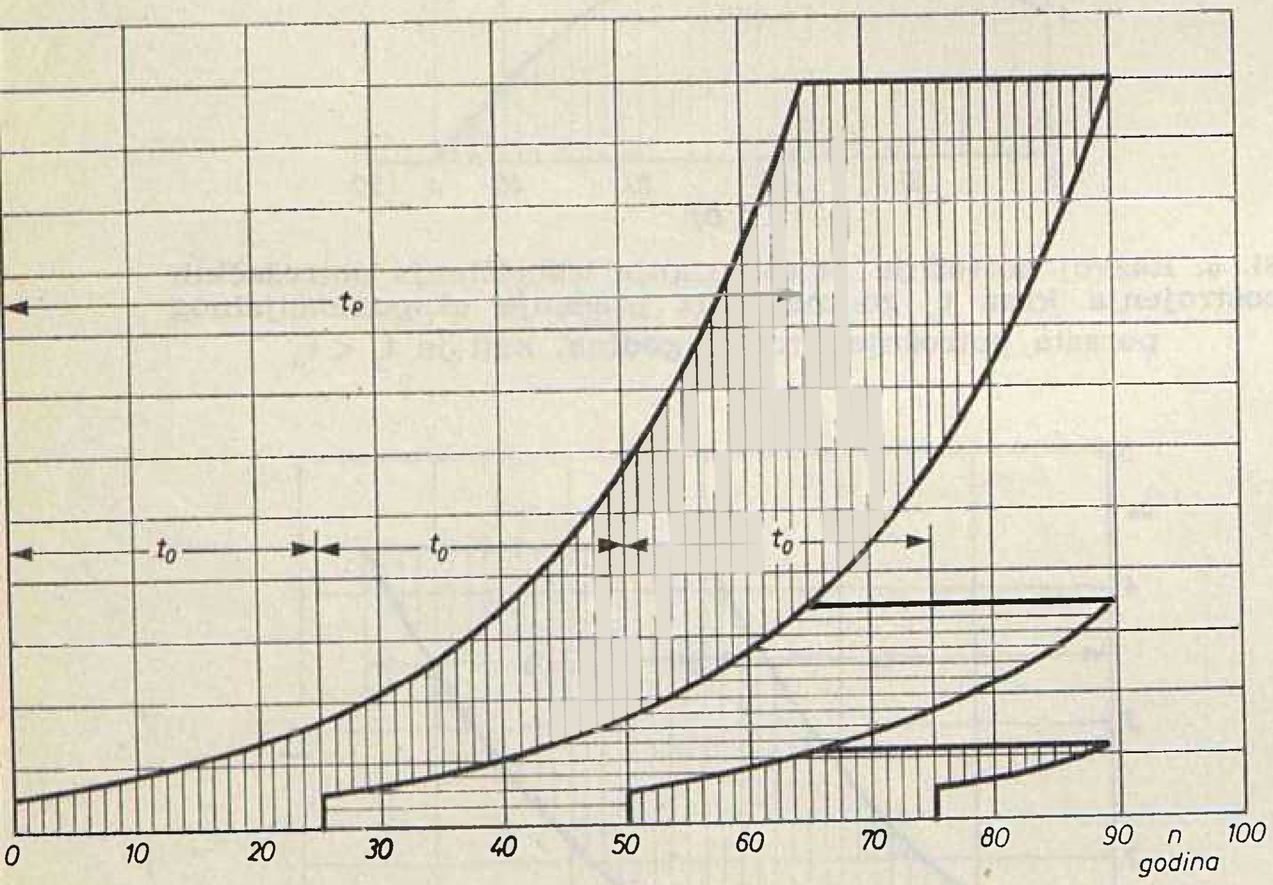
$$t_p = \frac{1}{\ln(1+p)} \ln \frac{r}{t_0 \, [1 + pex(-t_0)]}. \qquad (16)$$

Za bilo koju vrijednost t_p koja se nalazi između $(k - 1)\, t_0$ i kt_0 trajanje praćenja razvoja potrošnje izračunava se iz relacije (13). Ako se izraz u vitičastim zagradama u (13) označi sa Z, t_p se dobiva iz izraza:

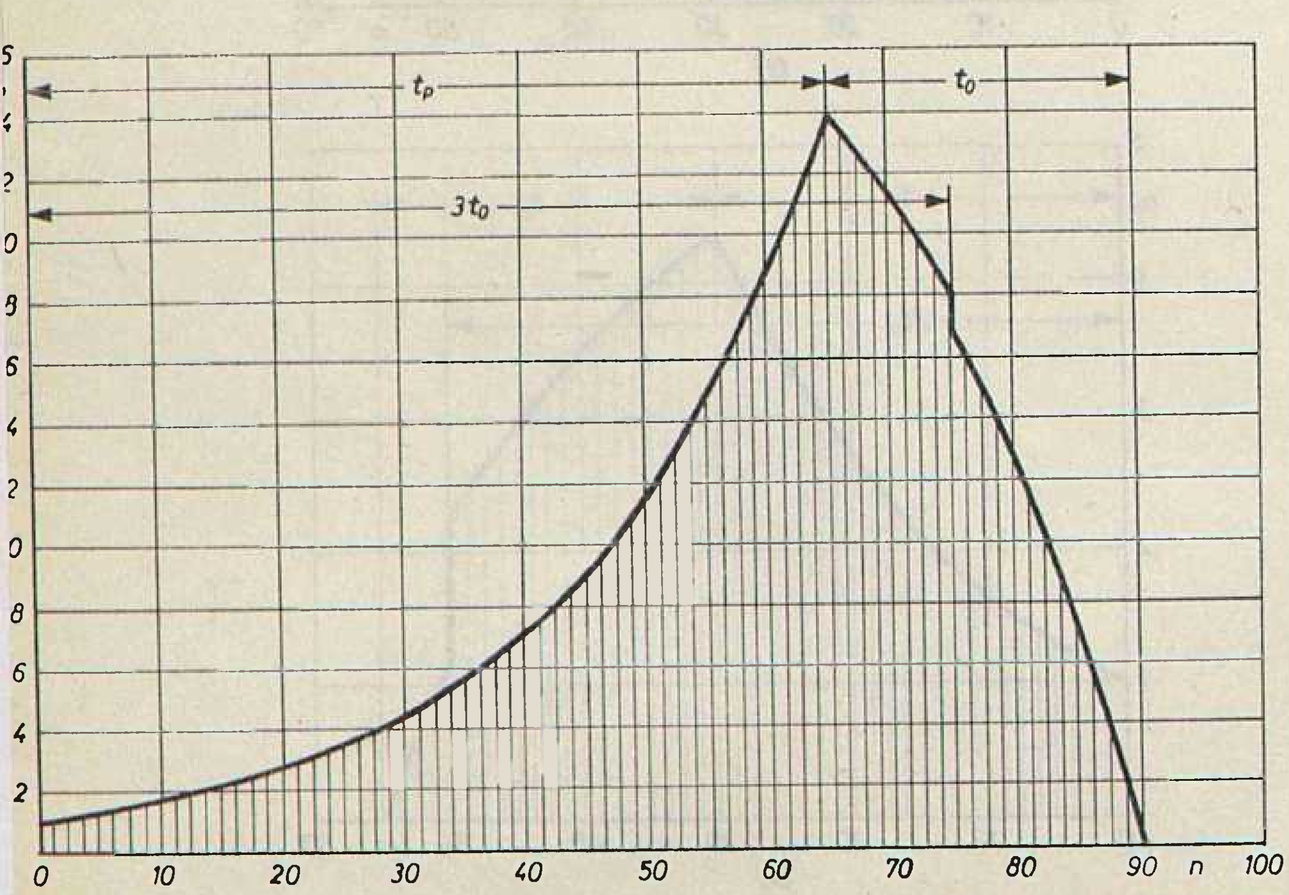
$$t_p = \frac{1}{\ln(1+p)} \ln \frac{r}{t_0 \, Z}. \qquad (17)$$

Na sl. 6. vidi se ovisnost trajanja praćenja razvoja potrošnje u relativnim rezervama za niz vrijednosti godišnjeg porasta. Na sl. 6. prikazane su krivulje do $r = 1\,000$, a na sl. 7. samo područje do $r = 300$ godina.

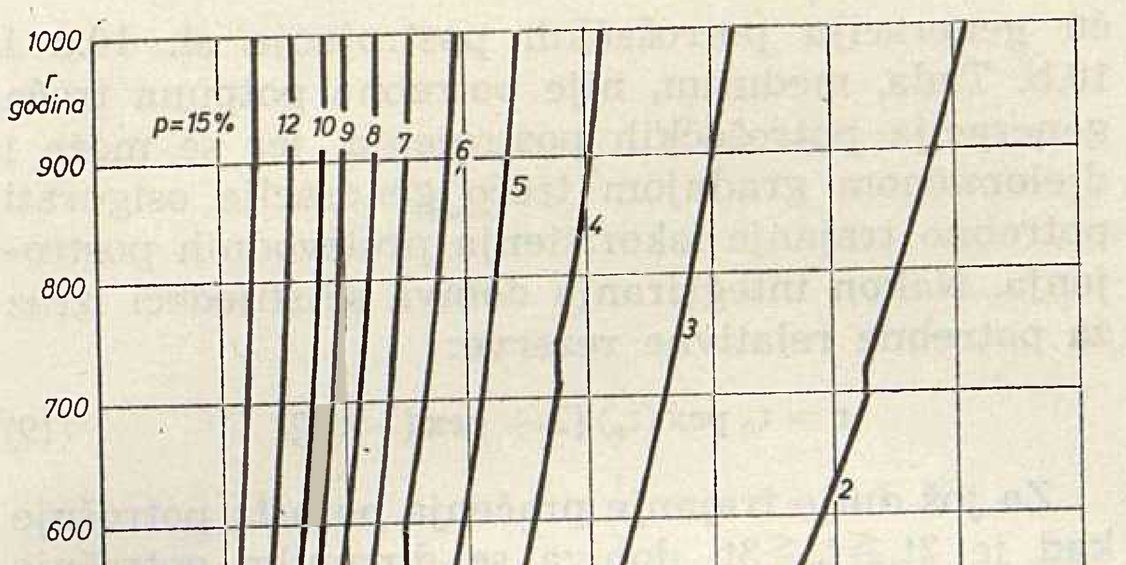
Svakako da se može postaviti pitanje utjecaja vijeka trajanja potrošačkih postrojenja. Da se pokažu razlike koje nastaju zbog promjene pretpostavke o vijeku trajanja potrošačkih postrojenja, na istom dijagramu (sl. 8) ucrtane su ovisnosti t_p o r za tri vrijednosti t_0, a za godišnji porast potrošnje od 5%. S produljenjem vijeka trajanja po-



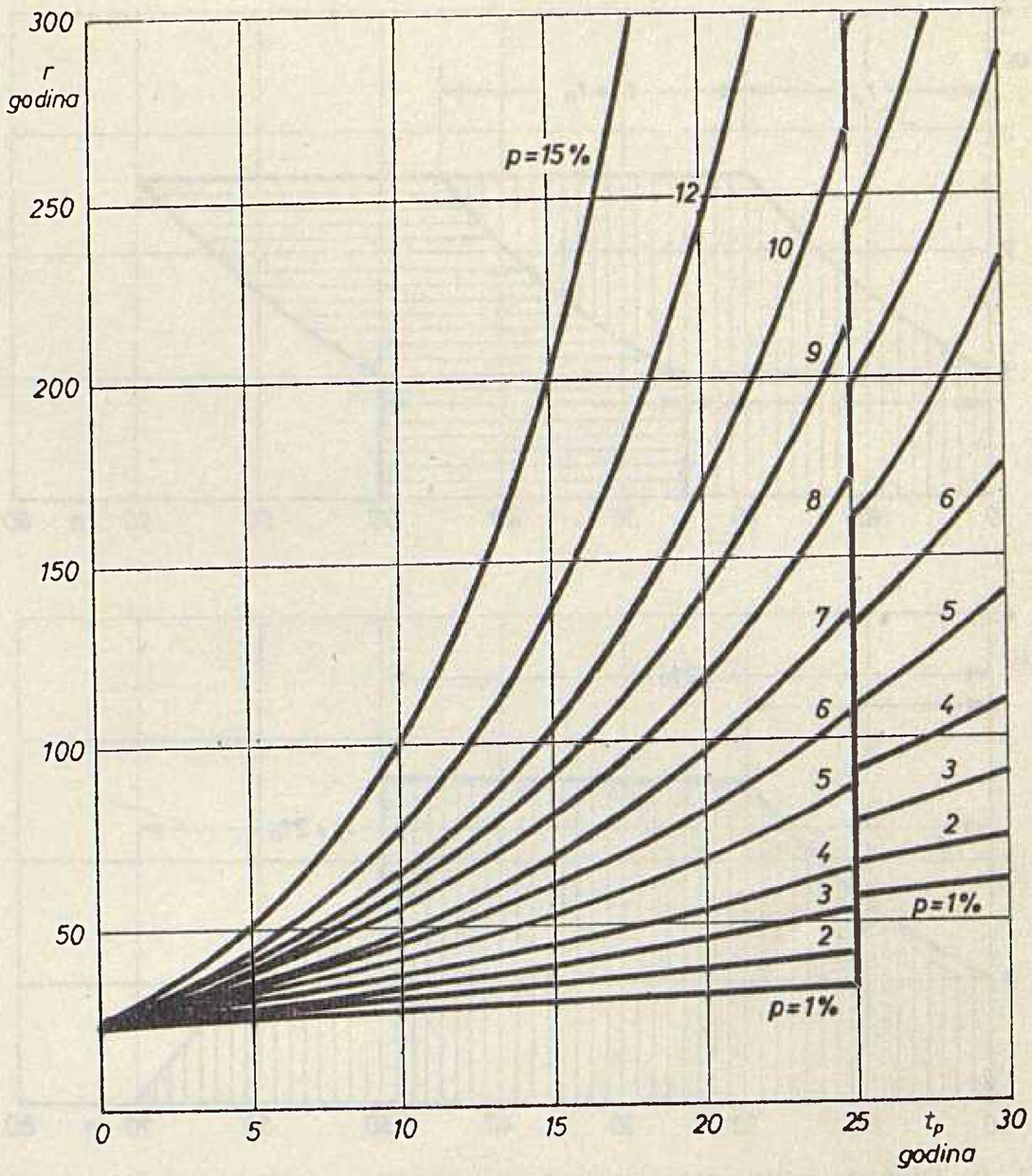
Sl. 5a. Razvoj potrošnje uz osiguarnje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz t_0 godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $2t_0 < t_p < 3t_0$



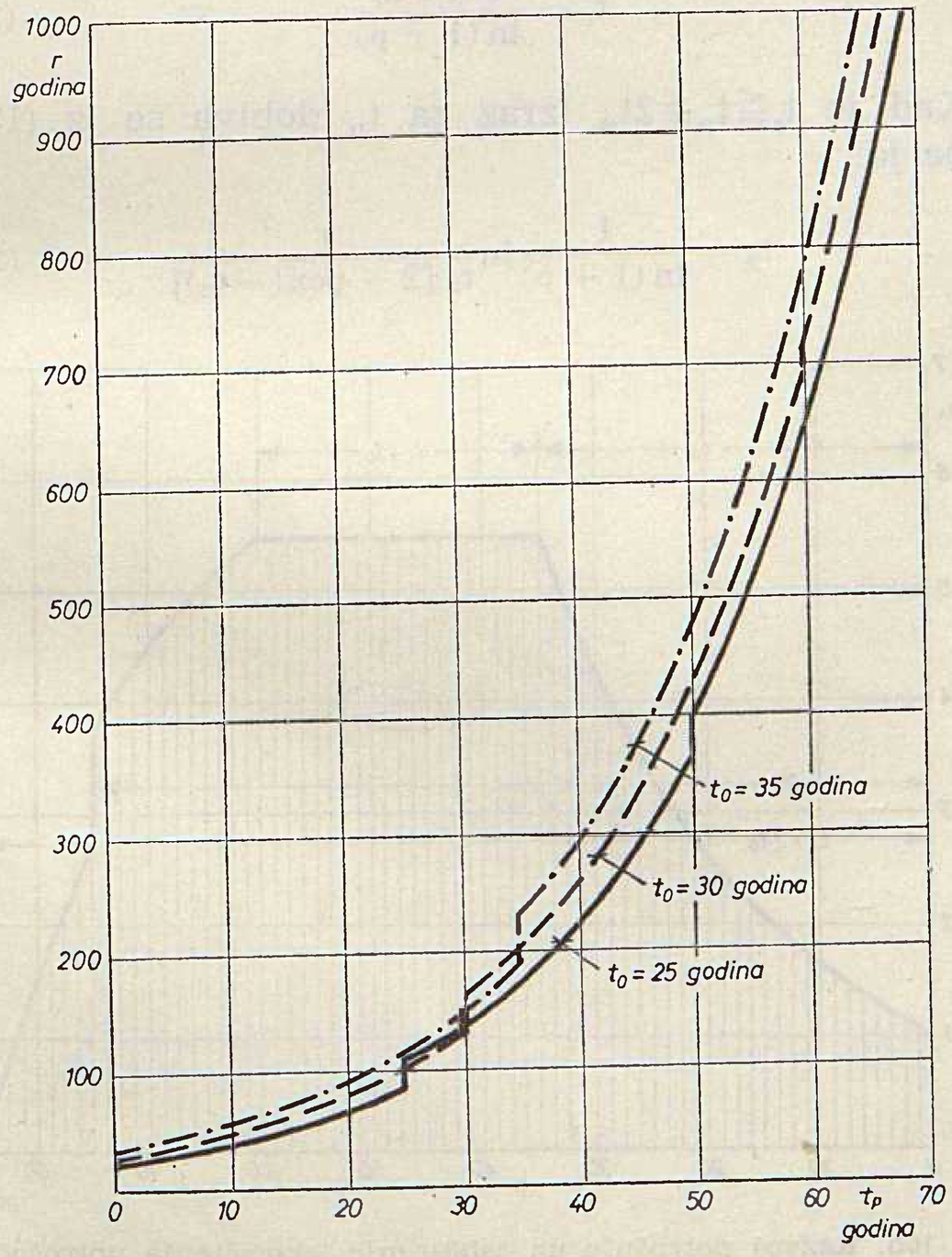
Sl. 5b. Razvoj potrošnje uz osiguarnje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz t_0 godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $2t_0 < t_p < 3t_0$



Sl. 6. Potrebne relativne rezerve za praćenje eksponencijalnog porasta (p) potrošnje kroz t_p godina uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz $t_o = 25$ godina



Sl. 7. Detalj dijagrama na sl. 6.



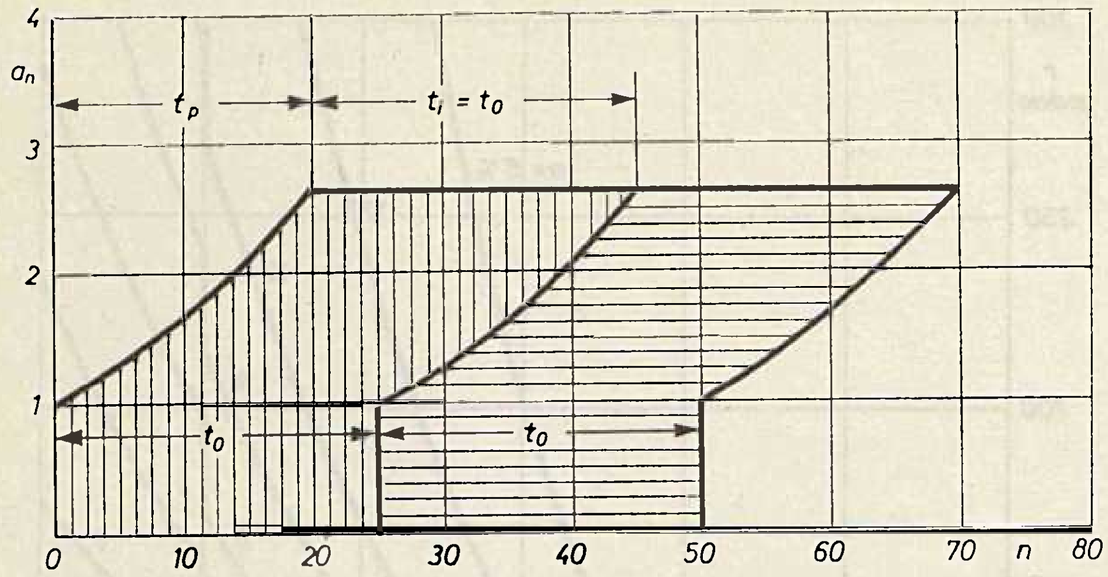
Sl. 8. Potrebne relativne rezerve za praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje (uz p = 5%) kroz t_p godina uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz 25, 30 i 35 godina.

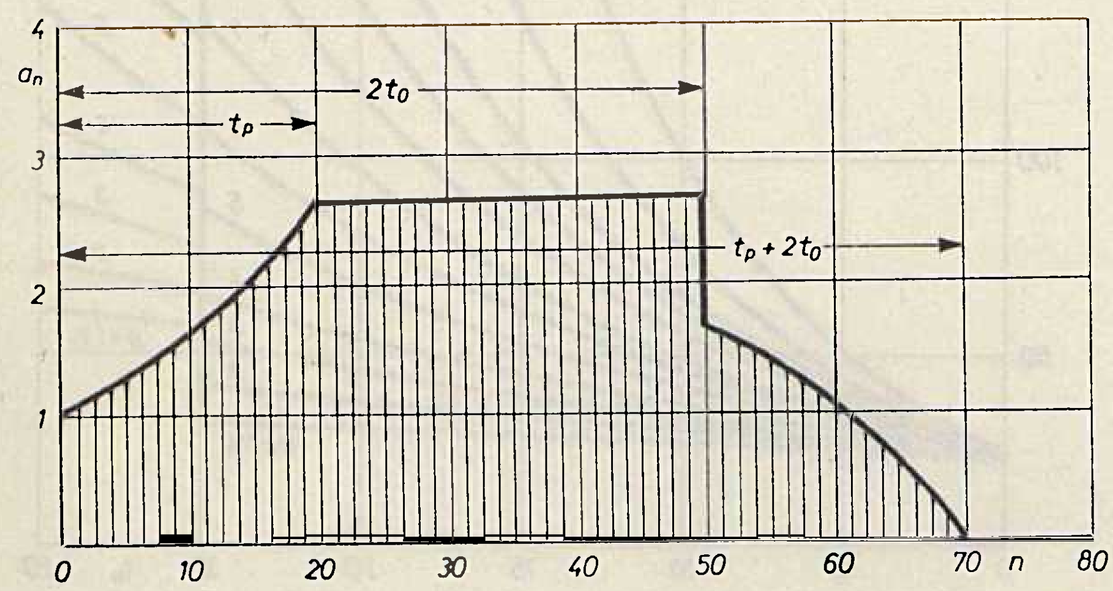
trošačkih postrojenja povećavaju se potrebne rezerve. Tako npr. ako se želi osigurati razvoj potrošnje uz godišnji porast od 5% kroz 40 godina potrebne su relativne rezerve od 225, 255 odnosno 290 godina statičnog trajanja rezerva ako se računa s iskorištenjem potrošačkih postrojenja od 25 30 odnosno 35 godina.

4. TRAJANJE REZERVA UZ OSIGURANJE ISKORIŠTENJA I POTROŠAČKIH I PROIZODNIH POSTROJENJA

Kao što se vidi iz dijagrama na sl. 3.b, 4.b i 5.b maksimalni proizvodni kapacitet proizvodnih postrojenja iskorištava se samo u toku jedne godine. U godinama koje slijede nakon postizanja maksimalne proizvodnje, proizvodnja naglo opada, pa takav način iskorištavanja proizvodnih kapaciteta ne osigurava potpuno iskorištenje proizvodnih postrojenja. Zbog toga je razmatran i kriterij za određivanje trajanja rezerva uz pretpostavku da se mora osigurati iskorištavanje maksimalnog kapaciteta proizvodnih postrojenja kroz unaprijed određeni broj godina. Da se pojednostavi analiza pretpostavljeno je da trajanje iskorištavanja proizvodnih postrojenja (t_i) iznosi upravo onoliko koliko je i trajanje iskorištenja potrošačkih postrojenja (t_o). Naravno da je moguće analizirati prilike uz druge pretpostavke o vrijednosti trajanja t_i, ali to bi samo povećalo opseg referata, a ne bi donijelo ništa bitno novo.

Ako je potrebno trajanje praćenja razvoja potrošnje t_p manje od vijeka trajanja potrošačkog postrojenja ($t_p \leqq t_o$), dobiva se dinamika potrošnje





Sl. 9. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih i proizvodnih postrojenja kroz t_o godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje t_p godina, kad je $t_p < t_o$

prikazana na sl. 9. U svim slučajevima, pa i kad je t_p vrlo maleno, potrebno je izgraditi dvije kompletne generacije potrošačkih postrojenja, jer odustajanje od gradnje i dijela postrojenja iz druge generacije ne bi osiguralo potrebno iskorištenje maksimalnog kapaciteta proizvodnih postrojenja. Nakon integriranja na već opisani način, dobiva se izraz za potrebne relativne rezerve

$$r = 2t_0 \, \mathrm{pex}\,(t_p). \qquad (18)$$

Ako je trajanje t_p dulje ($t_0 \leqq t_p \leqq 2t_0$), dinamika potrošnje se mijenja, jer je potrebno graditi i treću generaciju potrošačkih postrojenja sl. 10.a i 10.b. Tada, međutim, nije potrebna potpuna treća generacija potrošačkih postrojenja, jer se može i djelomičnom gradnjom treće generacije osigurati potrebno trajanje iskorištenja proizvodnih postrojenja. Nakon integriranja dobiva se slijedeći izraz za potrebne relativne rezerve:

$$r = t_0 \, \mathrm{pex}\,(t_p)\,[2 + \mathrm{pex}\,(-t_0)]. \qquad (19)$$

Za još dulje trajanje praćenja porasta potrošnje kad je $2t_0 \leqq t_p \leqq 3t_0$ dobiva se dinamika potrošnje kao na sl. 11.a i 11.b. Tada je potrebna gradnja i četvrte generacije potrošačkih postrojenja. Potrebne relativne rezerve tada iznose:

$$r = t_0 \, \mathrm{pex}\,(t_p)\,[2 + \mathrm{pex}\,(-t_0) + \mathrm{pex}\,(-2t_0)]. \qquad (20)$$

Analizom prilika uz dalje produljenje trajanja vremena t_p može se pokazati da vrijedi opći izraz za izračunavanje potrebnih relativnih rezerva za slučaj kad je $kt_0 \leqq t_p \leqq (k+1)\,t_0$

$$r = t_0 \, \mathrm{pex}\,(t_p)\,\{2 + \mathrm{pex}\,(-t_0) + \mathrm{pex}\,(-2t_0) + \ldots + \mathrm{pex}\,[-(k-1)\,t_0] + \mathrm{pex}\,(-kt_0)\}. \qquad (21)$$

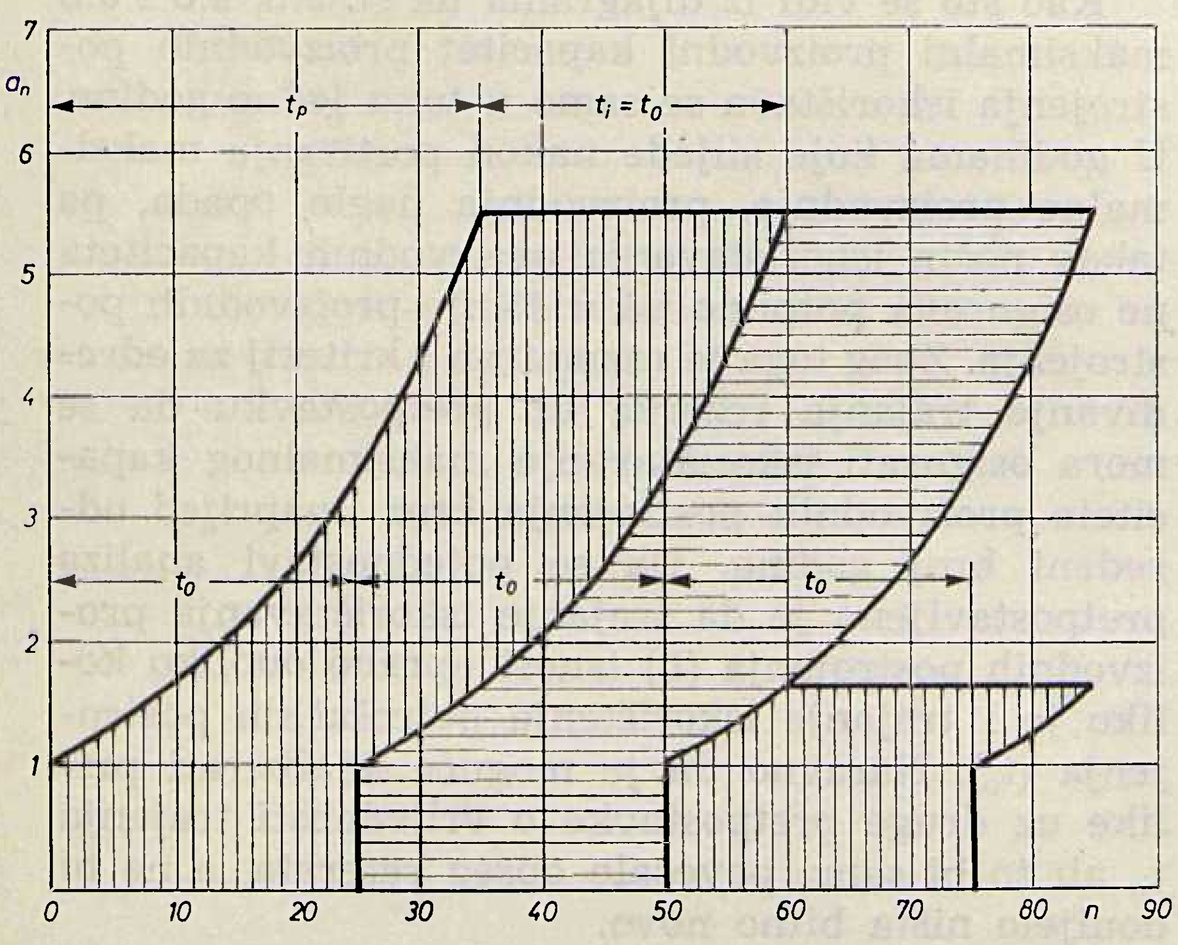
I sada se pojavljuje skok vrijednosti relativnih rezerva r kad t_p dostigne vrijednost t_0, $2t_0$ . . . iz razloga koji su već navedeni.

Kao i u slučaju kad se traži osiguranje samo iskorištenja potrošačkih postrojenja, i sada se može eksplicitno dobiti vrijednost za t_p iz odgovarajućih relacija za r. Kad je ispunjen uvjet da je $t_p < t_0$, trajanje t_p izračunava se pomoću izraza (18), pa je

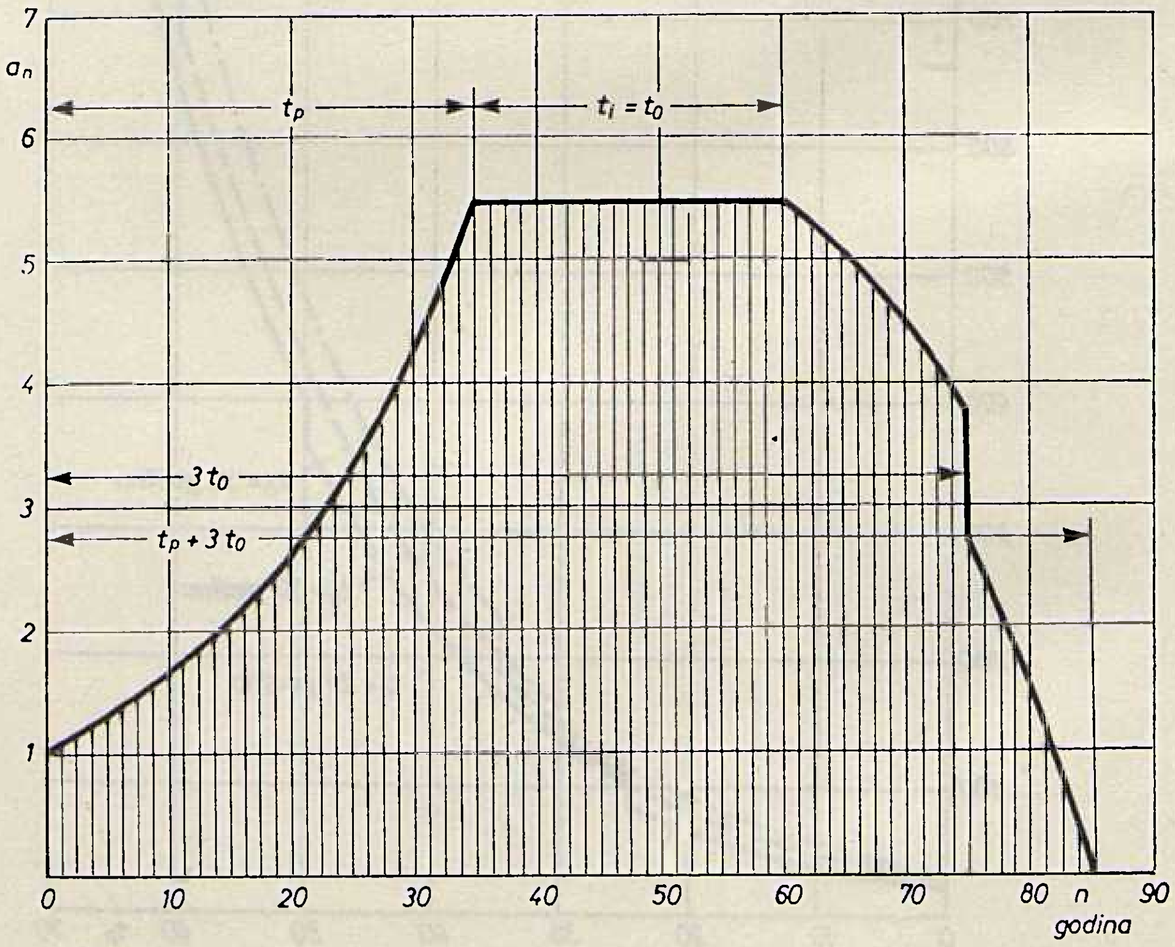
$$t_p = \frac{\ln\,(r/2t_0)}{\ln\,(1+p)}. \qquad (22)$$

Kad je $t_0 \leqq t_p \leqq 2t_0$, izraz za t_p dobiva se iz (19), pa je:

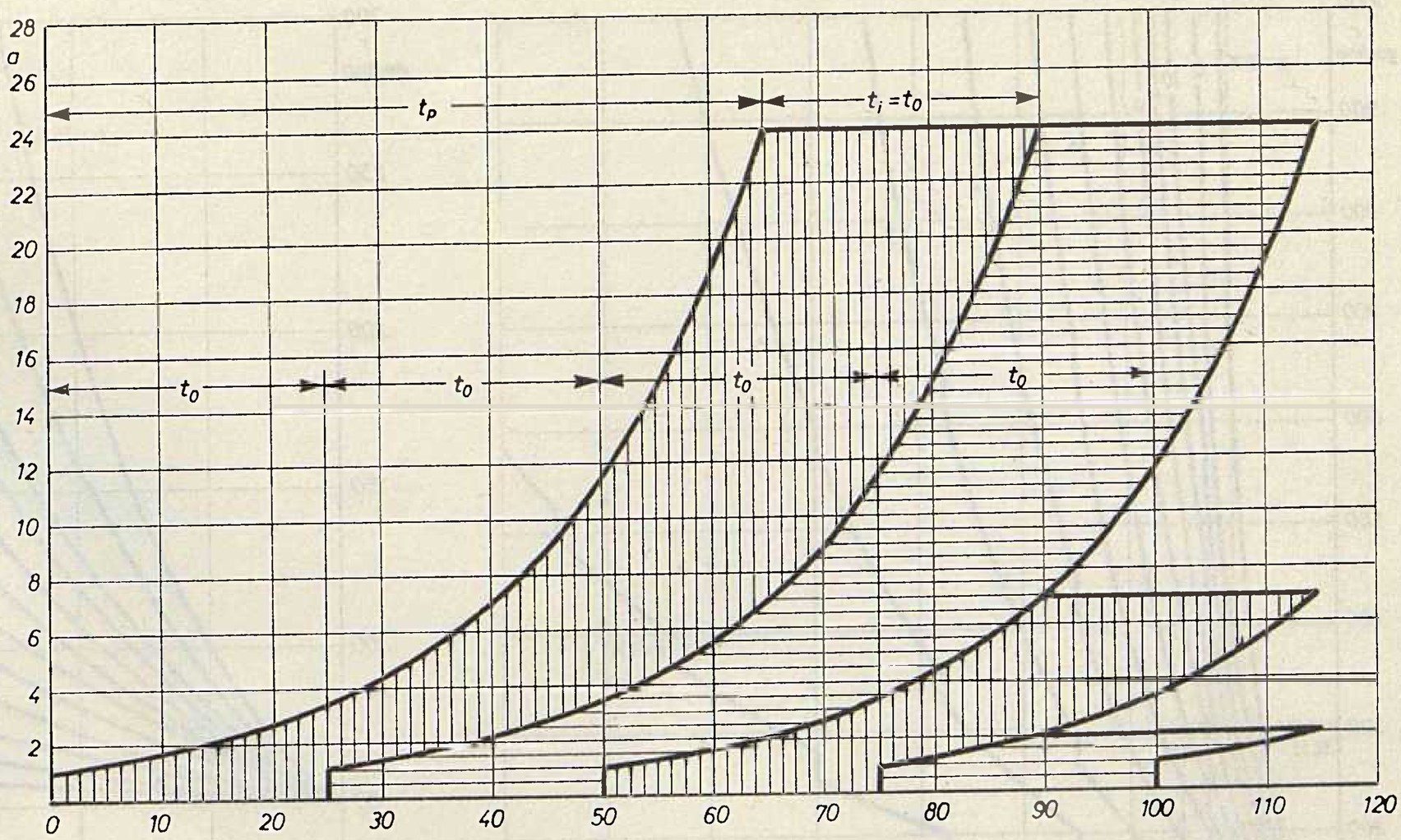
$$t_p = \frac{1}{\ln\,(1+p)} \ln \frac{r}{t_0\,[2 + \mathrm{pex}\,(-t_0)]} \qquad (23)$$



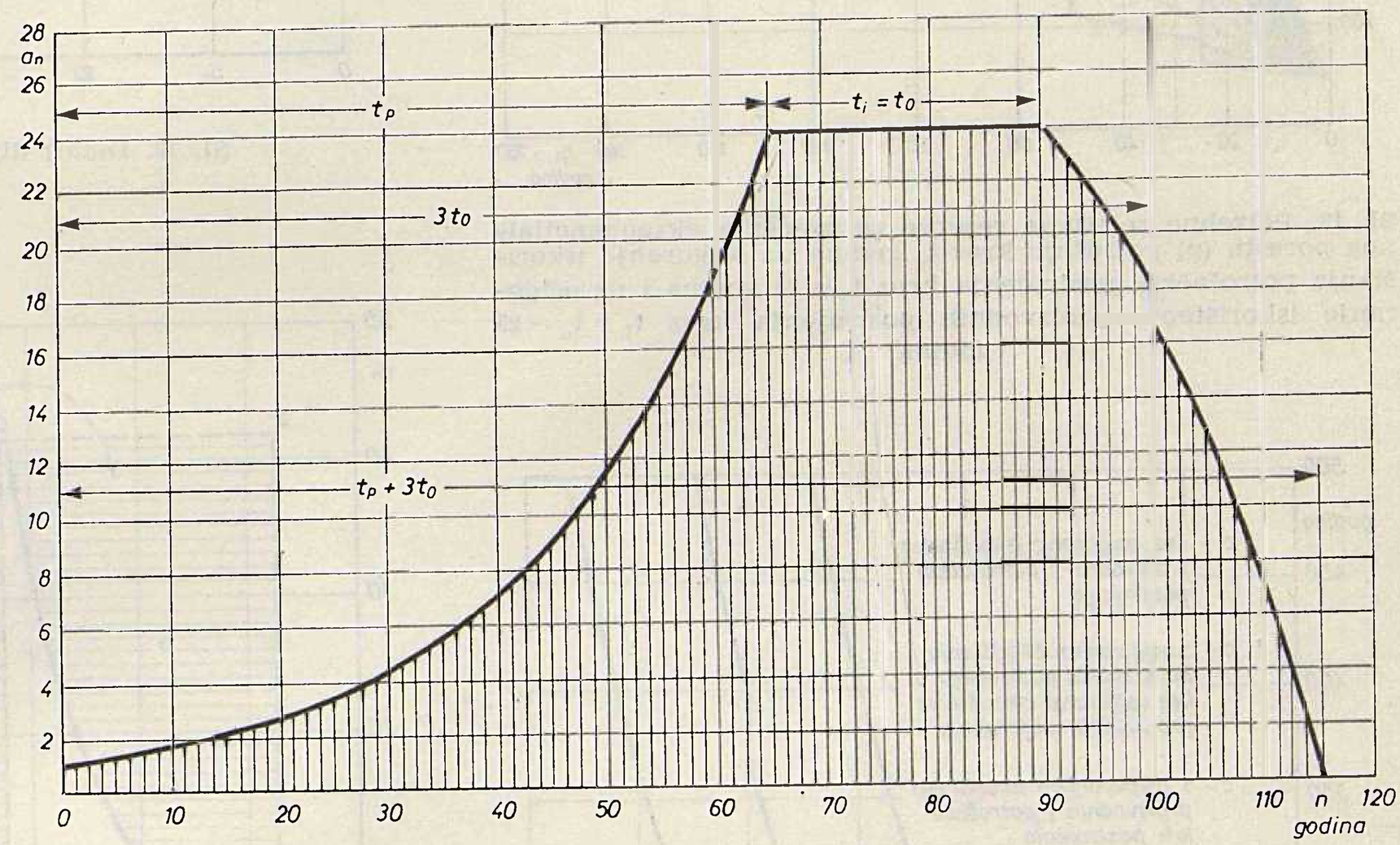
Sl. 10a. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih i proizvodnih postrojenja kroz t_o godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $t_o < t_p < 2t_o$



Sl. 10b. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih i proizvodnih postrojenja kroz t_o godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $t_o < t_p < 2t_o$



Sl. 11a. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih i proizvodnih postrojenja kroz t_o godina i uz pračenje eksponencijalnog porasta potrošnje kroz t_p godina, kad je $2t_o < t_p < 3t_o$



Sl. 11b. Razvoj potrošnje uz osiguranje iskorištenja potrošačkih i proizvodnih postrojenja kroz t_o godina i uz praćenje eksponencijalnog porasta potrošenje kroz t_p godina, kad je $2t_o < t_p < 3t_o$

Opći izraz za t_p kad je $kt_0 \leqq t_p \leqq (k+1)\, t_0$ dobiva se iz (21). Ako se za izraz u vitičastim zagradama postavi Z_i, trajanje praćenja razvoja potrošnje može se izračunati iz izraza:

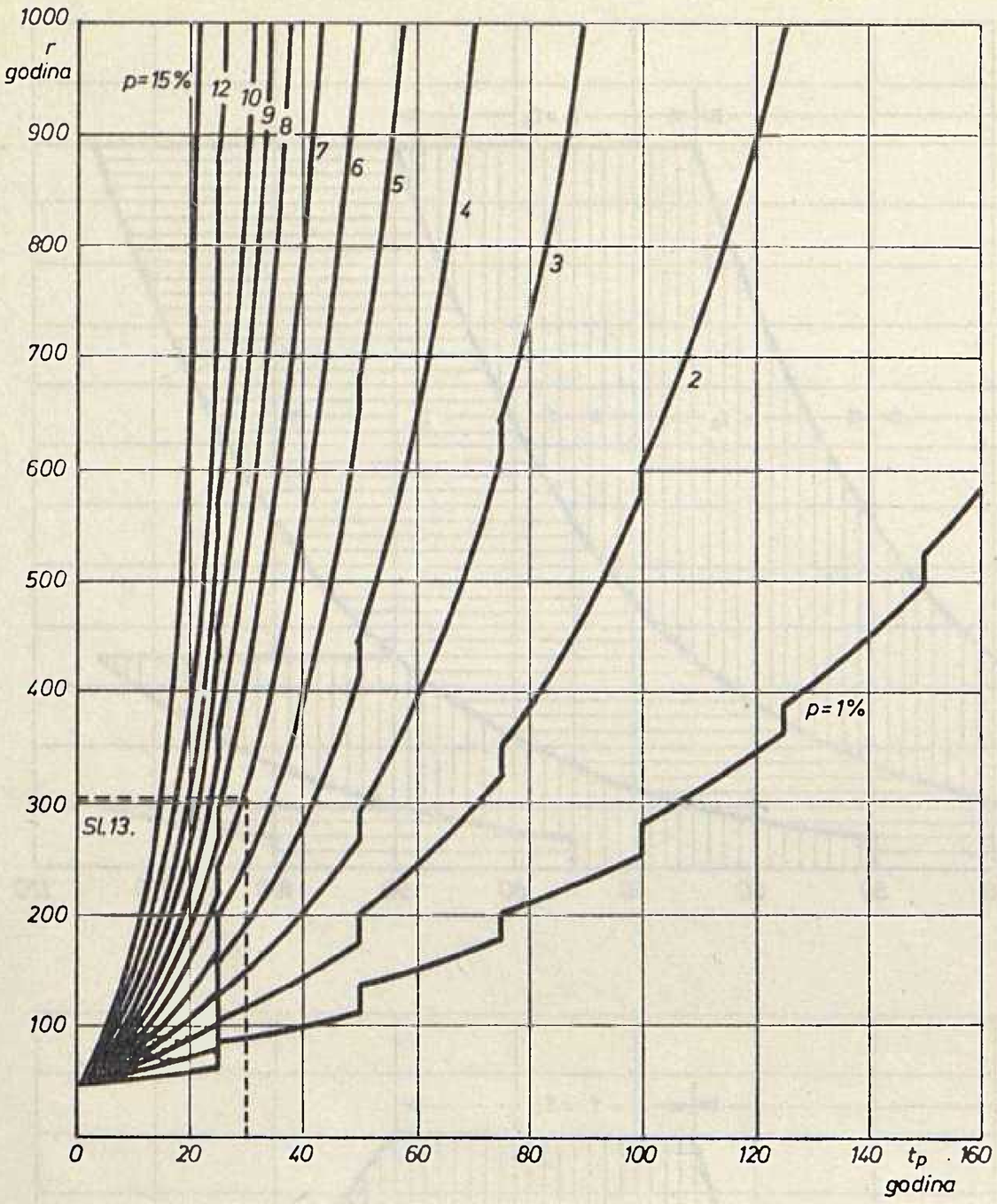
$$t_p = \frac{1}{\ln(1+p)} \cdot \ln \frac{r}{t_0 Z_i}. \qquad (24)$$

Na sl. 12. i 13. vidi se ovisnost potrebnih relativnih rezerva r o trajanju praćenja razvoja potrošnje t_p za različite vrijednosti godišnjeg porasta p.

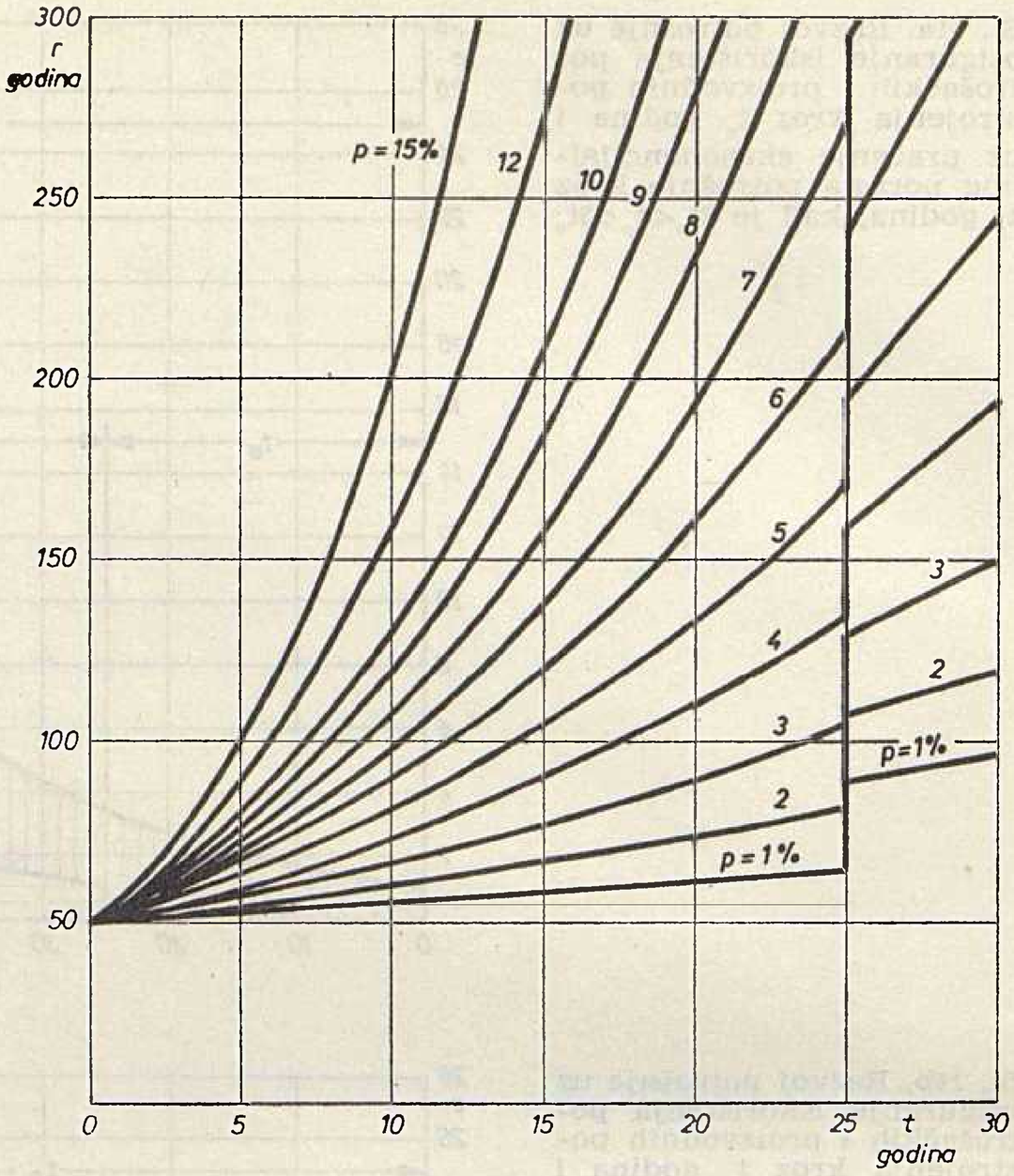
5. USPOREĐBA KRITERIJA

Svakako da kriterij koji ne uzima u obzir zahtjev za osigurano iskorištavanje potrošačkih i proizvodnih kapaciteta traži najmanje rezerve, odnosno uz zadane rezerve osigurava najdulje trajanje porasta potrošnje. Treći kriterij (kriterij c), nasuprot tome, traži najveće rezerve.

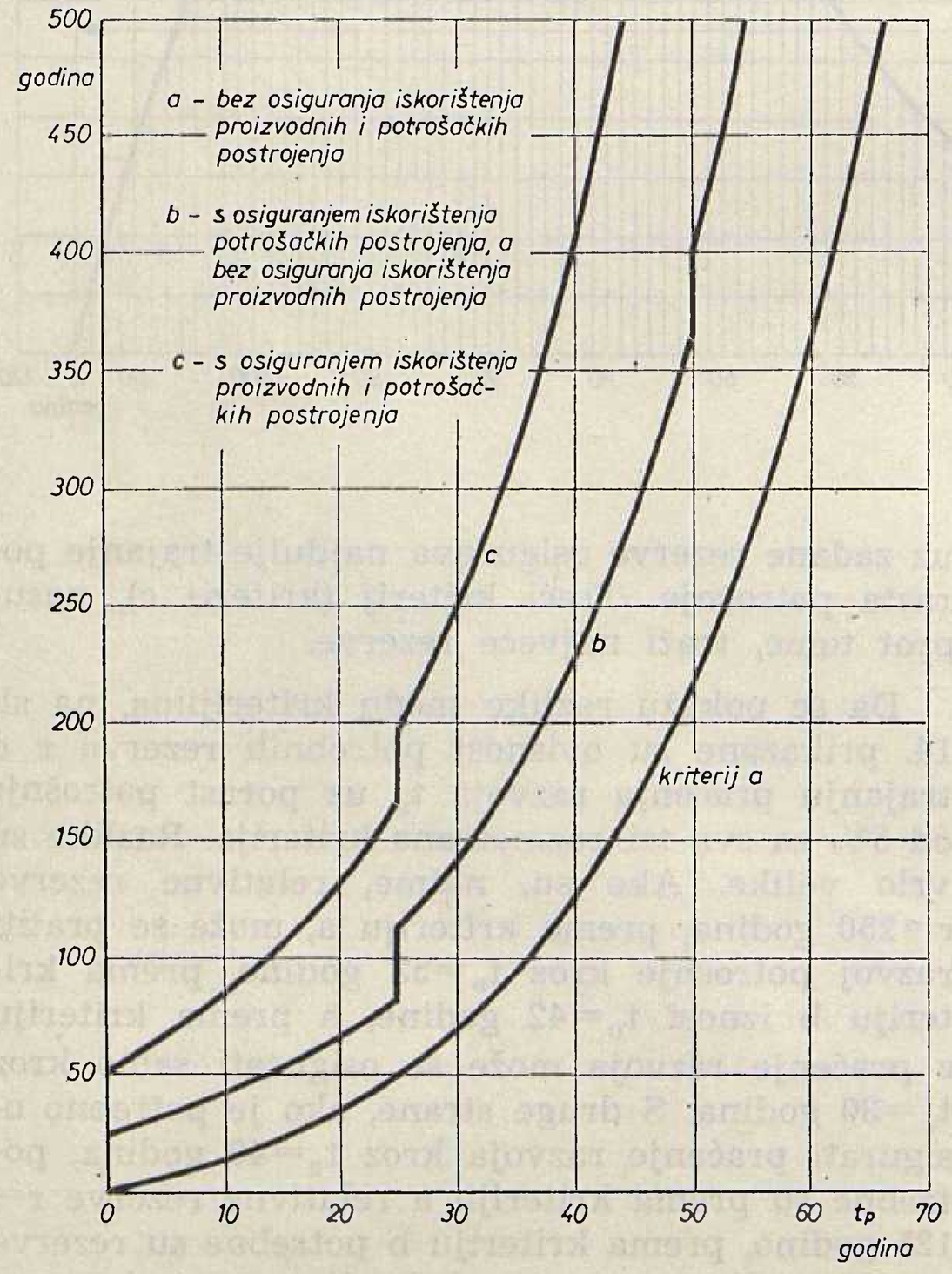
Da se pokažu razlike među kriterijima, na sl. 14. prikazane su ovisnost potrebnih rezerva r o trajanju praćenja razvoja t_p uz porast potrošnje od 5% za sva tri razmatrana kriterija. Razlike su vrlo velike. Ako su, naime, relativne rezerve r=250 godina, prema kriteriju a, može se pratiti razvoj potrošnje kroz t_p=53 godine, prema kriteriju b iznosi t_p=42 godine, a prema kriteriju c praćenje razvoja može se osigurati samo kroz t_p=30 godina. S druge strane, ako je potrebno osigurati praćenje razvoja kroz t_p=40 godina, potrebne su prema kriteriju a relativne rezerve r=125 godina, prema kriteriju b potrebne su rezerve r=225 godina, a prema kriteriju c potrebne rezerve iznose r=400 godina.



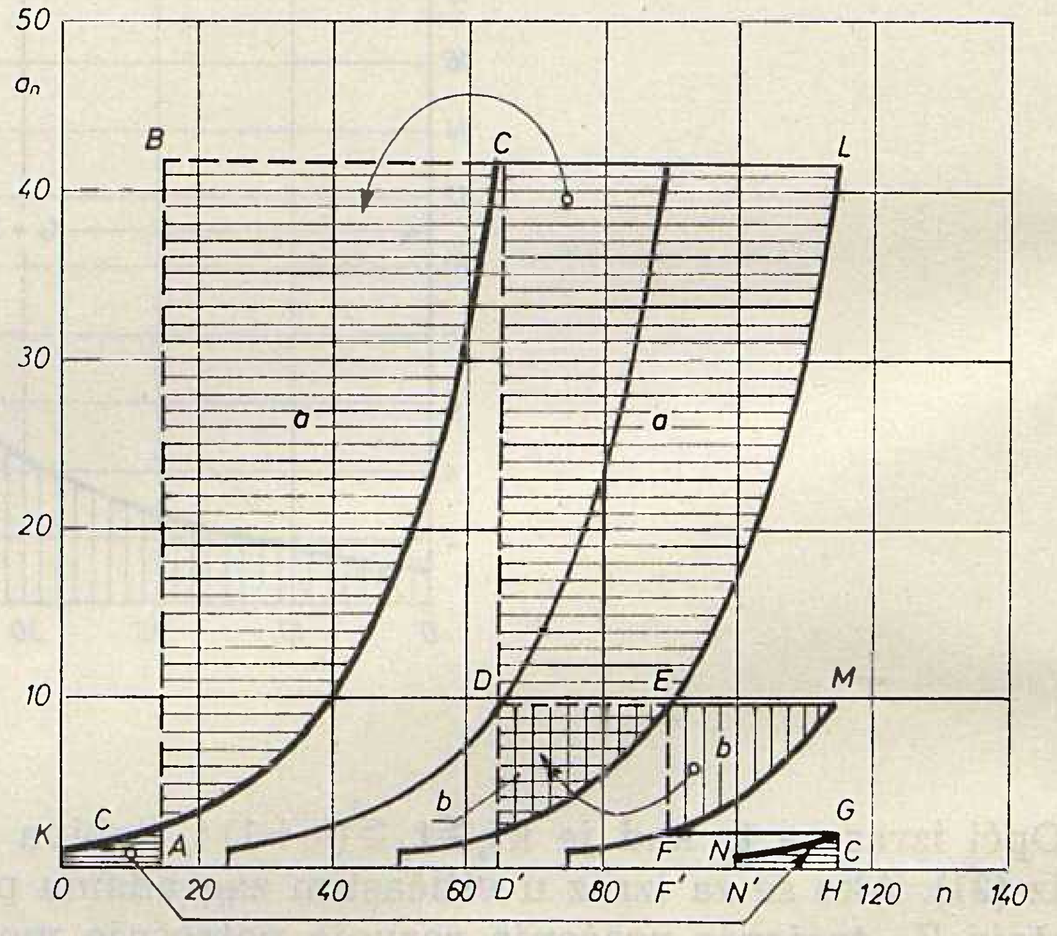
Sl. 12. Potrebne relativne rezerve za praćenje eksponencijalnog porasta (p) potrošnje kroz t_p godina uz osiguranje iskorištenja potrošačkih postrojenja kroz $t_o = 25$ godina i uz osiguranje iskorištenja proizvodnih postrojenja kroz $t_i = t_o = 25$ godina



Sl. 13. Detalj dijagrama na sl. 12.



Sl. 14. Usporedba kriterija za određivanje trajanja rezerva uz godišnji porast potrošnje od p = 5%



Sl. 15. Primjer razmještaja površina da se dobiju pravokutnici ABCD', D'DEF', F'FGH kojima je određena površina ispod krivulje KCLEMFGNN' kojim su određene potrebne rezerve

6. POTREBNE REZERVE UZ BILO KAKVU KRIVULJU PORASTA POTROŠNJE

Iz navedenih formula za određivanje potrebnih relativnih rezerva prema kriterijima b i c mogu se na jednostavan način odrediti formule za izračunavanje potrebnih relativnih rezerva uz bilo kakvu krivulju porasta potrošnje.

Ako se nacrta dijagram koji prikazuje dinamiku potrošnje prema kriteriju c a za slučaj kad je

$2t_0 \leqq t_p \leqq 3t_0$ (sl. 15), može se pogodnim premještanjem dijelova površina cijela površina kojom je određena potrošnja rezerva nadomjestiti trima pravokutnicima, koji svojim površinama odgovaraju trima članovima relacije (20). Dijagram na sl. 15. nacrtan je, naime, za slučaj kad vrijedi relacija (20). Prvi, veliki pravokutnik ima osnovicu $2t_0$, a ostali pravokutnici imaju osnovice jednake t_0. Visina je prvog pravokutnika jednaka maksimalnoj potrošnji pex (t_p). Drugi pravokutnik ima visinu određenu relacijom pex ($t_p - t_0$), što odgovara drugom članu relacije (20), a to je upravo potrošnja u momentu $t_p - t_0$. Treći pravokutnik ima visinu pex ($t_p - 2t_0$), što odgovara trećem članu u relaciji (20), a to je potrošnja u momentu $t_p - 2t_0$. Prema tome, potrebne relativne rezerve mogu se odrediti iz formule:

$$r = t_0 (2a_{max} + a_{t_p - t_0} + a_{t_p - 2t_0}), \qquad (25)$$

gdje je a potrošnja u pojedinim momentima razvoja potrošnje. Analogno se može napisati relacija za opći slučaj prema izrazu (21).

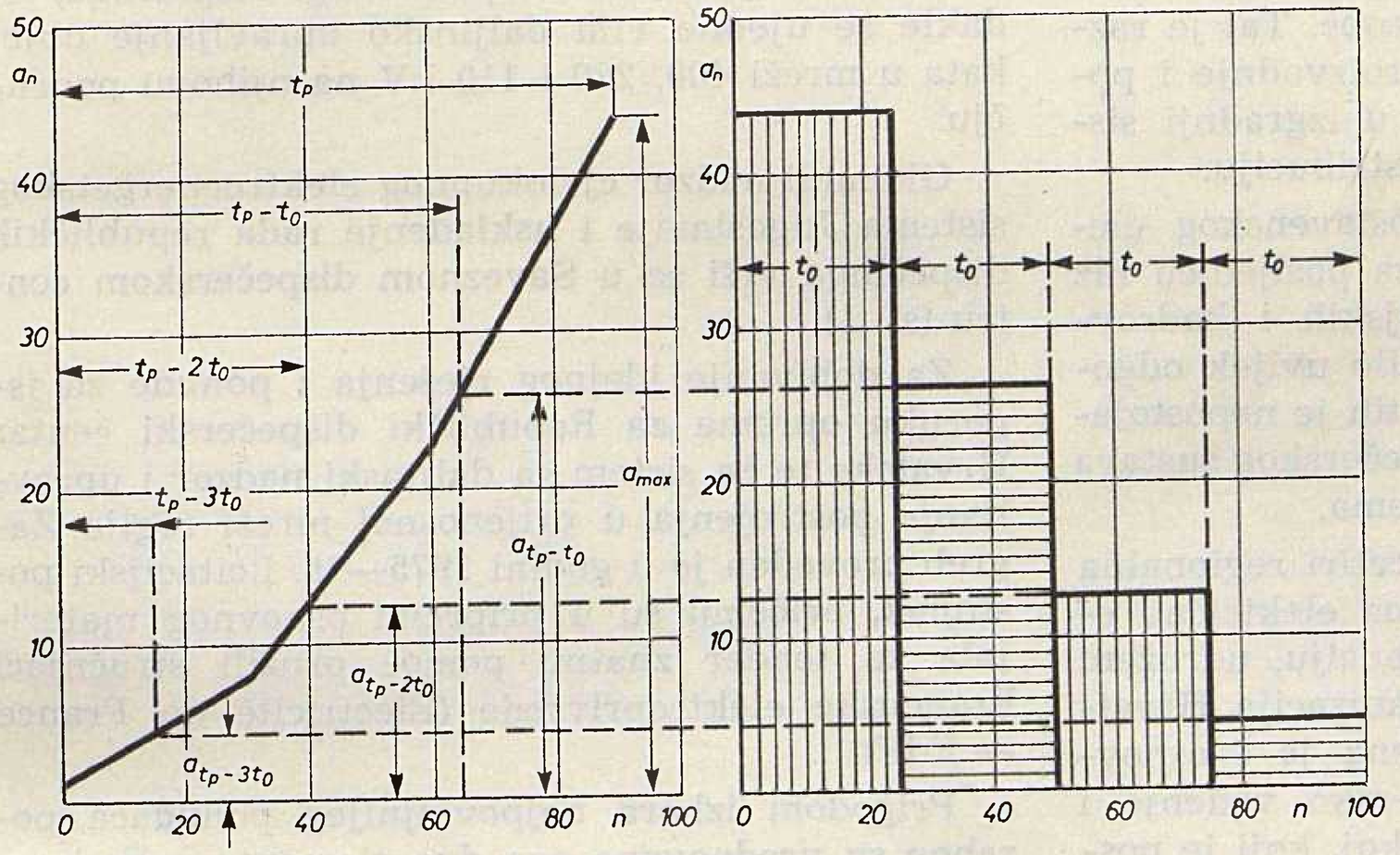
Navedene relacije vrijede za kriterij c, a na sličan način mogu se trima pravokutnicima prikazati potrebne relativne rezerve za slučaj primjene kriterija b. Tada se, kad vrijedi da je $2t_0 \leqq t_p \leqq 3t_0$ (sl. 5), potrebne relativne rezerve mogu izračunati iz formule:

$$r = t_0 (a_{max} + a_{t_p - t_0} + a_{t_p - 2t_0}) \qquad (26)$$

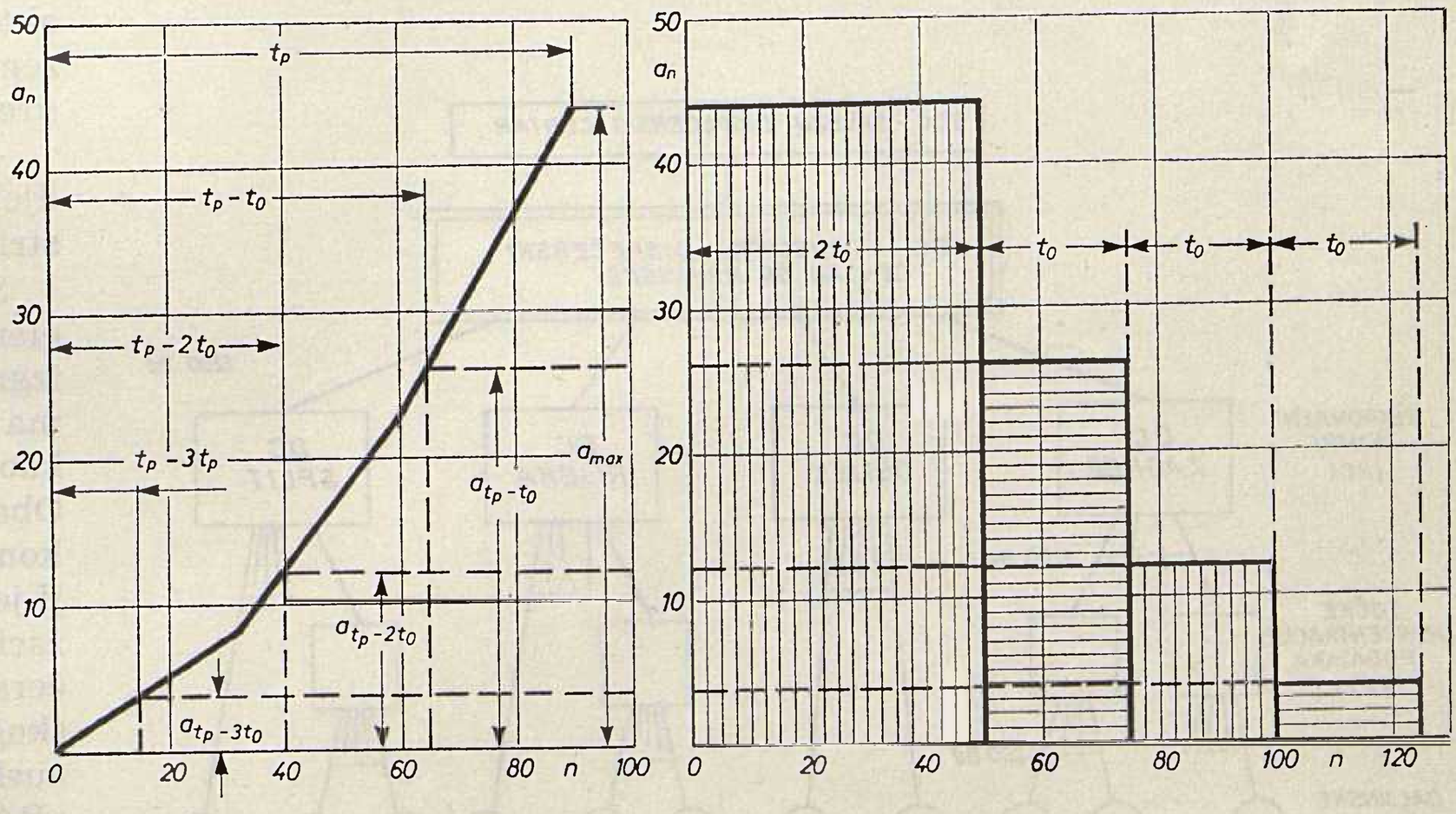
Analogno se može napisati opći izraz prema relaciji (13).

Treba naglasiti da u relacijama (25) i (26) t_p znači broj godina nakon početka razmatranja, kad se postiže maksimalna potrošnja.

Na sl. 16. i 17. vide se primjeri određivanja potrebnih relativnih rezerva prema kriterijima b i c a za slučajeve kad je $3t_0 \leqq t_p \leqq 4t_0$ za razvoj potrošnje prikazan izlomljenim pravcem.



Sl. 16. Primjer određivanja potrebnih relativnih rezerva prema kriteriju b za slučaj kad je $3t_0 \leqq t_p \leqq 4t_0$



Sl. 17. Primejr određivanja potrebnih rerativnih rezerva prema kriterju c za slučaj kad je $3t_0 \leqq t_p \leqq 4t_0$

Naslov pisca:
Dr prof. Hrvoje P o ž a r, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Zagreb

SUSTAV DISPEČINGA I DALJINSKOG VOĐENJA MREŽE PROIZVODNJE I PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR HRVATSKOJ

Zorko Cvetković, Mirko Majić, Božidar Radmilović, i Vladimir Matijević,
Zagreb

Ovo je osvrt na organizaciju sustava za dispečersko vođenje i daljinsko upravljanje u SR Hrvatskoj. Opisani su principi primijenjeni u izboru izvođača. Dan je prikaz osnovnog tehničkog rješenja sustava daljinskog vođenja i opreme u Republičkom centru i regionalnim centrima.

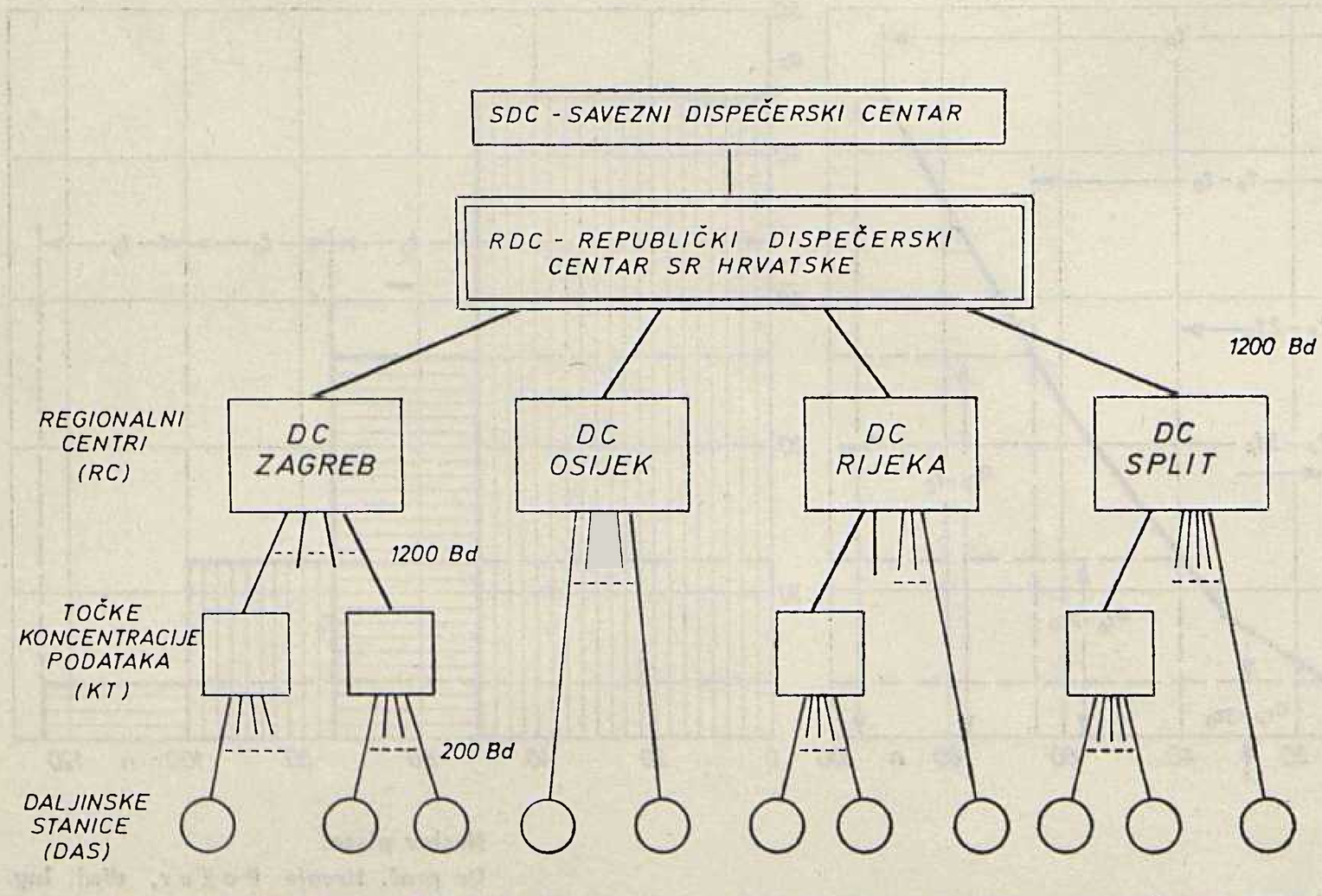
DK 621.316.1

KONCEPCIJA DISPEČERSKO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA i NAČIN IZBORA IZVOĐAČA

Jugoslavija je u posljednjih 30 godina od nerazvijene, pretežno poljoprivredne i ratom razrušene zemlje pokušala naglim razvojem dostići nivo industrijski razvijenih zemalja Evrope. Taj je razvoj osobito vidljiv na području proizvodnje i potrošnje električne energije, kao i u izgradnji sistema za proizvodnju, prijenos i distribuciju.

Navedeni trend izgradnje jugoslavenskog elektroenergetskog sistema imao je za posljedicu niz tehničkih, financijskih, organizacijskih i kadrovskih problema čije rješenje nije bilo uvijek odgovarajuće sinhronizirano. Jedan od tih je nepostojanje odgovarajuće opremljenog dispečerskog sustava za vođenje elektroenergetskog sistema.

U SR Hrvatskoj danas postoje četiri regionalna poduzeća za proizvodnju i prijenos električne energije te više poduzeća za distribuciju, udruženi u Zajednici elektroprivrednih organizacija Hrvatske. Takvoj organizaciji prilagođena je i osnovna koncepcija sustava za dispečersko vođenje i daljinsko upravljanje u SR Hrvatskoj, koji je postavljen u 2 nivoa, i to:



Sl. 1. SDC, RDC i RC kao tri hijerarhijska nivoa u sustavu dispečinga SRH

— Republički dispečerski centar (RDC) s funkcijama nadzora proizvodnje i razmjene električne energije, kao i nadzora prijenosne mreže 220 i 400 kV

— regionalni centri (četiri RC-a) koji su pomoćno-izvršni podcentri republičkog dispečinga, odakle se ujedno vrši daljinsko upravljanje objekata u mreži 400, 220 i 110 kV na njihovu području.

Globalni nadzor cjelokupnog elektroenergetskog sistema Jugoslavije i usklađenje rada republičkih dispečinga vrši se u Saveznom dispečerskom centru (sl. 1).

Za dobivanje idejnog rješenja i ponude za isporuku opreme za Republički dispečerski centar Hrvatske te za sistem za daljinski nadzor i upravljanje postrojenja u prijenosnoj mreži regije Zagreb proveden je u godini 1975—76. licitacijski postupak, pričemu su u pripremi osnovnog materijala za tender znatnu pomoć pružili stručnjaci Francuske elektroprivrede (Electricité de France — EdF).

Prigodom izbora najpovoljnijeg ponuđača posebno su vrednovana ova dva elementa ponude:

— da li je u realizaciji projekta predviđeno aktivno sudjelovanje jedne inozemne renomirane elektroprivredne organizacije

— kakvo je i koliko je sudjelovanje jugoslavenske industrije.

Smatramo da su navedeni elementi veoma važni prigodom izgradnje ovako složenih sistema u jednoj zemlji u razvoju kao što je Jugoslavija danas. Oba uvjeta bila su ispunjena konačnim izborom izvođača koji je izvršen 1976. godine. Realizacija projekta sustava dispečerskog upravljanja i daljinskog vođenja povjerena je francuskoj firmi OFRED i poduzeću »RADE KONČAR« iz Zagreba.

Participacijom jedne renomirane elektroprivredne orga-

nizacije u realizaciji ovog projekta treba da se osigura transfer teoretskog i praktičkog znanja iz područja izgradnje i eksploatacije dispečerskog sistema, kako bi bio pravilno koncipiran te nakon završetka izgradnje operabilan. Od te organizacije očekuje se učešće pri izradi osnovnog rješenja sistema, izradi dijela programa, puštanju sistema u pogon, pomoć pri početnoj eksploataciji, a napose prigodom teoretskog i praktičnog obučavanja osoblja.

Domaću industriju predstavlja poduzeće »Rade Končar«, koje zahvaljujući licencnim odnosima s jednim renomiranim predstavnikom evropske i svjetske industrije — švedskom kompanijom ASEA — u potpunosti proizvodi mikroračunarske sustave daljinskog upravljanja. Poduzeće »Rade Končar« pruža također inženjering usluge za dijelove sustava dispečerskog upravljanja od opreme daljinskog upravljanja u podstanicama do uključivo regionalnih centara, a isporučuje i programsku podršku realnog vremena u ovom dijelu sistema.

Domaći partner treba da se kroz realizaciju ovog projekta osposobi da nakon završetka izgradnje sistema može zajedno s korisnicima samostalno održavati, proširivati i prilagođavati sistem tekućim potrebama.

TEHNIČKO RJEŠENJE I OSNOVNE PERFORMANSE SUSTAVA

Hrvatski Republički dispečerski centar (RDC) i četiri regionalna centra (RC) čine dva hijerarhijska nivoa jugoslavenskog elektroenergetskog sistema, dok je treći nivo zastupljen u Saveznom dispečerskom centru (SCD). Transformatorske stanice, rasklopna postrojenja i hidroelektrane ili termoelektrane, kao daljinske stanice (DAS), priključene su na regionalne centre direktno ili preko koncentracionih točaka (KT). Na području SR Hrvatske opisani sistem obuhvaća oko 100 daljinskih stanica. U slučaju Regionalnog centra Zagreb računa se s oko 7 000 pojedinačnih signala i komandi i oko 500 mjerenja, a oko jedne trećine tih podataka prenosi se u Republički dispečerski centar.

U koncentracionim točkama, koje su smještene u središtu određenih geografskih područja, a većinom su i težišne točke dijelova elektroenergetskog sistema, vrši se skupljanje, razvrstavanje i provjeravanje podataka koji se primaju iz daljinskih stanica i komandi koje se šalju iz centra u daljinske stanice. U koncentracionim točkama se s lokalnih mreža prijenosa podataka male brzine (200 Bd) prelazi na prijenos podataka tipa računalo-računalo uz korištenje srednje brzine prijenosa od 1 200 Bd.

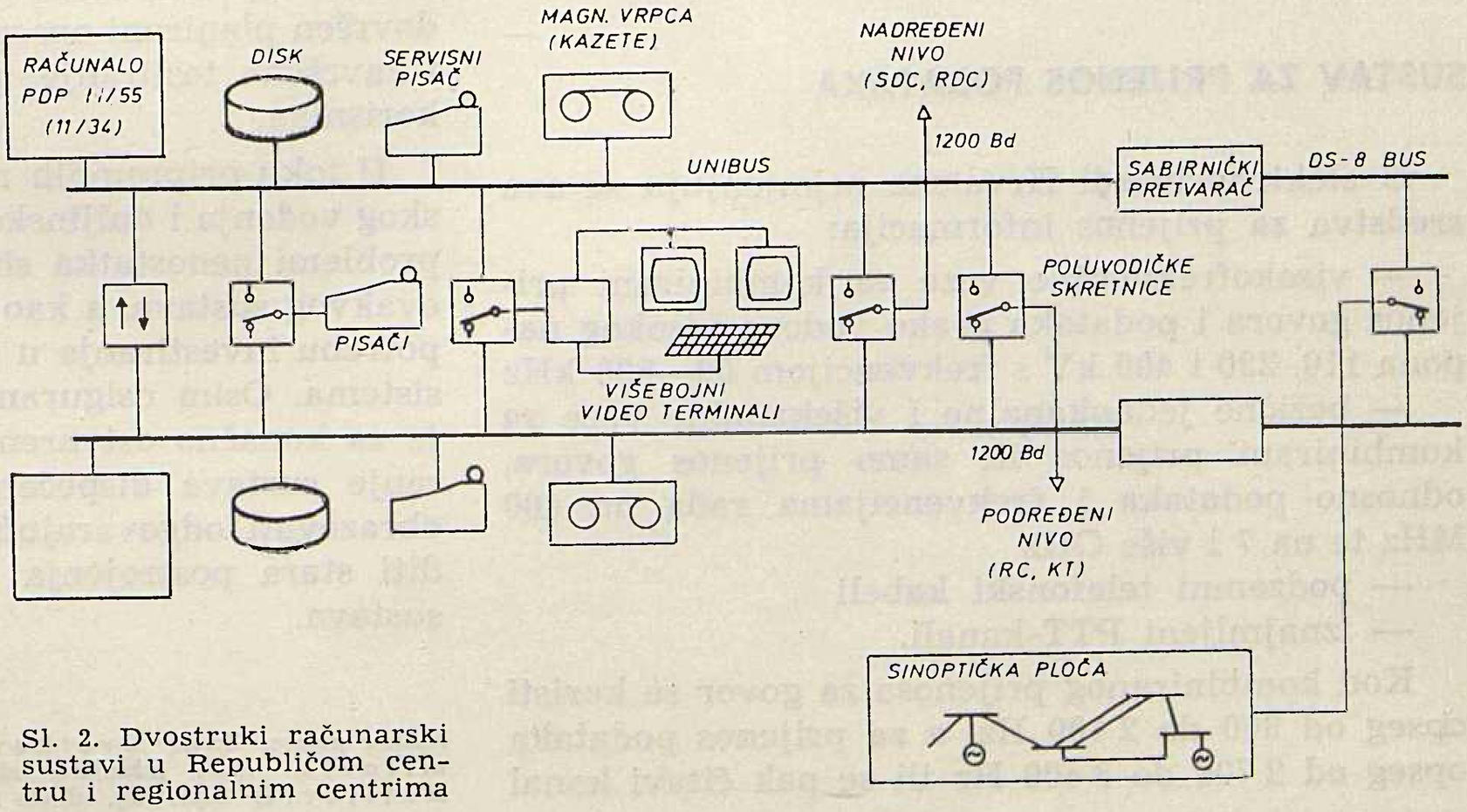
Upravljanje postrojenjem u daljinskim stanicama ne vrši se iz točaka koncentracije, no one mogu s obzirom na geografski smještaj, poslužiti kao centri održavanja. Prilikom puštanja u rad pojedinih dijelova sistema koncentracione točke mogu poslužiti kao provizorno mjesto provjere rada, kako bi se izbjeglo ometanje normalnog pogona regionalnog centra i dijelova sistema koji su već u radu.

Sva četiri regionalna centra povezana su s Republičkim dispečerskim centrom dvostrukom komunikacijom računalo-računalo. Osnovni princip primijenjen na cijeli sustav jest da se udvostruče svi elementi koji bi mogli prouzrokovati gubitak upravljanja nad dva ili više daljinskih objekata. Takav se pristup odnosi na obradu podataka, daljinsko upravljanje, napajanje i prijenosne putove.

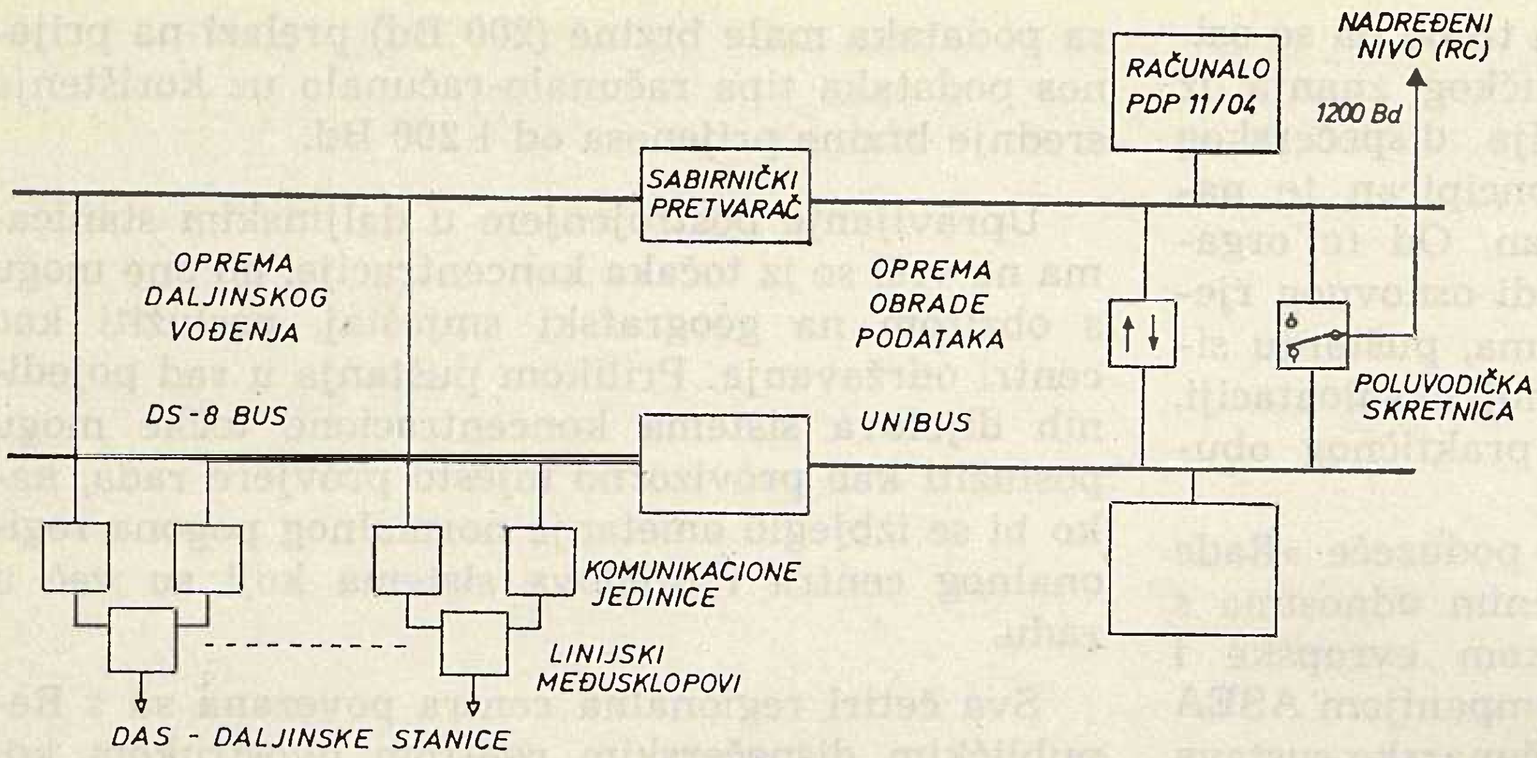
Republički dispečerski centar, regionalni centri i točke koncentracije opremljeni su dvostrukim računarskim sustavima (sl. 2). Konfiguracije u republičkom i regionalnim centrima podržavane su vanjskim disk-memorijama, a one u koncentracionim točkama rade samo s centralnom memorijom. Oba su računala u pogonu, no dok »vodeće« (master) vodi sustav, »prateće« (slave) redovno prima bitne podatke i spremno je da automatski preuzme vođenje sustava u slučaju ispada prvog računala.

Konfiguracija dvostrukog sustava računala takva je da je omogućen pristup periferijskim uređajima od oba računala. Periferijski uređaji iste vrste mogu, dakle, služiti međusobno kao zamjena, pa se postiže veća raspoloživost sustava uz isti broj periferijskih uređaja i izbjegava prebacivanje rada s računala na računalo u slučaju ispada pojedinih periferijskih uređaja.

U centrima su predviđena dva do tri operatorska mjesta za dispečere i daljinsko upravljanje, a svako je mjesto opremljeno tastaturom i dvama vi-



Sl. 2. Dvostruki računarski sustavi u Republičom centru i regionalnim centrima



Sl. 3. Priključivanje daljinskih stanica u regionalnom centru ili koncentracionoj točki

šebojnim video-monitorima. Sinoptička ploča izvedena u mozaik-tehnici daje pregled stanja odgovarajućeg dijela energetskog sistema regije ili republike s naznakom toka energije i uklopnog stanja dalekovoda. Opremljenost periferijskim uređajima manje je u regionalnim centrima nego u Republičkom centru.

Pojedine daljinske stanice ili grupe stanica priključene su preko uređaja prijenosa i telegrafskih kanala na komunikacione jedinice i na informacione sabirnice obaju sustava daljinskog upravljanja (sl. 3). Informacione sabirnice opreme daljinskog upravljanja povezane su preko sabirničkih pretvarača sa sabirnicama računala.

Sva energetska postrojenja uključena u sustav daljinskog vođenja opremljena su daljinskim stanicama, koje čini mikroračunalo s memorijskim, nadzornim, komunikacijskim i ulazno-izlaznim jedinicama za digitalne, analogne i impulsne podatke.

Osim funkcije »realnog vremena«, kao što su akvizicija podataka i upravljanje, u centrima se vrše i neke funkcije »proširenog realnog vremena«, npr. estimacija stanja i analiza sigurnosti, a prateće računalo u Republičkom dispečerskom centru moći će se upotrijebiti i za off-line tehničke i znanstvene zadatke.

SUSTAV ZA PRIJENOS PODATAKA

U elektroprivredi Hrvatske primjenjuju se ova sredstva za prijenos informacija:

— visokofrekventne veze za kombinirani prijenos govora i podataka preko vodova visokog napona 110, 220 i 400 kV s frekvencijom 50—500 kHz

— bežične jednokanalne i višekanalne veze za kombinirani prijenos ili samo prijenos govora, odnosno podataka i frekvencijama rada na 400 MHz te na 7 i više GHz

— podzemni telefonski kabeli

— iznajmljeni PTT-kanali.

Kod kombiniranog prijenosa za govor se koristi opseg od 300 do 2 400 Hz, a za prijenos podataka opseg od 2 700 do 3 400 Hz ili se pak čitavi kanal od 300 do 3 400 Hz koristi za prijenos govora odnono podataka.

Svaki objekt elektroprivrednog sistema povezan je za informacijski sistem jednim ili pomoću više nezavisnih prijenosnih putova, a u funkciji njegova značaja.

U sustavu daljinskog nadzora i upravljanja predviđeno je povezivanje objekata na slijedeći način:

— objekt-koncentraciona točka: jedna kombinirana veza za prijenos govora + 200 Bd kanal za prijenos informacija

— koncentraciona točka — regionalni centar: jedan kanal 1 200/2 400 Bd za prijenos informacija, ali preko dva neovisna prijenosna puta

— regionalni centar — republički dispečerski centar: jedan kanal 1 200 Bd za prijenos informacija, ali preko dva neovisna prijenosna puta.

U sustavu za prijenos informacija posebna pažnja bit će obraćena ovim problemima:

— svi prijenosni putovi morat će biti s visokim stupnjem pouzdanosti

— postizanju visokog stupnja stručnosti na održavanju prijenosnih putova

— izgradnji kvalitetnih vlastitih ili iznajmljivanju drugih (PTT, RTV) kvalitetnih prijenosnih putova na relaciji koncentraciona točka — regionalni centar — Republički dispečerski centar.

PROGRAM IZGRADNJE SUSTAVA I NEKI PROBLEMI REALIZACIJE

Sustav daljinskog vođenja obuhvatit će, prema planu, u prvoj fazi do 1982. god oko 75 elektroenergetskih objekata, a realizacija bi trebala trajati 3—5 godina. U toku 1980. god. treba doći do parcijalnog puštanja u pogon. U toku daljnje tri godine bit će uključeni ostali planirani objekti, te potpuno dovršen planirani opseg s obzirom na funkcije, kao i završeno testiranje, probni pogon i uhodavanje korisnika.

U toku pripremnih radova na sustavu dispečerskog vođenja i daljinskog upravljanja javljali su se problemi nedostatka shvaćanja nužnosti izgradnje ovakvog sustava, a kao posljedica i nepovjerenje u potrebu investiranja u ovaj dio elektroenergetskog sistema. Osim osiguranja sredstava, smatramo da je za konačno ostvarenje i svrsishodno funkcioniranje sustava dispečerskog vođenja bitno važno obrazovati odgovarajući tehnički kadar i prilagoditi stara postrojenja za rad novog suvremenog sustava.

Naslov pisaca: Zorko Cvetković, Mirko Majić, Božidar Radmilović, dipl. inženjeri; »Elektroprenos« — Zagreb i Vladimir Matijević, dipl. ing. »Rade Končar« — Zagreb

POČETAK SISTEMATSKOG MJERENJA INTENZITETA ZAGAĐIVANJA VISOKONAPONSKE IZOLACIJE MORSKOM SOLJU U JADRANSKOM PODRUČJU

Ante Sekso, Zagreb

Na jednom dijelu Jadranske obale uskoro će se pristupiti sistematski mjerenjima zagađenja izolatora. U tu svrhu će biti izgrađena mreža malih ispitnih stanica. U članku su opisane mjerne metode koje su na temelju inozemne prakse izabrane za primjenu u takvim ispitnim stanicama.

DK 621.317

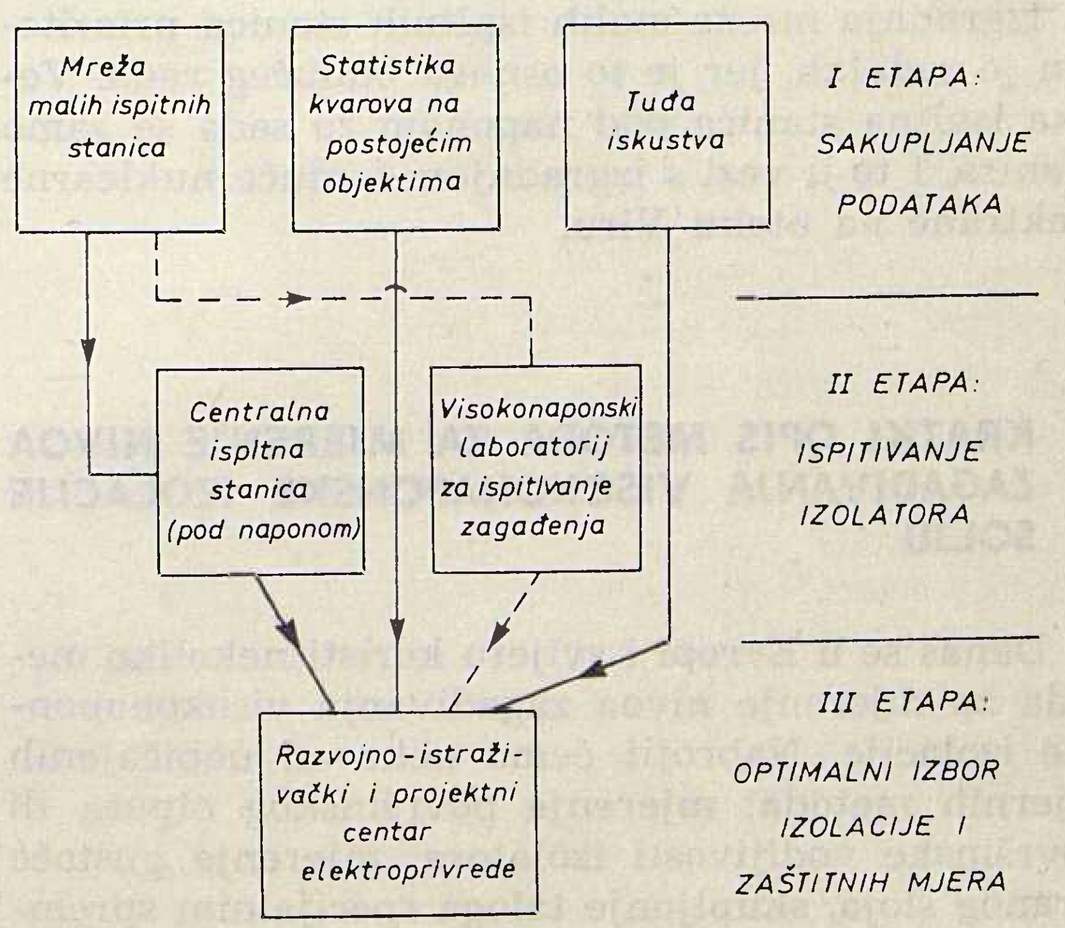
1. UVOD

Optimalno dimenzioniranje izolacije jedno je od najvažnijih pitanja u razvoju prijenosnih sistema najviših napona. Na nivou 380 kV kao vrlo značajan faktor u izboru izolacije javlja se zagađivanje izolacije prirodnog ili umjetnog porijekla. Od prirodnih zagađivača najčešće se javlja morska sol, koja se nošena vjetrom taloži na izolatorima i u određenim vremenskim prilikama pričinja znatne teškoće u održavanju izolacionog nivoa. Te su teškoće u našem obalnom području prisutne praktički na svim naponskim nivoima od 35 do 220 kV. Teškoće nisu svuda jednake, već variraju u ovisnosti o razini zagađivanja solju. Danas je u svijetu prihvaćena praksa mjerenja nivoa zagađivanja kao prvi korak u izboru optimalnih zaštitnih mjera.

Neposredan razlog što smo se i mi odlučili na početak sistematskog mjerenja nivoa zagađivanja morskom solju jest planirana izgradnja nuklearne elektrane na otoku Viru kraj Zadra i pripadnih vodova i postrojenja napona 380 kV. Spomenuta lokacija izabrana je zbog nekoliko prioritetnih razloga, ali je istovremeno upravo područje Zadra izloženo prilično intenzivnom zasoljavanju. Zbog toga je odlučeno da se formira radna grupa za praćenje utjecaja soli na visokonaponsku izolaciju. U grupi su predstavnici zainteresiranih organizacija »Elektroprivrede Dalmacije«, »Elektroprenosa« — Split, »Elektre« — Zadar i Instituta za elektroprivredu iz Zagreba. Zaključeno je da je planirana mjerenja potrebno provoditi nekom od metoda koje se već duže vrijeme koriste u Evropi. Institut je na osnovi engleske i talijanske prakse izradio studiju (L. 2) u kojoj je definirana metodologija budućih mjerenja i obrade rezultata. U osnovi radi se o vrlo jednostavnim mjernim postupcima, koji se u budućnosti mogu proširiti na cijelu našu obalu, pa i šire. Radi potpunosti treba kazati da su i do sada vršeni neki pokušaji mjerenja intenziteta zasoljavanja u nekim elekrtoprivrednim organizacijama na našoj obali (posebno »Elekrtoprimorju« — Rijeka, a zatim »Elektroprenosu« — Split i možda još negdje). Međutim, radilo se uglavnom o pojedinačnim pokušajima da se kvantificira taloženje morske soli, a uz to treba reći da nisu bile primijenjene metode koje su danas uobičajene u svijetu. Značaj ove naše akcije je u tome što se prvi put uvode u našu praksu provjerene metode za sistematska mjerenja intenziteta zagađivanja visokonaponske izolacije.

2. KONCEPCIJA MJERENJA NIVOA ZAGAĐIVANJA POMOĆU MREŽE MALIH ISPITNIH STANICA

Najekonomičniji izbor visokonaponske izolacije u uvjetima atmosferskog zagađenja pretpostavlja niz predradnji, koje su shematski predstavljene u blok-dijagramu na sl. 1. Mjerenje nivoa zagađenja najvažniji je dio posla u početnoj etapi rješavanja problema. Potrebno je u prvom redu izabrati provjerene i relativno jednostavne mjerne metode. Zatim treba izgraditi mrežu malih i jednostavnih ispitnih stanica u području koje se promatra. Mjerenja se moraju obavljati prema točno utvrđenom postupku, uporno i sistematski kroz dulje vremensko razdoblje. Da bi se dobili dovoljno reprezentativni podaci, potrebno je da se mjerenja provode najmanje u razdoblju od 2 do 3 godine. Nakon toga se rezultati prikupe i statistički obrade obično u jednom razvojno-istraživačkom centru



Sl. 1. Način rješavanja problema zagađenja izolatora

elektroprivrede koji vodi i sinhronizira cijelu akciju. Kao rezultat obrade dobije se za svako mjerno mjesto nivo zagađivanja izražen pomoću jednog od parametara zagađivanja uz određenu vjerojatnost. Ti podaci su osnova za usporedbu s ispitivanjem različitih vrsta realnih izolatora u ispitnoj stanici pod naponom smještenoj u prirodnim uvjetima ili u laboratoriju s umjetnim zagađivanjem.

Ispitivanje ponašanja realnih izolatora pod naponom u uvjetima zagađivanja predstavlja drugu etapu ili nivo u rješavanju kompleksne problematike zagađivanja izolacije. Kao rezultat tog ispitivanja dobiju se karakteristike različitih izolatora (podnosivi naponi koji se javljaju s vjerojatnošću od 50% i 97,5% itd.) u ovisnosti o stupnju zagađivanja (izraženog u mg/cm², g/l i sl.). Kad se odrede takve karakteristike, vrlo je važno raspolagati i točnim podacima o stupnju zagađenja za svaku zanimljivu lokaciju. Tada je moguć vrlo jednostavan izbor izolacije za pretpostavljenu sigurnost od preskoka. Na taj način je ukratko opisan cjelokupan postupak od mjerenja stupnja zagađivanja do izbora izolacije. Kako je na dijagramu na sl. 1. prikazano, vrlo korisno je poslužiti se pogonskim podacima o postojećim podacima vodova i postrojenja koji se nalaze u promatranom području, kao i iskustvima drugih, čiji se sistemi nalaze u sličnim uvjetima kontaminacije.

Teško je očekivati da će se kod nas u dogledno vrijeme moći realizirati cjelokupan opisani program ispitivanja. To se posebno odnosi na drugu etapu, gdje bi u idealnom slučaju trebalo raspolagati sa ispitnom stanicom za ispitivanje izolatora u prirodnom ambijentu, kao i laboratorijem za metodu slane magle. Prema mišljenju evropskih stručnjaka jedan minimalni program trebao bi da sadrži ove etape:

1. izgradnju mreže malih ispitnih stanica bez napona,
2. izgradnju jedne terenske ispitne stanice pod naponom,
3. vođenje točne statistike kvarova na elektroenergetskim objektima u promatranom području.

Izgradnja mreže malih ispitnih stanica prioritetan je zadatak, jer je to osnova budućeg rada. Velika ispitna stanica pod naponom za sada se samo planira, i to u vezi s izgradnjom buduće nuklearne elektrane na otoku Viru.

3. KRATKI OPIS METODA ZA MJERENJE NIVOA ZAGAĐIVANJA VISOKONAPONSKE IZOLACIJE SOLJU

Danas se u Evropi i svijetu koristi nekoliko metoda za mjerenje nivoa zagađivanja visokonaponske izolacije. Nabrojit ćemo neke od uobičajenih mjernih metoda: mjerenje površinskog otpora ili površinske vodljivosti izolatora, mjerenje gustoće stranog sloja, skupljanje taloga specijalnim spremnicima, uzimanje atmosferskih uzoraka, upotreba indikatora za pranje pod naponom, mjerenje maksimalnih struja odvoda na izolatoru itd. Većina ovih različitih metoda razvijena je u skladu s onom laboratorijskom metodom na koju se ovakva mjerenja nadovezuju. Tako se npr. u evropskoj metodi slane magle kao mjera ili parametar nivoa zagađivanja koristi podnosivi salinitet slane magle izražen u gramima soli po litri otopine (g/l). U japanskoj varijanti metode slane magle kao parametar zagađivanja koristi se tzv. ekvivalentna gustoća slanog sloja izražena u miligramima soli na jedinicu površine izolatora (mg/cm²), dok se u metodi krutog sloja koristi površinska vodljivost (μS).

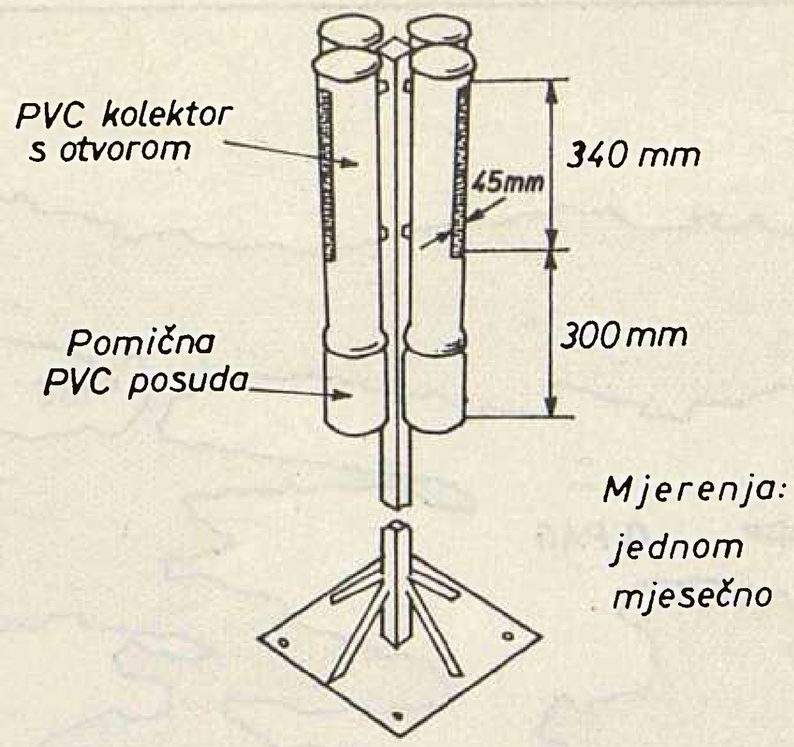
Razvijeni su postupci pomoću kojih se mogu dovesti u vezu pojedini različiti parametri zagađivanja. Na primjer, površinska vodljivost (μS) može se za različite tipove izolatora pretvoriti u odgovarajući salinitet magle u slanoj komori itd. Međutim, ipak se povoljno koristiti onom metodom mjerenja stupnja zagađivanja koja je najbliža mjernim postupcima u laboratoriju ili u ispitnoj stanici u prirodi.

Prethodni zaključak smatrali smo jednim od osnovnih kriterija u izboru najpovoljnijih mjernih metoda za primjenu u nas. Također smo imali na umu veći broj mjernih mjesta, pa je mjerna oprema morala biti što jeftinija, a metoda što jednostavnija. Nadalje smo odlučili na nekim najinteresantnijim lokacijama mjerenje provoditi dvama različitim metodama radi mogućnosti usporedbe. Navedene zahtjeve najbolje ispunjavaju metoda usmjerenog sakupljača i metoda mjerenja gustoće taloga pranjem izolatorskog lanca. Obje se metode često primjenjuju već niz godina u mnogim primorskim zemljama. Posebno se mnogo koriste tzv. usmjereni sakupljači taloga iako se u osnovi radi o jednoj meteorološkoj metodi. Ovu metodu smo usvojili kao osnovnu metodu mjerenja i nju ćemo provoditi na svim mjernim mjestima. Pranjem izolatorskog lanca koristit ćemo se samo kao dopunskog metodom na nekoliko najinteresantnijih mjernih mjesta. Ta metoda ima određene prednosti jer daje podatke o taloženju soli na stvarnim izolatorima. U daljnjem ćemo tekstu ukratko opisati obje mjerne metode.

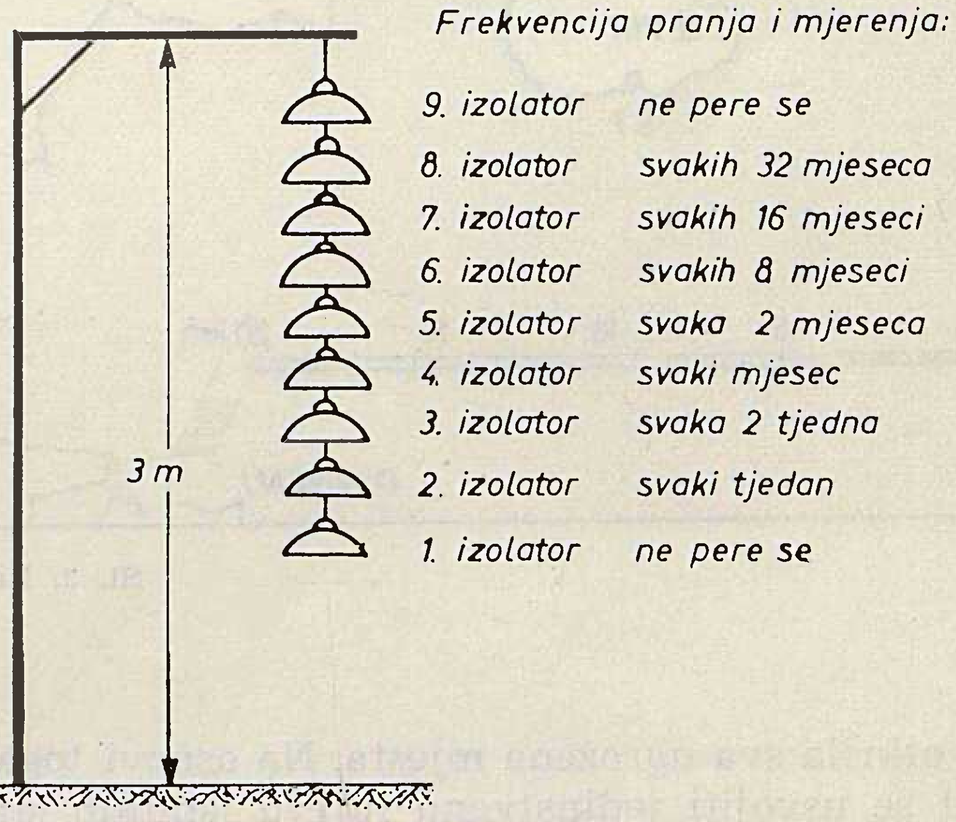
U s m j e r e n i s a k u p l j a č t a l o g a je jednostavan uređaj prikazan na sl. 2.a. Kroz vertikalne otvore ulaze male čestice zagađenja nošene vjetrom. Pri konstrukciji se pošlo od toga da jedan visokonaponski izolatorski lanac ima općenito red veličine veću projekciju u vertikalnoj ravnini od projekcije u horizontalnoj ravnini. Otuda je logičnije sakupljati čestice koje se talože s vjetrom nego velike čestice na koje više djeluje gravitacija. Zagađivač (npr. morska sol) skuplja se u četiri kolektora, a svakih mjesec dana mjeri se tzv. normalizirana vodljivost otopine volumena 0,5 l. Otopina se sastoji od skupljenog taloga i dodane destilirane vode vrlo niske specifične vodljivosti (ispod 5 μScm^{-1}). Vodljivost se mjeri u sva četiri kolektora, a prosječna vrijednost se koristi za procjenu nivoa zagađivanja.

Iskustvo iz nekoliko primorskih zemalja pokazuje da srednje vrijednosti normaliziranih vodljivosti u jednom vremenskom razdoblju obično poprimaju logaritamsku normalnu razdiobu. Prema tome crtanje logaritma srednje vodljivosti u koordinatnom sistemu »logaritam vodljivosti — vjerojatnost« daje kao krivulje razdiobe pravce. Na taj način se lako očitaju 50%-tne i 97,5%-tne vrijednosti prosječnih vodljivosti, koje su odabrane kao dvije karakteristične vrijednosti. 50%-tna vrijednost predstavlja prosječno zagađivanje u promatranom periodu. Preskoci se najčešće događaju u razdobljima s izrazito jakim zagađivanjem kojem odgovara oko 97,5% kumulativne vjerojatnosti logaritamskih normaliziranih vodljivosti koje su izmjerene u razdoblju od najmanje dvije godine. Ova vodljivost, koja se javlja s vjerojatnošću od 97,5%, dovodi se u korelaciju s podnosivim i preskočnim naponima izolatora koji se ispituju pod naponom u centralnoj ispitnoj stanici.

Mjerenje gustoće naslage pranjem izolatora već se dugo primjenjuje u Japanu, a u posljednje vrijeme i u nekim evropskim zemljama. Izolatorski lanac od 9 članaka izloži se u beznaponskom stanju prirodnom taloženju stranih čestica. U određenim vremenskim razmacima (vidi sl. 2.b) pojedini izolatorski članci peru se određenom količinom destilirane vode. Zatim se mjeri vodljivost otopine, a iz toga je moguće odrediti postotak težine NaCl u otopini. Budući da je volumen otopine poznat (0,5 l) može se odrediti apsolutni iznos težine soli (u mg) na ispitivanom izolatoru. Dijeli li se poznatom površinom izolatora, dobije se konačno traženi podatak, tj. ekvivalentna gustoća slane naslage izražena u mg/cm². Vrijednost ekvivalentne gustoće naslage NaCl, koje se prikupe u jednom periodu vremena, služe kao osnova za uspoređivanje s vrijednostima dobivenim u ispitnim stanicama u kojima se izolatori ispituju pod naponom. Isti se parametar (mg/cm²) može upotrijebiti u pokusima umjetnog zagađivanja u slanoj komori. Potrebno je napomenuti da je neobično važno pratiti vremenski tok stvaranja slane naslage na izolatoru. Različita frekvencija pranja pojedinih izolatorskih članaka u lancu služi upravo u tu svrhu.



a) Usmjereni sakupljač taloga



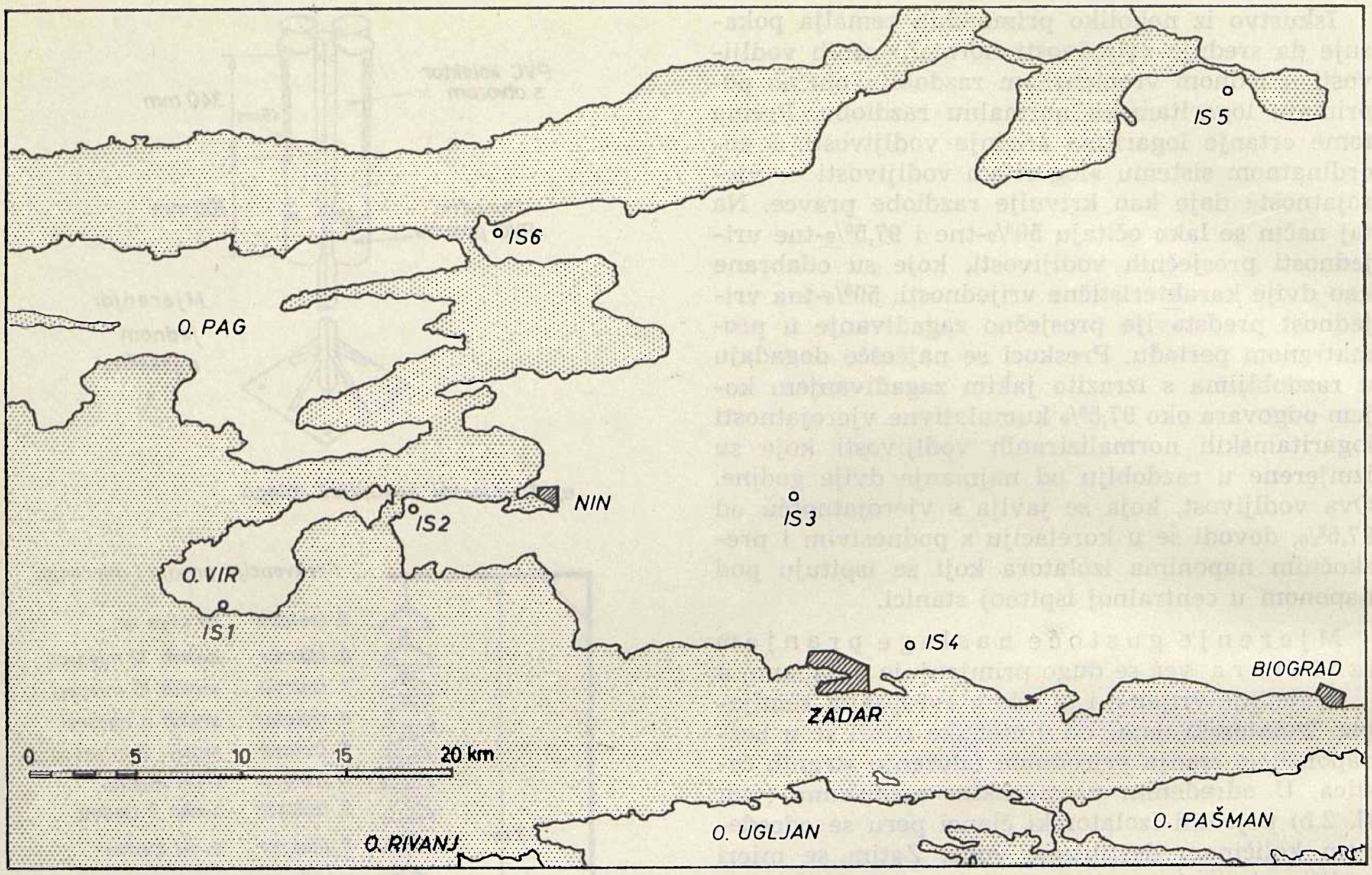
b) Ispitni lanac sa 9 elemenata

Sl. 2. Uređaji za mjerenje nivoa zagađivanja morskom solju

4. IZBOR LOKACIJA I OPREME MALIH ISPITNIH STANICA

Na sl. 3. prikazan je približan raspored budućih malih ispitnih stanica u okolici Zadra. U ovoj etapi mjerenjem će biti obuhvaćeno šest najinteresantnijih lokacija. Na svima njima će se mjeriti skupljanje atmosferskog taloga usmjerenim spremnikom. Zbog svoje jednostavnosti ova je metoda usvojena kao osnova za procjenu nivoa zagađivanja. Na tri najinteresantnija mjerna mjesta dodatno će se provoditi nešto skuplja, ali električki gledano interesantnija metoda pranja izolatorskog lanca. Naime, ta metoda daje podatke o stvaranju naslaga NaCl na stvarnim izolatorima, iako u beznaponskom stanju. Najinteresantnije lokacije su NE Vir (Ispitna stanica IS1), prijelaz kopno-Vir (IS2) i TS 380 kV Zadar (IS3). Tu će biti smješteni objekti buduće mreže 380 kV u vezi s nuklearnom elektranom. Predviđa se da će negdje oko lokacije IS5 prolaziti budući vod 380 kV kojim će se TS 380 kV Zadar povezati s ostalom mrežom. Ostala dva mjerna mjesta smještena su pokraj sadašnjih objekata. Mjerno mjesto 4 je postojeća TS 110/35 kV Zadar, a za mjerno mjesto 6 je zainteresirana Elektra Zadar zbog susjednih distributivnih vodova.

Već sada postoji interes da se ovakvim ili sličnim mjerenjima obuhvati mnogo više postrojenja ili dionica vodova koji su izloženi posolici. Elektroprivredna poduzeća Dalmacije, koja su inicijator ovih mjerenja, zainteresirana su da se mreža malih ispitnih stanica proširi. Međutim, prije toga je potrebno riješiti neka pitanja. U prvom redu potrebno je da se na spomenutih 6 ispitnih stanica steknu određena iskustva u provođenju mjerenja i donesu ocjene efikasnosti mjernih metoda u našim uvjetima. Nadalje potrebno je da se napravi jedna anketa u poduzećima na jadranskoj obali kako bi



Sl. 3. Lokacije ispitnih stanica

se otkrila sva ugrožena mjesta. Na osnovi toga trebat se usvojiti jedinstvenu mrežu ispitnih stanica uzduž čitave obale. Mjerenja bi se morala voditi po jedinstvenoj metodologiji, a rezultat centralno skupljati radi obrade i daljnjeg korištenja. Konačno, potrebno je prije masovnijeg korištenja spomenutih ili sličnih mjernih metoda pronaći domaćeg proizvođača mjerne opreme.

Još ćemo kazati nekoliko riječi o opremi ovakvih malih ispitnih stanica i o njihovu izgledu. U svim ispitnim stanicama bit će postavljen po jedan usmjereni skupljač s kolektorima okrenutim prema četiri glavne strane svijeta. U IS1, 2 i 3 bit će dodatno postavljen po jedan lanac od 9 antifog-izolatora. Ovjesište lanca mora biti na najmanjoj visini od 3 m. Može se izgraditi posebni noseći stup ili koristiti dio starog distributivnog stupa. Mjernoj opremi pripada mjerač vodljivosti s mogućnošću temperaturne korekcije, menzura, termometar, boca s destiliranom vodom, vata i veća otvorena plastična posuda. Institut je izradio za svaku mjernu ekipu posebne formulare za ispisivanje rezultata.

Na kraju treba kazati nešto i o izgledu budućih malih ispitnih stanica. Svaka stanica mora biti zaštićena ogradom od žičane mreže visine 2,5 m. Da bi se smanjio utjecaj na strujanje zraka, ograda ne smije biti bliža od 2 m mjernim uređajima. Ako su u stanici dva mjerna uređaja, onda zbog istog razloga među njima mora biti razmak od barem 3 m. Izolatorski lanac ne smije biti zaklonjen nosećom konstrukcijom u smjeru iz kojeg se očekuje glavni izvor zagađenja. U jednoj od ispitnih stanica predvidjet će se nešto više prostora za smještaj dodatnih meteoroloških instrumenata.

Mjerenja nivoa zagađenja ovakvom mrežom malih ispitnih stanica počet će se obavljati u proljeće ove godine, a prve obrade rezultata uslijedit će za oko pola godine. Kompletan program mjerenja zahtijevat će jedan rok od 2 do 3 godine. Nakon toga moći će se zaključiti stvarni nivo zagađivanja morskom solju u promatranom području i neke karakteristike stvaranja stranih naslaga na izolatorima.

LITERATURA

1. Sekso: Posolica na izolaciji postrojenja i vodova visokih napona, Elaborat Instituta za elektroprivredu, br. 2253, Zagreb, 1976.
2. Sekso: Program i upute za mjerenje intenziteta zagađivanja izolacije morskom solju, Elaborat Instituta za elektroprivredu br. 2333, Zagreb, 1978.
3. Lambeth, Stalewski: Review of Methods of Measuring Site Pollution Severity from the Point of View of Insulator Flashover, IEE Conference Publication № 94 (Part I) 1973.
4. Houlgate: Insulators Pollution Severity Measurements, CERL, Leatherhead 1977.
5. Cheng: Načini proučavanja zaprljanosti izolatora, Studija MIS, Tema T7, Dodatak B, Beograd, 1978.

Naslov pisca:
Ante Sekso, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu u Zagrebu

SMJERNICE ZA OSIGURANJE KVALITETE PRI GRADNJI TERMOENERGETSKIH OBJEKATA (II DIO)

Vladimir B r a d a č, Zagreb

U članku se daju osnovne smjernice za osiguranje kvalitete pri gradnji termoenergetskih objekata, i to u fazi projektiranja, dobave i proizvodnje te ugradnje opreme za termoenergetske objekte.

DK 621.311.22.004

4. OSIGURANJE KVALITETE U FAZI DOBAVE I PROIZVODNJE

4.1. Općenito

Kompleksnost termoenergetskih objekata nalaže velik broj aktivnosti koje moraju biti obavljene u toku raznih faza izgradnje. Među tim aktivnostima značajno mjesto zauzima dobava opreme i usluga. Svaka glavna faza zahtijeva dobavu koja će odgovarati posebnim potrebama i koja će osigurati opremu ili usluge u skladu sa zahtjevima primjenjive regulative. Primjeri vrsta dobava u toku izgradnje jesu:

— usluge projektiranja
— lokacijski istražni radovi
— proizvodnja i ispitivanje glavne opreme
— građevni radovi
— montažni radovi
— provedba bezrazornih ispitivanja i laboratorijskih analiza
— proizvodnja ostale opreme
— razne konzalting usluge
— pretpogonska funkcionalna ispitivanja
— garantna ispitivanja.

Spomenute usluge i oprema koje treba dobaviti su navedeni kao primjer i ni u kom slučaju nisu i jedine već imaju za svrhu da se prikaže širina i raznolikost dobave. Također treba imati na umu da navedene vrste dobave nisu međusobno odvojene po opsegu i vremenu, već može biti i znatnih preklapanja, što daje još veću važnost procesu dobavljanja.

Dobava se može kategorizirati po fazama izgradnje objekta, ali i po subjektu dobave, npr.: opreme, usluge, montažni radovi, sveukupni radovi ili kombinacija navedenog. Takva kategorizacija može pomoći pri određivanju zahtjeva za osiguranje kvalitete u dobavnoj dokumentaciji. Tako dobava svih usluga, bez obzira o kakvoj se usluzi radi, ima određene zahtjeve za osiguranje kvalitete zajedničke, dok zahtjevi za osiguranje kvalitete pri dobavi opreme mogu biti sasvim različiti.

4.2. Termini i definicije

1. D o b a v l j a č. Svaka organizacija vezana ugovorom za isporuku određenih elemenata ili usluga. Ovaj termin uključuje i termine kao što su isporučilac, ugovarač, proizvođač, prodavač i njihove podnivoe gdje je primjenljivo.

2. D o b a v n a d o k u m e n t a c i j a. Ugovorom propisana dokumentacija koja identificira i definira zahtjeve kojima elementi ili usluge moraju udovoljiti da bi bili prihvaćeni od kupca.

3. I n s p e k c i j a. Faza kontrole kvalitete u kojoj se uz pomoć ispitivanja, promatranja ili mjerenja određuje usklađenost materijala, komponenti, dijelova sistema, procesa ili struktura s unaprijed određenim zahtjevima za kvalitetu.

4. I s p i t i v a n j e. Određivanje ili verifikacija sposobnosti komponente da udovolji specificiranim zahtjevima. Provodi se izvrgavanjem komponente fizičkim, kemijskim ili radnim uvjetima.

5. K o n t r o l a k v a l i t e t e. Akcije osiguranja kvalitete vezane za mjerenje i kontrolu karakteristika nekog elementa, procesa ili postrojenja prema utvrđenim zahtjevima.

6. K u p a c. Organizacija odgovorna za izdavanje i administraciju ugovora, podugovora ili naloga za kupnju.

7. N a d z o r. Fizička prisutnost s ciljem da se na temelju promatranja određene aktivnosti ustanovi provodi li se ona na specificirani način.

8. P o s t u p a k. Dokument koji specificira ili opisuje kako neka aktivnost treba biti provedena. Postupak može uključivati metode koje treba upotrijebiti i redoslijed operacija.

9. U s l u g e. Aktivnosti koje provodi dobavljač kao što su projektiranje, inspekcije, bezrazorna ispitivanja, popravci ili ugradnja (montaža).

4.3. Opseg zahtjeva za osiguranje kvalitete

Zahtjevi za osiguranje kvalitete treba da budu primjereni određenom tipu opreme ili usluge koju treba dobaviti. Određena oprema ili usluge mogu zahtijevati opsežne kontrole kroz sve faze rada dok druga traži samo ograničene kontrole u izabranim fazama rada. Faktori koji određuju opseg zahtjeva za osiguranjem i kontrolom kvalitete jesu:

1. U t j e c a j n e i s p r a v n o g r a d a i l i i s p a d a k o m p o n e n t e p o s i g u r n o s t i p o u z d a n o s t p o g o n a e l e k t r a n e. Za svaku komponentu opreme koja se dobavlja treba utvr-

diti da li je ili nije važna za siguran i pouzdan rad elektrane. Za one komponente za koje je ustanovljeno da su bitne za siguran i pouzdan rad elektrane treba u dobavnoj dokumentaciji specificirati maksimum primjenljivih zahtjeva za osiguranje kvalitete. Određivanje važnosti komponenata treba izvršavati organizacija koja je izradila glavni projekt i koja je specificirala projektne zahtjeve za komponente.

2. Složenost i jedinstvenost komponente. Opseg kontrola potrebnih da bi se osigurala kvaliteta opreme, tj. onih njezinih karakteristika koje su neophodne za ispravno funkcioniranje i dugotrajan pouzdan rad, može uveliko ovisiti o složenosti komponente i iskustvu industrije u proizvodnji takve opreme. Ako je potrebno razviti novi proizvod, što uključuje i projektiranje, treba u zahtjeve za osiguranje kvalitete navedene u dobavnoj dokumentaciji uključiti i zahtjeve primjenljive na projektiranje. Komponente koje traže složeni proizvodni proces mogu zahtijevati i opsežniju kontrolu važnih karakteristika. Tu kontrolu treba proširiti i izvan same proizvodnje na aktivnosti kao što su pakovanje, manipulacija, transport i skladištenje kako bi se spriječila oštećenja odnosno degradacija postignute kvalitete. U određivanju opsega mjera za osiguranje kvalitete mora se razmotriti i dosadašnje iskustvo u proizvodnji takvih ili sličnih komponenata. Komponenta koja se izrađuje prvi put (prototip) zasigurno iziskuje veći opseg kontrola nego ona koja se pokazala više puta uspješnom u upotrebi.

3. Potreba za specijalnim kontrolama i nadzorom procesa i opreme. Pri proizvodnji pojedinih komponenata koriste se i specijalni procesi kao što su: zavarivanje, ispitivanje bez razaranja, toplinske obrade, tlačne probe, zaštitne prevlake i sl. Takvi se procesi moraju odvijati u posebno kontroliranim uvjetima. Ti uvjeti uključuju upotrebu posebne opreme, pogodne uvjete okoline, kvalificirano osoblje, precizne postupke rada, kao i načine da se osigura udovoljenje tim uvjetima.

4. Stupanj do kojega se funkcionalnost komponente može dokazati inspekcijama i ispitivanjima. Kvaliteta određene karakteristike neke komponente može se dokazati pogodno izabranim inspekcijama ili ispitivanjima. U takvim slučajevima može se smanjiti kontrola u toku proizvodnje, jer se na temelju određene inspekcije ili ispitivanja može s dovoljnom vjerojatnošću zaključiti o kvaliteti proizvoda. Granični slučaj je ispitivanje konačnog proizvoda koje može pokazati stupanj usklađenosti s postavljenim zahtjevima i na taj način potpuno eliminirati kontrole u toku proizvodnje.

5. Stupanj standardizacije komponente i reputacija proizvođača. Mogućnost da se zahtjevi za osiguranje kvalitete pojedine komponente odrede na temelju reputacije njezina proizvođača ovisi i o stupnju standardizacije same komponente. Ako proizvođač proizvodi određenu komponentu kao standardnu kroz duže razdoblje i ta se komponenta kroz upotrebu pokazala kvalitetnom, mogu se zahtjevi za osiguranje kvalitete svesti na jedan jedini zahtjev: zadovoljenje namjene. Naprotiv, ako se na temelju upotrebe komponenti istog tipa ustanovi da određena karakteristika ne zadovoljava, potrebno je specificirati dodatne zahtjeve za osiguranje kvalitete kako bi se nedostatak uklonio.

4.4. Priprema dobavne dokumentacije

Investitor se treba pobrinuti da se u dokumentaciju za dobavu opreme ili usluga uključe primjenljivi zahtjevi zakona, standarda, projekta i ostali koji su nužni da se osigura kvaliteta dobavljene opreme ili usluga. Umjesto toga mogu se u dobavnoj dokumentaciji navesti standardi ili zakoni prema kojima treba opremu ili uslugu izvesti, a pri tome treba specificirati izdanje koje se mora primijeniti.

Sadržaj dobavne dokumentacije treba obuhvaćati:

1. Opseg dobave. Treba navesti opseg poslova koje će obaviti dobavljač.

2. Tehničke zahtjeve. U dobavnoj dokumentaciji treba navesti tehničke zahtjeve kojima treba dobava udovoljiti, a to pozivanjem na određene crteže, specifikacije, zakone, standarde, postupke ili uslugu koja treba biti isporučena. Dobavna dokumentacija treba također identificirati zahtjeve za ispitivanja, inspekcije i preuzimanje s navedenim kriterijima prihvaćanja i sve posebne zahtjeve za aktivnosti kao što su projektiranje, identifikacija, proizvodnja, čišćenje, montaža, pakovanje, manipulacija, transport ili skladištenje kroz duži period. Svi ti tehnički zahtjevi i dokumenti trebaju biti pripremljeni u fazi projektiranja i kontrolirani prema smjernicama za osiguranje kvalitete u toku projektiranja.

3. Zahtjeve osiguranja kvalitete. Od dobavljača treba zahtijevati da pripremi i dostavi na komentar svoj program osiguranja i kontrole kvalitete u toku proizvodnje opreme ili vršenja usluga. Program treba sadržavati osnovne načine kojima se osigurava kvaliteta, kao i detaljnje upute prema kojima se kontrolira kvaliteta.

Od dobavljača treba također zahtijevati da primjenljive zahtjeve za osiguranje kvalitete uključi i u dobavnu dokumentaciju svojim poddobavljačima.

4. Pravo pristupa i prisustvovanja ispitivanjima. U svim nivoima dobave dobavna dokumentacija treba definirati, ako je primjenljivo, pravo pristupa kupca ili njegova ovlaštenog predstavnika u prostorije i k dokumentaciji dobavljača sa svrhom provjera, inspekcija i prisustvovanja ispitivanjima. Potrebno je navesti za koja ispitivanja se zahtijeva prisutnost kupca, kao

i način i vrijeme obavještavanja kupca o terminu ispitivanja.

5. Zahtjeve za dokumentaciju. Dobavna dokumentacija treba definirati dokumentaciju koju je dužan isporučiti dobavljač uz opremu ili uslugu uključujući i zapise o osiguranju kvalitete koji podliježu pregledu ili ovjeri kupca. Vrijeme isporuke dokumentacije treba također biti navedeno. Treba biti propisano i vrijeme čuvanja dokumentiranih dokaza o usklađenosti sa zahtjevima dobavne dokumentacije, koji neće biti dostavljeni kupcu.

6. Neusklađenosti. Dobavna dokumentacija treba sadržavati klauzulu o izvještavanju kupca i kupčevu odobravanju eventualnih neusklađenosti sa zahtijevima dobavne dokumentacije.

Pripremljenu dobavnu dokumentaciju treba prije slanja potencijalnim dobavljačima, sa zahtjevom za ponudu ili ugovaranje, pregledati da se ustanovi jesu li obuhvaćene sve mjere koje će osigurati da oprema ili usluga udovolji postavljenim zahtjevima.

Promjene u dobavnoj dokumentaciji koje su rezultat vrednovanja ponuda ili pregovora s dobavljačima treba pregledati da se ustanovi njihov utjecaj na opremu ili uslugu. Pri pregledu treba uzeti u obzir:

— zahtjeve navedene u točkama 1—6
— eventualne modifikacije projektnih kriterija nastale nakon pripreme dobavne dokumentacije
— promjene tražene od dobavljača te analizu njihova utjecaja na smisao dobavne dokumentacije ili kvalitetu opreme ili usluga koje treba isporučiti.

Pregled treba obavljati osoblje koje raspolaže potrebnim informacijama i koje razumije zahtjeve i smisao dobavne dokumentacije.

4.5. Vrednovanje i izbor dobavljača

Izbor potencijalnih dobavljača treba biti zasnovan na vrednovanju njihovih sposobnosti da isporuče opremu ili izvrše uslugu u skladu sa zahtjevima dobavne dokumentacije. Metode koje se koriste pri izboru potencijalnih dobavljača (onih od kojih će se zatražiti ponuda za isporuku opreme ili vršenje usluga) obično uključuju:

1. vrednovanje tradicije dobavljača na polju proizvodnje ili vršenja usluga za koje se traži ponuda,

2. dosadašnje iskustvo ili iskustvo prethodnih korisnika iste ili slične opreme ili usluga s proizvodima potencijalnih dobvaljača,

3. referentnu listu opreme ili usluga koje je dobavljač isporučio drugim kupcima s podacima o ponašanju opreme u upotrebi,

4. ekipiranost dobavljača odgovarajućim kvalificiranim osobljem,

5. opremljenost dobavljača i odnos rukovodstva prema kvaliteti,

6. pregled i vrednovanje dobavljačevog programa za osiguranje i kontrolu kvalitete.

Ako ne postoji dosadašnje iskustvo s potencijalnim dobavljačem ili je potencijalni dobavljač usvojio nov proizvod, treba od njega tražiti da dostavi određene dokaze (crteže, proračune, podatke) o svojim mogućnostima da udovolji specificiranim zahtjevima.

Nakon izbora potencijalnih dobavljača pristupa se traženju ponuda za isporuku opreme ili usluga prema dobavnoj dokumentaciji. Nakon primitka ponuda provodi se njihovo vrednovanje koje, zavisno od vrste dobave, obuhvaća:

— tehničke aspekte ponude
— zahtjeve za osiguranjem kvalitete
— istražne i razvojne radove pri proizvodnji
— kvalificiranost dobavljačevog osoblja
— dobavljačeve mogućnosti proizvodnje
— dobavljačeve dosadašnje radove
— alternative
— odstupanja od dobavne dokumentacije.

Ostali faktori, kao što su garancije, rokovi, cijena, komercijalni uvjeti i sl., uzimaju se također u obzir pri vrednovanju ponuda iako direktno ne utječu na kvalitetu opreme ili usluga koje se isporučuju. Odabire se ona ponuda koja, na temelju procesa vrednovanja, zadovoljava ili premašuje zahtjevanu kvalitetu i ostale uvjete propisane dobavnom dokumentacijom, uz najnižu cijenu i isporuku na vrijeme.

Ugovor s dobavljačem o isporuci opreme ili vršenju usluga treba tako sastaviti da obuhvati sve zahtjeve projektne dokumentacije na temelju kojih su tražene i vrednovane ponude.

4.6. Kontrola kupca u pogonima dobavljača

Kupci na svim nivoima treba da zadrže mogućnost kontrole i vrednovanja rada dobavljača u skladu sa zahtjevima dobavne dokumentacije. Provodeći te aktivnosti, potrebno je da kupac ustanovi mjere pomoću kojih će kontrolirati dobavljača. Te mjere, koje mogu biti i u obliku pisanih postupaka, moraju osigurati:

— uspostavljanje razumijevanja između kupca i dobavljača u vezi sa zahtjevom dobavne dokumentacije
— identifikaciju, od dobavljača, njegova plana i programa udovoljenja zahtjevima dobavne dokumentacije
— kontrolu dokumentacije koja se izrađuje u toku proizvodnje
— identifikaciju i postupak u vezi s potrebnim izmjenama u toku proizvodnje
— kontrolu i dokumentiranje razmjene informacija između kupca i dobavljača.

Ovisno o složenosti ili opsegu dobave opreme ili usluga kupac treba, što prije, inicirati sastanak ili neki drugi oblik komunikacije s dobavljačem kako bi se postiglo obostrano razumijevanje u pogledu kontrole i vrednovanja dobavljačevog rada i proizvodnog procesa te kontrola i ispitivanje koje će primijeniti dobavljač tokom proizvodnje. Kupčevi zahtjevi za prisustvovanjem ispitivanjima i ostalim oblicima kontrole u toku proizvodnje moraju biti identificirani i dokumentirani na temelju dogovora s dobavljačem. Dubina i potreba za takvom komunikacijom naravno zavisi od jedinstvenosti i složenosti predmeta dobave i u jednostavnijim slučajevima moguće je sve zahtjeve identificirati već u ugovoru s dobavljačem.

4.6.1. Verifikacija od kupca

Pod verifikacijom od kupca razumijevaju se aktivnosti kojima se osigurava usklađenost opreme ili usluga s identificiranim zahtjevima. Verifikacije obavlja osoblje kupca, i to prisustvovanjem ispitivanjima, inspekcijama i provjerama aktivnosti dobavljača.

Opseg aktivnosti verifikacije, uključujući i planiranje aktivnosti, je funkcija važnosti i složenosti predmeta dobave. Tipični primjeri aktivnosti koje treba da budu verificirane od kupca jesu:

1. N a b a v a s i r o v i n a i p o l u p r o i z v o d a. Treba identificirati izvore iz kojih dobavljač nabavlja sirovine i poluproizvode, kao i zahtjeve za osiguranje kvalitete koje je dobavljač postavio svom poddobavljaču u dobavnoj dokumentaciji.

2. U l a z n a k o n t r o l a i p r i m a n j e m a t e r i j a l a. Treba identificirati postupke kojima dobavljač kontrolira kupljene sirovine i poluproizvode. Kontrolne aktivnosti koje se primjenjuju prilikom preuzimanja, ako je to primjenjivo, jesu: dimenzionalna kontrola, kontrola mehaničkih i kemijskih svojstava, funkcionalna ispitivanja, kontrola čistoće, kontrola dokumentacije koja se isporučuje s proizvodom i sl.

3. M j e r n a i i s p i t n a o p r e m a. Kupac treba verificirati kontrolu upotrebe mjerne i ispitne opreme kojom će se dokazivati usklađenost proizvoda sa zahtjevima dobavne dokumentacije.

4. K v a l i f i k a c i j e o s o b l j a. Kupac treba verificirati postupke dobavljača kojima se kontrolira da su aktivnosti koje to zahtjevaju obavile odgovarajuće kvalificirane osobe. Tipične aktivnosti koje zahtijevaju kvalifikaciju osoblja su: zavarivanje, ispitivanje bez razaranja, ispitivanje mehaničkih i fizičkih osobina i sl,

4.6.2. Kontrola neusklađenosti

Kupac i dobvaljač trebaju zajednički ustanoviti i dokumentirati mjere za identifikaciju, kontrolu i razrješenje eventualnih neusklađenosti opreme ili usluga sa zahtjevima dobavne dokumentacije.

Te mjere treba da sadrže:

1. pregled neusklađenog dijela;
2. obavještavanje kupca o neusklađenosti od dobavljača. Obavijest treba sadržavati i preporuku dobavljača o razrješenju neusklađenosti (»prihvatiti kakvo jest« ili »popraviti«) s tehničkim opravdanjem takvog razrješenja. Neusklađenosti koje sadrže jednu ili više slijedećih situacija treba da budu dostavljene kupcu i od njega zatraženo odobrenje za preporučeno razrješenje kad:

— nije poštovan neki tehnički zahtjev
— nije poštovan prethodno odobreni postupak
— neusklađenost ne može biti ispravljena prvobitno zamišljenim tehnološkim postupkom izrade
— stanje komponente može biti popravljeno tako da ona sada zadovoljava funkcionalne zahtjeve iako ne zadovoljava prvobitno postavljenim zahtjevima;

3. kupčev način donošenja odluke o pitanju razrješenja neusklađenosti predloženog od dobavljača;
4. verifikaciju provedbe odobrenog razrješenja;
5. vođenje evidencije o neusklađenosti i njihovim razrješenjima.

4.6.3. Korektivne akcije

Kupac i dobavljač treba da ustanove mjere koje će osigurati identifikaciju i ispravljanje stanja suprotnih kvaliteti kao što su: odstupanja, defektnosti i neusklađenosti sa zahtjevima dobavne dokumentacije. U slučajevima znatnih odstupanja od kvalitete te mjere moraju osigurati da se ustanovi uzrok takvih odstupanja i poduzmu korektivne akcije koje sprečavaju ponavljanje. Identifikacija stanja suprotnog kvaliteti, uzrok takvog stanja kao i poduzeta korektivna akcija trebaju biti dokumentirani i o njima obaviješteno odgovorno rukovodeće osoblje.

Korektivne akcije, npr., treba da obuhvate mjere za:

— ranu identifikaciju grešaka u projektiranju, dobavi i proizvodnji, tako da se može početi s akcijama za ispravljanje i sprečavanje ponavljanja grešaka
— prenošenje informacija o korektivnoj akciji odgovornim organizacijama
— određivanje valjanosti postupkom inspekcija i ispitivanja, kontrola u toku procesa i metoda odabiranja uzoraka
— određivanje potrebe za posebnom obukom (trening) osoblja koje provodi određene aktivnosti
— osiguranje da podaci koji služe za analizu greške sadrže sve potrebne informacije kao što su: identifikacija komponente, dijela ili sistema, svrhu ispitivanja, uvjete i vrstu ispitivanja, detaljan opis greške ili nezadovoljavajućeg rada, numeričke rezultate ispitivanja, vrijeme ispitivanja, fotografije, grafikone i sl. te preporuke za korektivne akcije.

4.6.4. Preuzimanje opreme ili usluga

Kupac treba da ustanovi metodu pomoću koje će preuzimati opremu ili usluge isporučene od dobavljača. Dobavljač treba dati suglasnost na kupčevu metodu preuzimanja opreme ili usluga prije nego što opremu ili uslugu ponudi na preuzimanje.

Načini na koje kupac može preuzimati opremu ili uslugu zavise od važnosti i složenosti same opreme odnosno usluga a uglavnom se svode na pojedinačno ili kombinaciju slijedećeg:

— akcijama verifikacija navedenih u točki 4.6.1.
— prijemnom inspekcijom
— na temlju dobavljačeve izjave o usklađenosti s dobavnom dokumentacijom
— ispitivanjem nakon ugradnje.

U dobavnoj dokumentaciji treba specificirati način preuzimanja.

1. Preuzimanje akcijama verifikacije. Ovaj način preuzimanja treba primijeniti u slučajevima kada je oprema ili usluga:

— važna za siguran i pouzdan rad elektrane
— vrlo složena po konstrukciji, proizvodnji i ispitivanjima
— takve periode da je teško ili nemoguće verificirati karakteristike značajne za kvalitetu nakon isporuke.

Akcije verifikacije treba da, ako je primjenljivo, uključe:

— provjeru da li je dokumentacija dostavljena kupcu kako je traženo i da li su od kupca odobreni materijali za izradu, primjenljive inspekcije i ispitivanja
— provjeru da li je proizvodne postupke i procese odobrio kupac i da li su na raspolaganju dokazi o kvalifikaciji primjenjivih postupaka i osoblja te dokumentacije iz procesa proizvodnje
— provjeru da li su komponente i sklopovi bili provjereni, kontrolirani i ispitani kako je bilo traženo i da li su na raspolaganju zapisi o provedenim kontrolama i ispitivanjima
— provjeru da li su neusklađenosti bile razrješavane kao što je traženo
— provjeru da li su komponente i sklopovi očišćeni, konzervirani, pakirani i označeni u skladu sa specificiranim zahtjevima.

Preuzimanje akcijama verifikacije treba dokumentirati i zapisnik o preuzimanju dostaviti na mjesto primjene inspekcije (obično gradilište), kupcu i dobavljaču.

2. Preuzimanje prijemnom inspekcijom. Prijemna inspekcija se obično obavlja na gradilištu i sastoji se uglavnom od jednostavnog pregleda fizičkog integriteta i kompletnosti opreme. Prijemnu inspekciju treba dopuniti pregledom dokumentacije koju je s opremom isporučio dobavljač, ako je ta dokumentacija bila tražena dobavnom dokumentacijom.

Takav način preuzimanja opreme ili usluga primjenjuje se u ovim slučajevima:

— kada su oprema ili usluge relativno jednostavne i standardne izvedbe
— kada je moguće standardnim ili automatiziranim inspekcijama ili ispitivanjima na konačnom proizvodu utvrditi karakteristike značajne za kvalitetu
— kada je oprema takva da prijemna inspekcija ne iziskuje operacije koje bi mogle ugroziti njezin integritet, funkciju ili čistoću.

3. Preuzimanje na temelju dobavljačeve izjave o usklađenosti opreme s dobavnom dokumentacijom. Kod dobave određene opreme ili usluga nije potrebno da kupac direktno sudjeluje u inspekcijama ili kontrolama kod dobavljača. Kupac može preuzeti opremu ili usluge na temelju dobavljačeve pismene izjave (certifikata) da je oprema ili usluga izvedena u skladu sa zahtjevima specificiranim u dobavnoj dokumentaciji.

Takva izjava odnosno certifikat o usklađenosti treba sadržavati:

— identifikaciju dobavljene opreme ili usluga kao što je npr. broj ugovora
— identifikaciju zahtjeva dobavne dokumentacije kojima udovoljava oprema ili usluga kao što su zakoni, propisi, standardi ili specifikacija. Također moraju biti navedene sve odobrene promjene ili odstupanja od specifičnih zahtjeva, ako ih ima
— identifikaciju zahtjeva dobavne dokumentacije kojima nije udovoljeno zajedno s objašnjenjem i prijedlozima načina razrješenja tih neusklađenosti
— ovjeru od osobe dobavljača koja je odgovorna za osiguranje i kontrolu kvalitete.

Kupac treba imati mogućnost provjere vjerodostojnosti takvog certifikata.

Uz izjavu o usklađenosti obično se u dobavnoj dokumentaciji traže i drugi dokazi kvalitete isporučene opreme ili usluga, o npr. izvještaji o provedenim ispitivanjima, atesti ugrađenog materijala i sl.

Preuzimanje ovom metodom primjenuje se kada je oprema jednostavne konstrukcije, kad su primijenjeni standardni materijali i postupci proizvodnje i ispitivanja ili kad se radi o lako nadomjestivoj opremi.

4. Preuzimanje na temelju ispitivanja nakon ugradnje. Preuzimanje na temlju ispitivanja nakon ugradnje zadovoljava samo u ovim slučajevima:

— kada je teško da se provjere karakteristike važne za kvalitetu a da se oprema ne ugradi i ne pusti u pogon
— kada provjera karakteristika komponente zahtijeva rad i ispitivanje cjelokupnog sistema
— kada je oprema takve prirode da se njena funkcionalnost odnosno njene kvalitete ne mogu drugačije provjeriti osim u upotrebi.

Ovakvo preuzimanje te zahtjevi za ispitivanje nakon ugradnje trebaju biti obostrano prihvaćeni i dokumentirani od dobavljača i kupca.

Smjernice navedene pod točkom 1—4 odnose se prvenstveno na preuzimanje opreme i s njom povezanih usluga. Kada se isključivo radi o dobavi usluga kao što su usluge ispitivanja, konzalting, ugradnja, održavanje, remont i sl. kupac može preuzeti usluge jednom ili više slijedećih metoda:

— tehničkom verifikacijom dobivenih podataka i rezultata

— nadzorom ili provjerom provođenja aktivnosti

— pregledom objektivnih dokaza da je aktivnost izvedena u skladu sa zahtjevima dobavne dokumentacije.

4.7. Zapisi osiguranja kvalitete

U toku faza dobave i proizvodnje potrebno je ustanoviti i primjenjivati mjere za kontrolu dokumentacije. Te mjere treba da obuhvate:

— dokumentaciju koju izrađuju dobavljač, a vezana je za osiguranje kvalitete opreme ili usluga koji se dobavljaju. Dio te dokumentacije obvezan je dobavljač dostaviti kupcu, a dio čuvati sâm, već prema tome kako je specificirano ugovornom dokumentacijom

— dokumentaciju koju izrađuje kupac, a vezana je uz osiguranje kvalitete.

Treba također definirati mjere za skupljanje, arhiviranje i održavanje te dokumentacije.

4.8. Provjere

Sve aktivnosti osiguranja kvalitete koje se provode u toku dobave i izrade opreme te usluge za koje postoje pisani programi koji definiraju način obavljanja aktivnosti treba podvrgavati povremenim provjerama da bi se ustanovilo obavljaju li se one na specificiran način. Provjere mogu biti periodičke ili slučajne, a po opsegu mogu obuhvaćati pojedine operacije, događaje, procese ili kompletan program osiguranja i kontrole kvalitete. Kada kupac to smatra potrebnim, može se izvršiti provjera i kod poddobavljača, da se provjeri sadrži li njihov program osiguranja i kontrole kvalitete ispravno prenesene zahtjeve iz dobavne dokumentacije upućene dobavljaču.

Osoblje koje provjerava treba biti dobro pripremljeno, tj. treba posjedovati plan i program provjere, a svaku provjeru treba dokumentirati kako bi eventualni negativni nalazi s provjere poslužili kao podloga za slijedeće provjere ili inicirali korektivne akcije.

LITERATURA

1. ANSI/ASME N 45.2, 1977, Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilitties
2. ANSI N 45.2.10, 1973, Quality Assurance Terms and Definitions
3. ANSI N 45.2.13, 1974, Quality Assurance Requirements for Control of Procurement of Items and Services for Nuclear Power Plants
4. BS 4891, 1972, A Guide to Quality Assurance
5. Guidance on Quality Assurance Requirements During Design and Procurement Phase of Nuclear Power Plants — Rev. 1, USAEC 1974.

Naslov pisca:
Vladimir B r a d a č, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Elektra K
KOPRIVNICA

OOUR ELEKTRE — ZAGREB
PODUZEĆA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

ELEKTRA — KOPRIVNICA
43 300 Koprivnica — Rade Končara 10 Telefoni: 72-422 i 72-420

OPIS I EKSPLOATACIONE OSOBENOSTI JEDNOSMERNIH ELEKTROMAŠINSKIH POBUDNIH SISTEMA SINHRONIH GENERATORA

Dragoljub M. Piperski, Priština

Opisan je elektromašinski pobudni sistem generatora TE Kosovo, sovjetske proizvodnje. Pri tome su istaknute prednosti i mane sistema, kao i preporuke za njegovo održavanje i povećanje pouzdanosti. Posebno je naglašena uloga rezervnog agregata.

DK 621.313

OSNOVNE KARAKTERISTIKE POBUDNIH SISTEMA

Pobudni sistem je jedan od najodgovornijih delova postrojenja sinhronog generatora, zbog čega njegovoj eksploataciji treba posvetiti mnogo pažnje.

Pobudni sistemi treba da zadovolje sledeće eksploatacione zahteve:

— pouzdanost i jednostavnost posluživanja
— osetljivost na male promene napona
— veliku mogućnost forsiranja pobude
— veliku brzinu razbuđivanja kod gašenja polja
— mogućnost primene automatske regulacije napona.

Karakteristike izabranog sistema pobude sinhronog generatora suštinski utiču na statičku i dinamičku stabilnost rada generatora i elektroenergetskog sistema, iako relativna snaga pobudnog sistema iznosi samo 0,4—0,6% od snage generatora. Različiti režimi rada elektroenergetskog sistema postavljaju različite eksploatacione zahteve na pobudne sisteme generatora. Tako kod malih varijacija napona mreže treba imati visoku osetljivost pobudnog sistema na promene napona. Kod kratkih spojeva osnovni uticaj ima brzina porasta napona u režimu forsiranja i odnos forsiranja pobudnog sistema:

$$K = \frac{U_{pf}}{U_{pn}},$$

gdje je:

U_{pf} — maksimalna vrednost pobudnog napona
U_{pn} — nominalna vrednost pobudnog napona.

Odnos forsiranja savremenih pobudnih sistema kreće se u granicama 1,6—2,5.

Pod srednjom brzinom porasta napona pobude u režimu forsiranja podrazumeva se povećanje napona budilice od nominalne vrednosti U_{pn} do vrednosti 0,632 (U_{pf}—U_{pn}) prema veličini napona U_{pn} i vremena t_1 u toku koga se odvija ovaj proces:

$$v = \frac{0{,}632\,(U_{pf} - U_{pn})}{U_{pn}\,t_1}$$

Srednja brzina porasta napona zavisi od vremenskih konstanti svih elemenata pobudnog sistema (pobudni namotaj sinhrone mašine, budilica, automatski regulator napona).

Kod raznih pobudnih sistema srednja brzina porasta napona pobude znatno se razlikuje i kreće se u granicama 1,8—30 1/sec.

Brzina razbuđivanja pri gašenju polja generatora sprečava veća oštećenja u slučaju unutrašnjih kratkih spojeva.

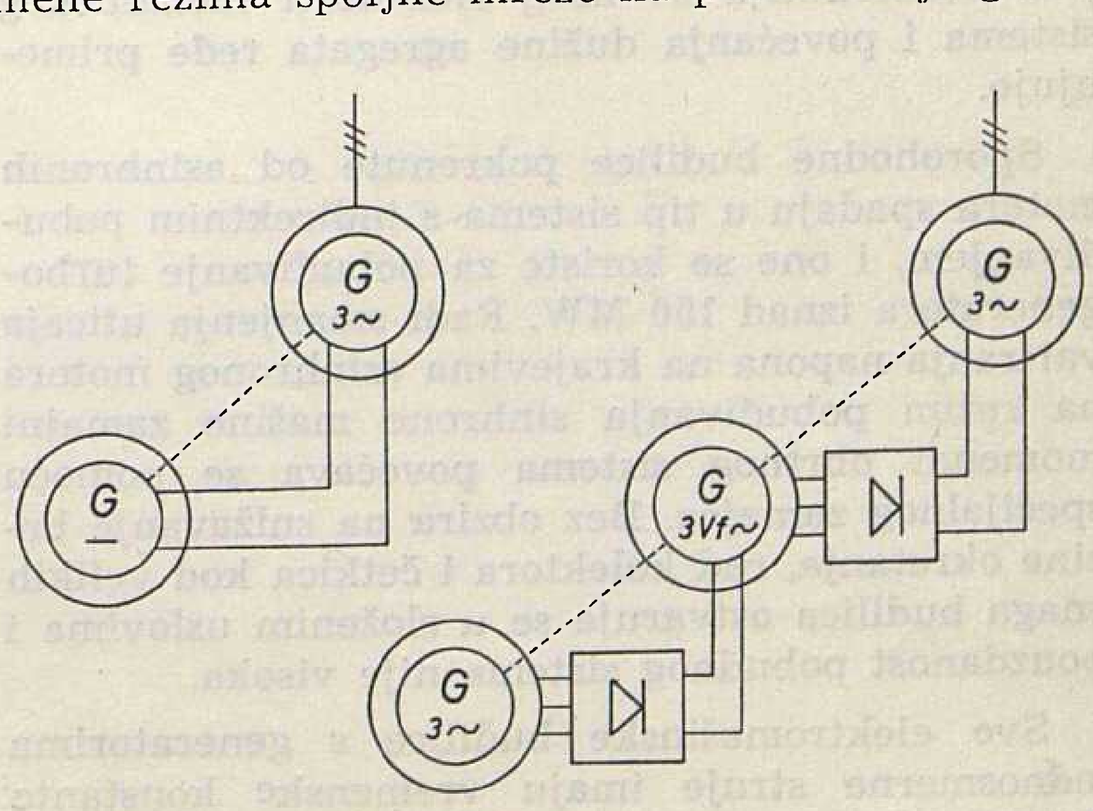
Automatski regulatori napona imaju suštinski uticaj na stabilnost generatora u svim promenama režima rada elektroenergetskog sistema.

Svi pobudni sistemi mogu se razdeliti u dva osnovna tipa:

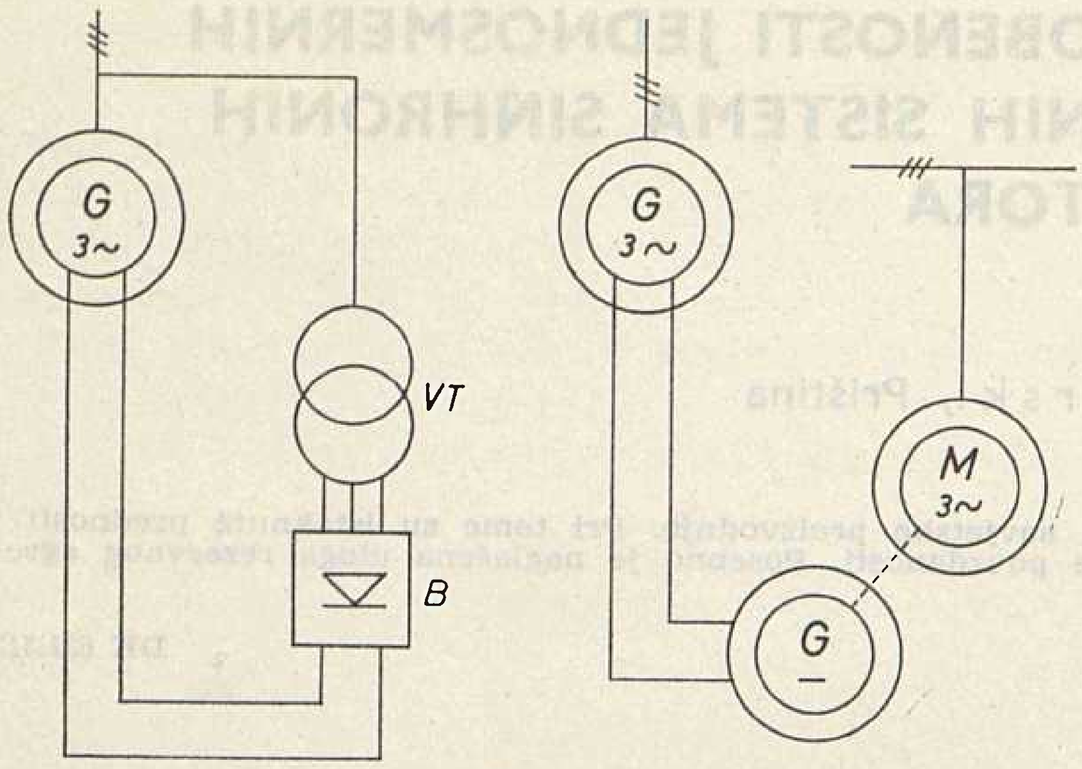
— direktni pobudni sistemi
— indirektni pobudni sistemi.

U prvi tip spadaju sve elektromašinske budilice jednosmerne i naizmenične struje koje se pogone preko osovine sinhrone mašine (sl. 1). U drugi tip spadaju posebno instalirane elektromašinske budilice koje pokreću elektromotori naizmenične struje priključeni na postrojenja sopstvene potrošnje elektrane kao i sistemi pobude koji se napajaju s izvoda generatora preko specijalnih transformatora (sl. 2).

Prvi tip pobunih sistema isključuje uticaj promene režima spoljne mreže na pobuđivanje gene-



Sl. 1.



Sl. 2.

ratora, što povećava njegovu stabilnost kod kratkih spojeva u elektroenergetskom sistemu.

Generatori jednosmerne struje s paralelnom pobudom obično se koriste kao elektromašinske budilice za snage do 500 kW i brzine okretanja od 3 000 o/min. Uvođenjem automatskih regulatora napona i uređaja za formiranje pobude spoljne karakteristike ovih budilica znatno su poboljšane i srednja brzina porasta napona pri forsiranju postaje približno jednaka budilicama jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom (2—8 l/sec).

Eksploatacija generatora jednosmerne struje čija snaga prelazi 450—500 kW kod brzine od 3 000 o/min postaje vrlo teška zbog uslova rada kolektora i četkica.

Snaga budilica jednosmerne struje do 500 kW dovoljna je za snage turbogeneratora s površinskim hlađenjem do 150 MW i neposrednim hlađenjem do 100 MW. Dalje povećanje snage generatora jednosmerne struje zbog pogoršanja uslova komutacije i znatnog povećanja mehaničkih naprezanja obrtnih delova zahteva sniženje brzine okretanja na 750—1 000 o/min. Spajanje sporohodnih generatora jednosmerne struje s osovinom turbogeneratora moguć je samo preko reduktora. Ovakva konstrukcija se zbog složenosti mehaničkog sistema i povećanja dužine agregata ređe primenjuje.

Sporohodne budilice pokrenute od asinhronih motora spadaju u tip sistema s indirektnim pobuđivanjem, i one se koriste za pobuđivanje turbogeneratora iznad 150 MW. Radi smanjenja uticaja variranja napona na krajevima asinhronog motora na režim pobuđivanja sinhrone mašine zamajni momenat obrtnog sistema povećava se pomoću specijalnog zamajca. Bez obzira na snižavanje brzine okretanja, rad kolektora i četkica kod velikih snaga budilica ostvaruje se u složenim uslovima i pouzdanost pobudnog sistema nije visoka.

Sve elektromašinske budilice s generatorima jednosmerne struje imaju vremenske konstante $T_e > 0{,}3$ sec i spadaju u inercione pobudne sisteme.

EKSPLOATACIJA ELEKTROMAŠINSKIH POBUDNIH SISTEMA

Kontrola pomoćne opreme i celokupne pobude obuhvata periodičnu proveru svih obrtnih mašina, četkičnog sistema, kontaktnih spojeva kola snage pobudnog sistema i regulacione aparature.

Za vreme rada pobudnog sistema s elektromašinskim budilicama osnovnu pažnju treba obratiti na temperaturni režim budilica i stanje kliznih kontakata i strujnih kola rotora i kolektora budilica.

Osnovni element kliznog kontakta su četkice koje stalno ostvaruju provođenje struje od nepokretnih prema pokretnim delovima. Pravilan izbor i postavljanje četkica, njihova pravovremena zamena, pažljiva regulacija mehaničkih delova četkičnog mehanizma i sistematsko održavanje čistoće mogu da obezbede povećanje pouzdanosti rada kliznih kontakata, a samim tim i sinhrone mašine.

Elektrografitne četkice se prave od elektrografitnog praška, koji čini čvrstu strukturu četkica, i mekog ugljeničnog punjenja uz termičku obradu blokova u električnim pećima pri temperaturi od 2 500 °C. Tip četkica za budilice bira se prema preporukama isporučioca budilice.

Kontaktni prstenovi rotora generatora zbog trajnosti se prave od čelika. Četkični mehanizam rotorskih prstenova postavlja se u neposrednu blizinu ležajeva generatora te dolazak uljnih para na površinu prstena rotora može da naruši normalan rad kliznih kontakata. Zbog toga prstenove rotora generatora treba povremeno produvavati vazduhom pod pritiskom.

Pritisak na četkice reguliše se pomoću opruga držača četkica tako da pritisak na četkice bude po mogućnosti stalan i nezavisan od trošenja četkica.

Na kolektorima budilica četkice rade u težim uslovima nego na kontaktnim prstenovima rotora generatora jer se na uobičajene uslove rada kliznih kontakata budilice dodaju komutacione struje raznih grana namotaja rotora kod kretanja četkica po pločicama kolektora.

Kod kontrole kolektora i kontaktnih prstenova rotora generatora treba proveriti da se ne njišu ili ne koče četkice u držaču četkica, da nema jakog iskrenja četkica, da su čitave veze četkica i njihovih kontakata, da nema spojeva na zemlju, ravnomernost raspodele struje po četkicama prema zagrevanju četkica, da nije zamašćen kolektor i dr.

Glavni pokazatelj rada kliznih kontakata na prstenovima rotora generatora ili kolektorima budilica jest karakter varničenja ispod četkica. Kod normalno podešenog pritiska četkica i dobrog stanja površine kolektora ili prstena, ispod četkica se pojavljuje neznatno sivobelo varničenje. Na kraju gde je gustina struje veća varničenje je veće. Povećano varničenje žute boje govori o pogoršanju uslova rada kliznih kontakata. Povećano varniče-

nje na kolektorima budilica moguće je zbog netačno načinjene sheme veza pobudnog namotaja, nepravilno priključenih grana namotaja rotora na prstenove ili sabirnice mašine, kao i zbog kvarenja geometrijske i magnetne simetrije kod netačnog postavljanja dopunskih polova. Poslednja okolnost može izazvati dopunsko pomeranje neutrale kod prelaznih procesa.

Mehanički uzroci zbog kojih dolazi do varničenja jesu: nestabilnost površine kolektora, ekscentricitet, koji nastaje zbog nepoklapanja osi radnog cilindra s osi rotora, radijalni pomak pločica kolektora pod uticajem centrifugalnih sila i povećane vibracije agregata. Treba imati na umu da vibracije osovine mogu nekoliko puta da premaše vibracije koje se mere na ležajima. Pored navedenih razloga povećano varničenje može da bude izazvano elektrohemijskim procesima koji se pojavljuju u kontaktnom sloju i razaranjem kontakata četkica zbog delovanja električne erozije. Najintenzivnije se od električne erozije razara negativni prsten rotora generatora. Na pozitivnom polu, naprotiv, pojavljuje se tvrda površinska kora (čestice uglja kao da cementiraju površinu prstena). Radi izbegavanja neravnomernosti trošenja prstenova njihova polarnost treba povremeno da se menja.

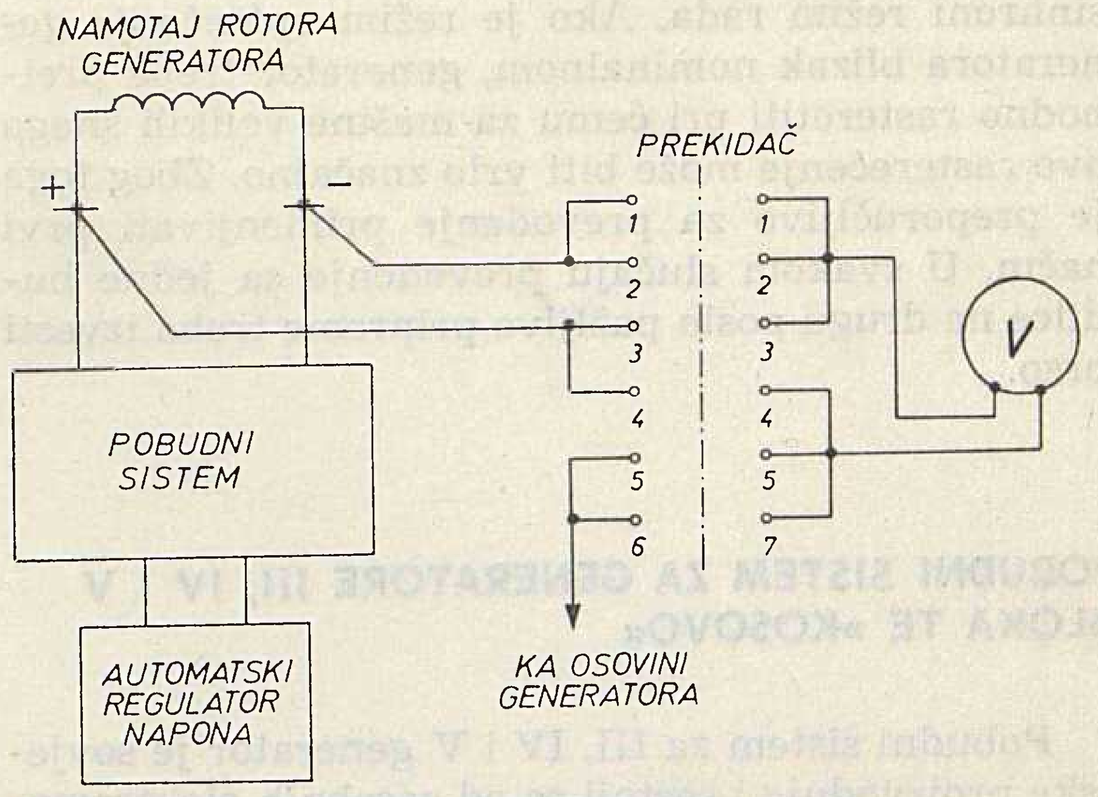
Režim forsiranja pobude kod postrojenja s povećanim varničenjem može dovesti do nastajanja kružne vatre koja prekriva sve pločice kolektora budilice.

Pouzdan rad sistema mašinskog pobuđivanja moguć je samo kod dobrog stanja pobudnih kola. Velika razuđenost sheme i nizak nivo izolacije pružaju mogućnost spoja sa zemljom u jednoj tački. Spoj sa zemljom u jednoj tački ne predstavlja veliku opasnost jer pobudna kola svakog agregata rade izolovano i na mestu spoja sa zemljom protiče neznatna struja, ali pojava drugog spoja sa zemljom može dovesti do havarijskog ispadanja iz pogona ne samo pobudnog sistema već i generatora. Zbog toga je otpor izolacije pobunih kola strogo normiran.

U komandnoj sali može da se uvede sistematska kontrola stanja izolacije pobudnih kola svakog generatora pomoću uređaja koji se sastoji od visokoomskog voltmetra i preklopke koji se uključuju po shemi na sl. 3.

Uzroci povećanih odvođenja ili mesto spoja sa zemljom treba da se nađe i odstrani, ako je moguće, u toku rada mašine. Kada je neophodno, treba preći na rezervnu budilicu, ako postoji, i odrediti da li je spoj sa zemljom u pobudnom sistemu ili namotaju rotora. U poslednjem slučaju turbogeneratora treba da se kod prve mogućnosti zaustavi i remontuje.

Ako zbog uslova rada elektroenergetskog sistema zaustavljanje generatora nije moguće, rad generatora treba produžiti uz pojačani nadzor od strane operativnog personala i uz uključivanje specijalne zaštite od drugog spoja sa zemljom.



Sl. 3.

Rezervna budilica se priključuje na specijalne šine rezervnog pobuđivanja, od kojih odlaze kablovske linije ka individualnim pobudama generatora preko odgovarajućih rastavnih uređaja i instrumenata koji kontrolišu napon rezervne pobude.

U normalnim uslovima postrojenje stoji u rezervi. Kada je potrebno, ono se uvodi u pogon, napon se podešava prema režimu rada generatora i vrši se prelazak sa radne pobude na rezervnu u skladu sa konkretnim instrukcijama koje uzimaju u obzir osobenosti instalirane opreme i eksploataciono iskustvo. Poželjno je da je postrojenje rezervne pobude istog tipa kao i radna pobuda. Kod rada generatora sa rezervnom budilicom svi uređaji za regulaciju napona, forsiranje pobude i gašenja polja treba da deluju na agregat rezervne pobude.

Postrojenje rezervne pobude treba periodično da se isproba radi provere njegove pogonske spremnosti. Upravljanje sa rastavnim i prekidačkim uređajima u kolu radne i rezervne budilice obično se vrši iz komandne sale, a prevođenje sa radne na rezervnu budilicu vrši se daljinski.

Prevođenje pobude generatora sa radne budilice na rezervnu može se izvršiti na dva načina: bez promena režima rada sinhronog generatora ili uz kratkotrajno uvođenje generatora u asinhroni režim. Prema prvom načinu rezervna budilica se pušta u rad i na njoj se podešava pobudni napon za 10% veći nego u radne budilice za dati režim opterećenja: posle toga se rezervna budilica uključuje u paralelan rad sa radnom budilicom. Radna budilica se isključuje kada se operativni personal ubedi da je rezervna budilica preuzela na sebe opterećenje. Radi izbegavanja pojave znatnijeg luka na rastavnom prekidaču radne budilice pri isključivanju treba za konkretni generator odrediti prekoračenje napona rezervne budilice za razna opterećenja mašine.

Drugi način prevođenja na drugu budilicu s potpunim odstranjivanjem pobude sa generatora koji radi zahteva kratkovremeno prevođenje u a-

sinhroni režim rada. Ako je režim optrećenja generatora blizak nominalnom, generator treba prethodno rasteretiti pri čemu za mašine velikih snaga ovo rasterećenje može biti vrlo značajno. Zbog toga je preporučljivo za prevođenje primenjivati prvi način. U svakom slučaju prevođenje sa jedne budilce na drugu posle pažljive pripreme treba izvesti brzo.

POBUDNI SISTEM ZA GENERATORE III, IV I V BLOKA TE »KOSOVO«

Pobudni sistem za III, IV i V generator je sovjetske proizvodnje i sastoji se od zasebnih elektromašinskih pobudnih agregata koji čine: generator jednosmerne struje, trofazni asinhroni kratkospojeni elektromotor napona 6 000 V i zamajac koji su postavljeni na zajedničkoj fundamentalnoj ploči.

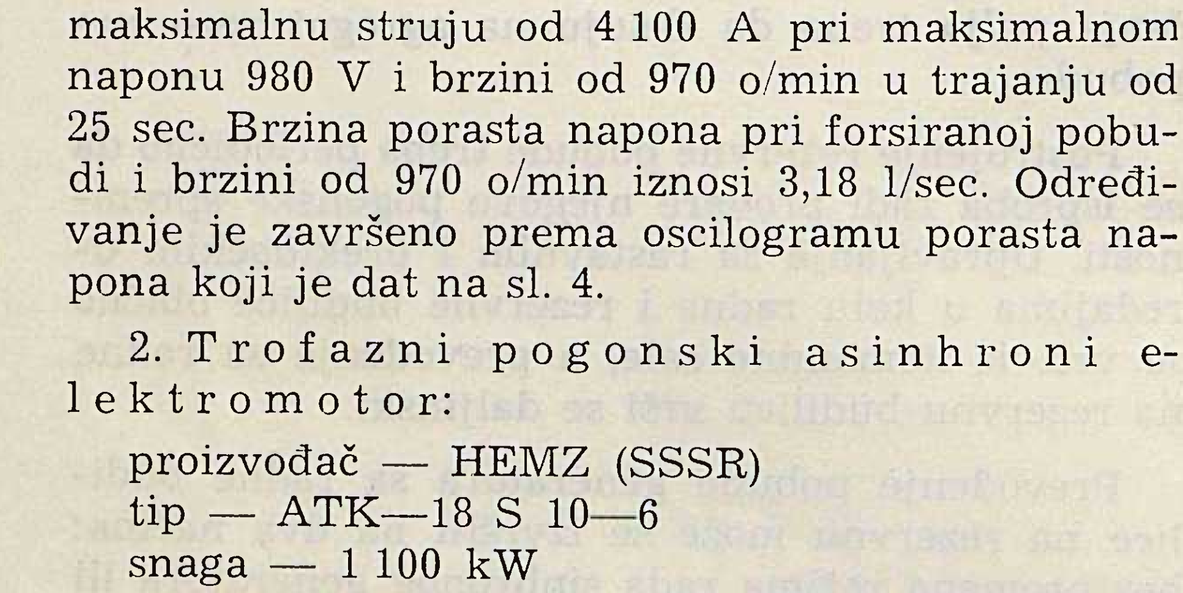
1. Generator jednosmerne struje--budilica:

proizvođač — Elektrotjažmaš (SSSR)
tip — VT—99/47/7
snaga — 970 kW
napon — 500 V
struja — 1 950 A
brzina — 990 o/min
stepen iskorišćenja — 93%
pobuda-samopobuda (C—D) i dopunska pobuda (I—K)
broj polova — 8 (sa kompenzacionim namotajem).

U režimu forsirane pobude budilica može dati maksimalnu struju od 4 100 A pri maksimalnom naponu 980 V i brzini od 970 o/min u trajanju od 25 sec. Brzina porasta napona pri forsiranoj pobudi i brzini od 970 o/min iznosi 3,18 l/sec. Određivanje je završeno prema oscilogramu porasta napona koji je dat na sl. 4.

2. Trofazni pogonski asinhroni elektromotor:

proizvođač — HEMZ (SSSR)
tip — ATK—18 S 10—6
snaga — 1 100 kW
napon — 6 000 V
struja — 155 A
brzina — 990 o/min
cosφ — 0,75
sprega — zvezda
stepen iskorišćenja — 91%
rotor — dvokavezni.



Sl. 4.

Tipska snaga ovog motora je dva puta veća od nominalne snage. Otuda potiče relativno nizak faktor snage (0,75), velika preopteretljivost (5,5 Mn i više) i relativno velika polazna struja (gotovo 10xIn).

Izolacija statora predviđena je za 10 kV, ali je ispitivanje izvršeno za nominalni napon od 6 kV.

3. Agregat je opremljen zamajcem koji je smešten na polovini agregata. Masa zamajca iznosi 4 500 kg.

Opšti zamajni momenat rotirajućih delova agregata iznosi 12 Mpm².

Budilica i asinhroni motor su zatvorene izvedbe sa sopstvenom ventilacijom po zatvorenom ciklusu. Rashladni vazduh cirkuliše preko hladnjaka za vazduh koji su smešteni u temeljnoj jami.

Pobudni agregat ima četiri klizna ležaja. Ležajevi su potporni, liveni i rasklopni čija je osnova od livenog gvožđa sa radnom površinom zalivenom belim metalom. Ležajevi se podmazuju turbinskim uljem iz uljnih kartera pomoću specijalnih rotacionih prstenova. Da bi se ulje hladilo, u uljne kartere su ugrađene zmijače kroz koje cirkuliše rashladna voda.

Kućište budilice je zavarene konstrukcije. Jaram statora izrađen je od segmenata dinamo limova. Između kućišta i polova nalaze se podmetači od čeličnog lima kojima se može regulisati zazor između polova i rotora i time poboljšati komutacija.

Čeoni poklopci su varene konstrukcije i imaju otvore sa donje strane, prednji za prolaz vrućeg, a zadnji hladnog vazduha.

Rotor je izrađen od paketa dinamo-limova radi radijalne ventilacije. Izolacija namotaja rotora je klase B.

Kolektor je izrađen od bakarnih segmenata koji su međusobno izolovani liskunom debljine 1 mm. Kanali između segmenata su 1,5 mm. Prečnik kolektora je 780 mm. Pobudni namotaji glavnih polova sastoje se od dva posebna namotaja. Paralelni namotaj je izrađen od pravougaonog bakra, a regulacioni od okruglog.

Namotaj pomoćnih polova je izrađen od neizolovanog bakra pravougaonog preseka. Između zavojaka namotaja nalaze se izolacioni umeci od pertinaksa.

Kontrolisanje rada kolektora, četkica i držača četkica vrši se preko poklopca od stakla na kućištu budilice. Pritisak četkica iznosi 1, 1—1,3 kg.

Pored pobudnog agregata u pobudni sistem je ugrađena i sledeća važnija oprema:

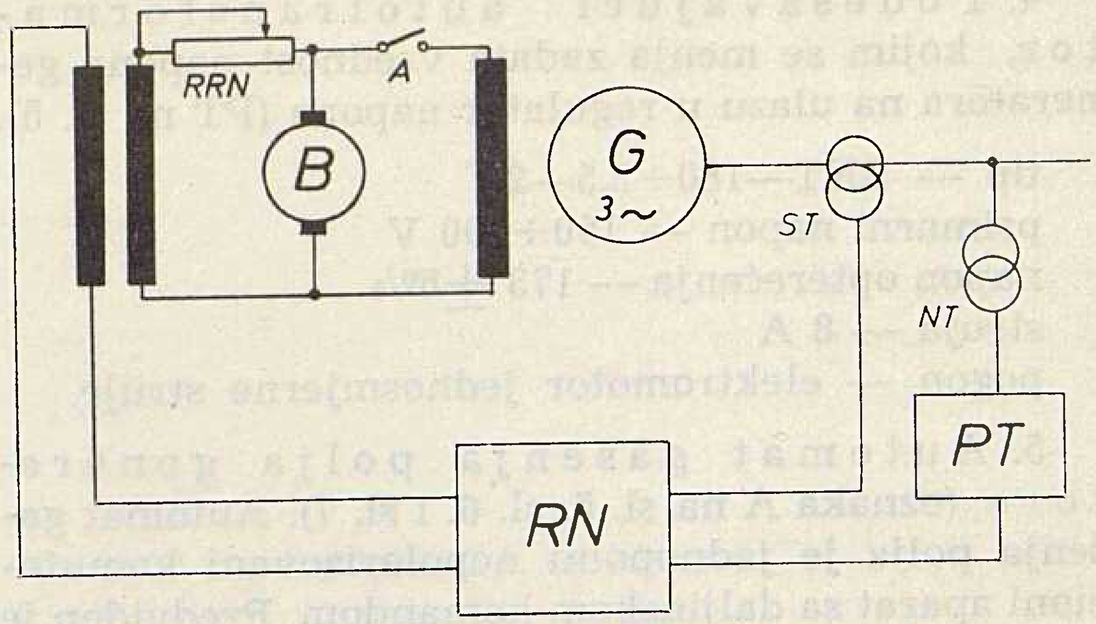
1. Otpornik za ručnu regulaciju napona pobude (oznaka RRN na sl. 5).

Predviđen je za regulaciju jednosmerne struje u pobudnom kolu budilice. Upravljanje se vrši daljinski preko elektromotora ili ručno. Izrađen je sa

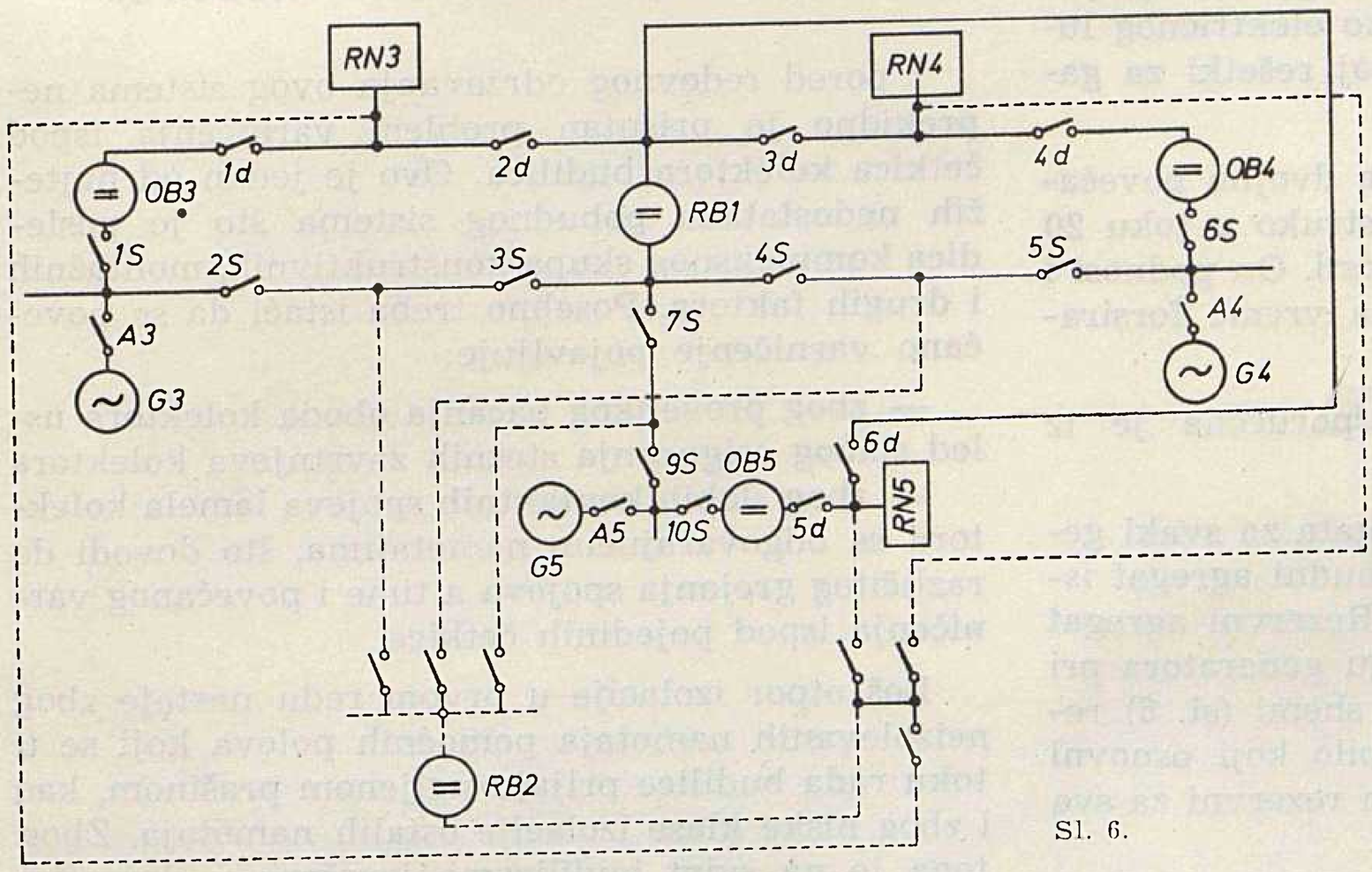
prirodnim vazdušnim hlađenjem tako da vazduh ulazi slobodno odozdo.

2. Rastavni prekidači radne i rezervne budilice. Oni povezuju budilice sa sabirnim šinama radi veće elastičnosti u pogonu (oznaka s na sl. 6. i sl. 7).

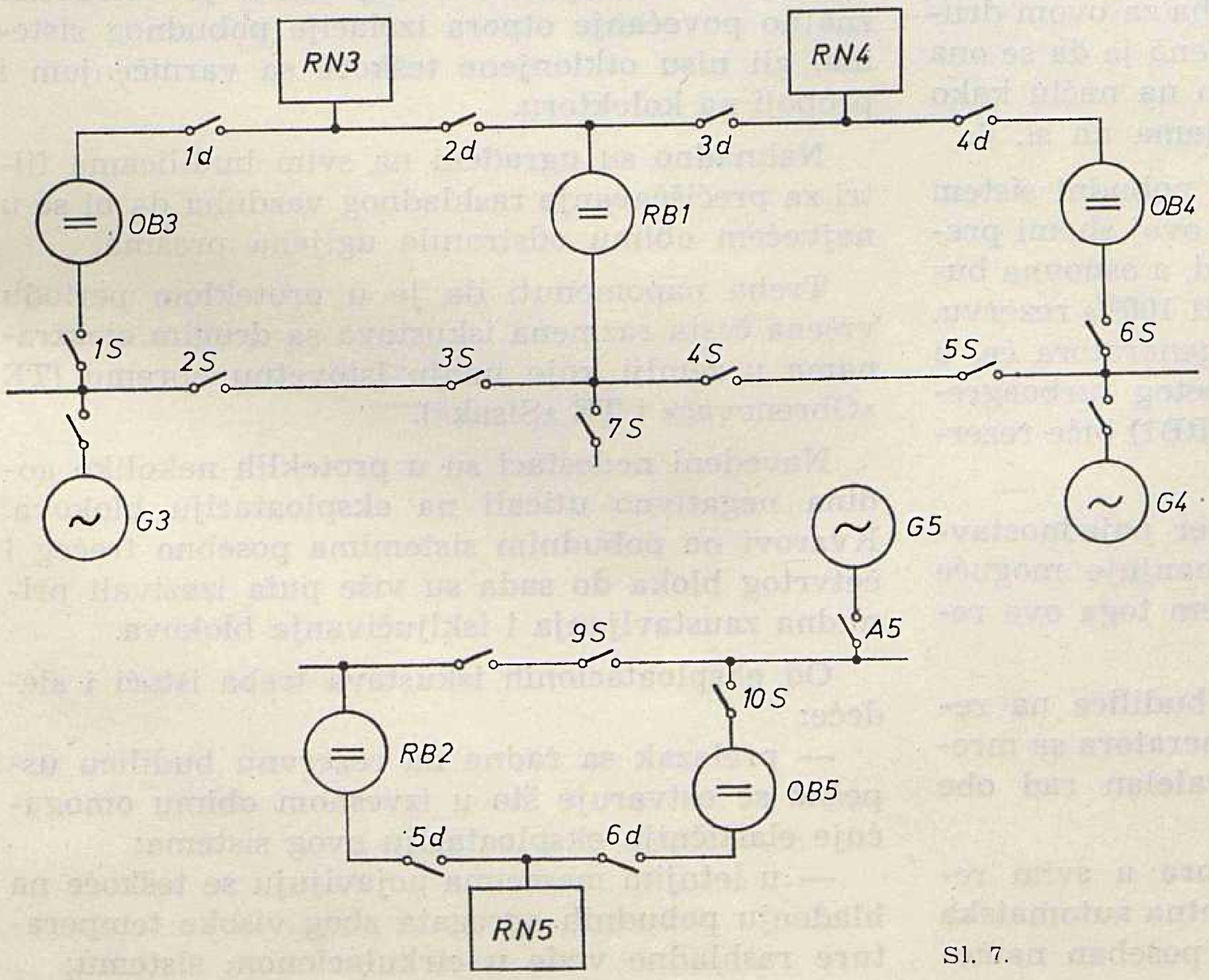
3. Automatski regulator napona (oznaka RN na sl. 5, sl. 6. i sl. 7). Automatski elektromagnetni regulator napona služi za regulaciju napona generatora u normalnim i havarijskim režimima rada, uvođenjem u pobudno kolo budilice dodatne energije od naponskih i strujnih transformatora generatora.



Sl. 5.



Sl. 6.



Sl. 7.

Za svaki generator se primenjuju dva regulatora datog tipa, jer polazna snaga jednog regulatora pri radu generatora pod punim opterećenjem i sa niskim faktorom snage nije dovoljna. Oba regulatora su na izlazu vezana paralelno.

Napajanje strujnih namotaja regulatora vrši se sa strujnih transformatora prenosnog odnosa 10 000 A, a naponskih sa naponskih transformatora prenosnog odnosa $15/\sqrt{3}/0{,}1$ kV (sl. 5).

Regulator održava stalan napon (uz odgovarajući statizam) od praznog hoda do punog opterećenja. On omogućuje forsiranu pobudu kod velikih (sve do kratkog spoja) i malih (10—15%) smanjenja napona.

Delovanje regulatora počiva na principu regulisanog faznog kompaundiranja koje omogućuje visoku sposobnost forsiranja:

tip regulatora — RVA—62
maksimalna izlazna snaga regulatora — 630 W

maksimalni napon na izlazu regulatora — 70 V
nominalno područje regulacije napona generatora — $\pm 15\%$
tačnost regulacije — $\pm 0{,}5\%$.

4. Podešavajući autotransformator, kojim se menja zadata vrednost napona generatora na ulazu u regulator napona (PT na sl. 5).

tip — RNT—180÷2,5—2
primarni napon — 150÷200 V
napon opterećenja — 173 ±5%
struja — 8 A
pogon — elektromotor jednosmjerne struje.

5. Automat gašenja polja generatora (oznaka A na sl. 5, sl. 6. i sl. 7). Automat gašenja polja je jednopolni nepolarizovani komutacioni aparat sa daljinskom komandom. Predviđen je za gašenje polja velikih generatora sa nominalnim strujama rotora od 1 200 do 3 000 A kod normalnog napona pobude do 500 V.

Gašenje polja ostvaruje se putem pražnjenja pobudnog namotaja generatora preko električnog luka koje se ostvaruje u prstenastoj rešetki za gašenje luka.

Automat gašenja polja dopušta dvojno povećanje struje u toku 50 ms i desetostruko u toku 20 ms u odnosu na nominalne vrednosti. On podnosi i kratkotrajno povećanje napona za vreme forsiranja pobude.

Sva ova pomoćna oprema isporučena je iz SSSR-a.

Pored osnovnih pobudnih agregata za svaki generator, ugrađen je i rezervni pobudni agregat istih karakteristika kao i osnovni. Rezervni agregat služi da obezbedi napon za pobudu generatora pri kvaru osnovnih agregata. Prema shemi (sl. 6) rezervni agregat može da zameni bilo koji osnovni koji je u kvaru, što znači da je on rezervni za sva tri generatora.

Dispoziciono i građevinski su data rešenja za eventualnu nesmetanu ugradnju još veće rezervne budilice (RB2). Ako se ukaže potreba za ovom drugom rezervnom budilicom, predviđeno je da se ona poveže na postojeći pobudni sistem na način kako je to prikazano isprekidanim linijama na sl. 6.

Postoji mogućnost da se odvoji pobudni sistem za peti agregat prema sl. 7. Prema ovoj shemi prekidač 7s će ostati kao rezervni izvod, a osnovna budilica petog agregata (OB5) će imati 100% rezervu. Pobudni sistem trećeg i četvrtog generatora će, u ovom slučaju, biti nezavisan od petog turboagregata i postojeća rezervna budilica (RB1) biće rezervna za treći i četvrti turboagregat.

Prednost ima shema na sl. 7, jer pojednostavljuje manipulacije u pogonu i smanjuje moguće greške, a dovoljno je pouzdana. Sem toga ovo rešenje je jeftinije.

Prebacivanje pobude sa radne budilice na rezervnu vrši se bez isključivanja generatora sa mreže uvođenjem u kratkotrajni paralelan rad obe budilice.

Za regulisanje napona generatora u svim režimima rada ugrađena su tri kompletna automatska regulatora napona koji deluju na poseban namotaj budilice prema blok-shemi na sl. 5. Pomoću kontaktora d (sl. 6) omogućeno je delovanje bilo koga regulatora napona na rezervnu budilicu.

Svim rastavnim i prekidnim uređajima se komanduje daljinski iz komandne sale (sem rastavnim prekidačima 3s, 4s i 7s).

Pitanje napajanja pobudnog agregata veoma je važno jer agregat treba smatrati za jedan od osnovnih pomoćnih uređaja. U TE »Kosovo« se osnovni agregati napajaju sa sabirnica postrojenja sopstvene potrošnje bloka 6 kV, a rezervni agregat priključen je na postrojenje opšte grupe potrošača.

EKSPLOATACIONA ISKUSTVA TE »KOSOVO«

I pored redovnog održavanja ovog sistema neprekidno je prisutan problem varničenja ispod četkica kolektora budilica. Ovo je jedan od najtežih nedostataka pobudnog sistema što je posledica kompleksnog skupa konstruktivnih, montažnih i drugih faktora. Posebno treba istaći da se povećano varničenje pojavljuje:

— zbog prevelikog bacanja oboda kolektora usled slabog osiguranja steznih zavrtnjeva kolektora
— zbog slabih kontaktnih spojeva lamela kolektora sa odgovarajućim namotajima, što dovodi do različitog grejanja spojeva a time i povećanog varničenja ispod pojedinih četkica.

Loš otpor izolacije u prvom redu nastaje zbog neizolovanih namotaja pomoćnih polova koji se u toku rada budilice prljaju ugljenom prašinom, kao i zbog niske klase izolacije ostalih namotaja. Zbog toga je na svim budilicama izvršeno u domaćim fabrikama ponovno izolovanje svih namotaja kvalitetnijom izolacijom. Na taj način je ostvareno znatno povećanje otpora izolacije pobudnog sistema, ali nisu otklonjene teškoće sa varničenjem i proboji na kolektoru.

Naknadno su ugrađeni na svim budilicama filtri za prečišćavanje rashladnog vazduha da bi se u najvećem obimu odstranila ugljena prašina.

Treba napomenuti da je u proteklom periodu vršena česta razmena iskustava sa drugim elektranama u zemlji koje imaju istovetnu opremu (TE »Obrenovac« i TE »Sisak«).

Navedeni nedostaci su u proteklih nekoliko godina negativno uticali na eksploataciju blokova. Kvarovi na pobudnim sistemima posebno trećeg i četvrtog bloka do sada su više puta izazivali prinudna zaustavljanja i isključivanja blokova.

Od eksploatacionih iskustava treba istaći i sledeće:

— prelazak sa radne na rezervnu budilicu uspešno se ostvaruje što u izvesnom obimu omogućuje elastičniju eksploataciju ovog sistema;
— u letnjim mesecima pojavljuju se teškoće na hlađenju pobudnih agregata zbog visoke temperature rashladne vode u cirkulacionom sistemu;

— postizanje odgovarajućeg otpora izolacije ležaja pobudnog agregata radi sprečavanja ležajnih struja zahteva stalnu ,brigu i kontrolu zbog nepogodnog konstruktivnog rešenja.

Puštanje u pogon pobudnog agregata kod puštanja bloka u rad po pravilu se prvo vrši zbog opasnosti od ispadanja postrojenja sopstvene potrošnje usled velikih polaznih struja i dugotrajnog zaletanja koje je praćeno velikim snižavanjem napona na čitavom postrojenju sopstvene potrošnje.

Eksploatacione teškoće i brojna isključenja blokova zbog ovih teškoća navela su na ozbiljna razmišljanja da se napusti ova pobuda i da se pređe na indirektni statički sistem pobude na sva tri navedena generatora. Konkretna rešenja će zavisiti od potrebnih ulaganja i montažnih mogućnosti s obzirom na postojeće stanje i nameru da se maksimalno iskoristi već instalirana pomoćna oprema.

Slične teškoće su imale i pomenute termoelektrane u zemlji, i tamo je već izvršena ili se vrši zamena tih pobudnih sistema sa indirektno statičkom pobudom.

LITERATURA

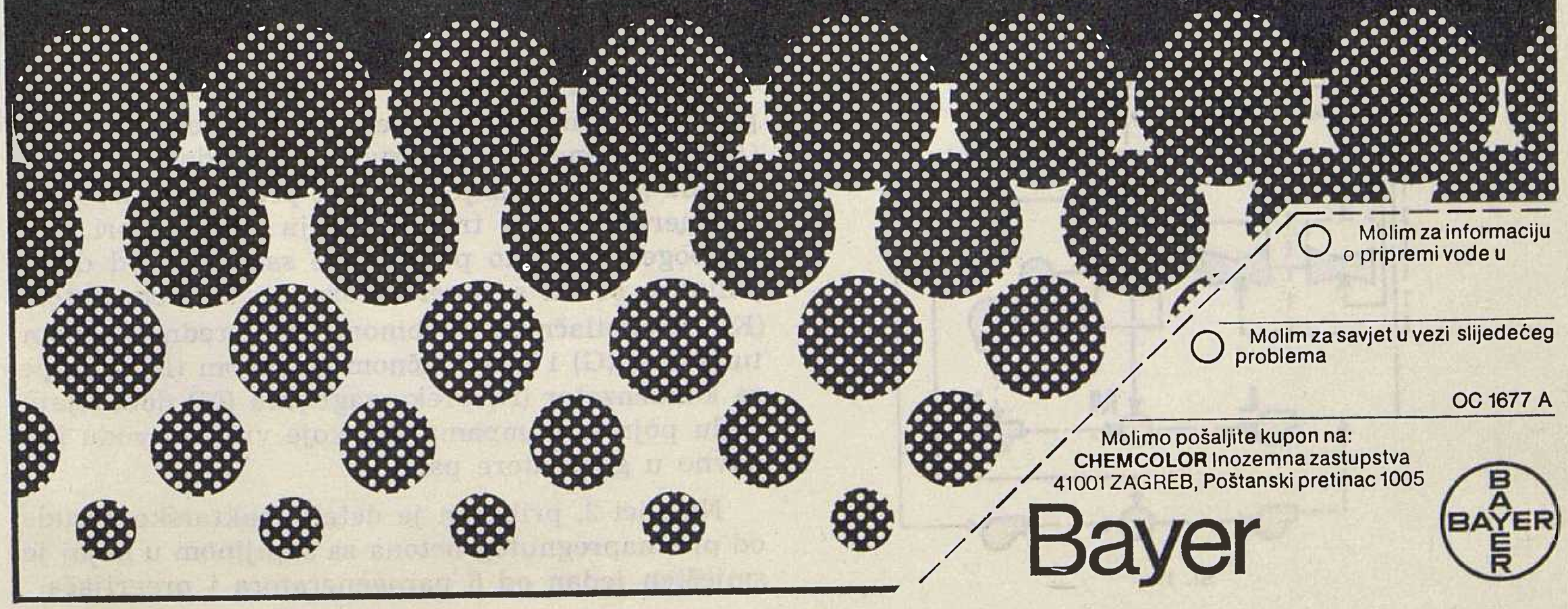
1. S. A. Motigina — Ekspluatacija električeskoi časti teplovih elektrostancii — Energija, Moskva, 1968.
2. Tehničeskii otčet ispitanija vozbuditelja tipa VT-99/47-7
3. Pasport — protokol ispitanija trehfaznogo asinhronnogo elektrodvigatelja ATK 18 C 10—6
4. V. Teodorović, D. Suvajdžić — Svojstva pobudnih agregata TE Obrenovac u zavisnosti od preopteretivosti mašina i od kinetičke energije rotirajućih masa — Referat sa X stručnog savetovanja elektroenergetičara Jugoslavije, Dubrovnik, 1970.
5. R. Lukić — Pobuda i regulacija napona u TE »Obrenovac« — Elektroprivreda 5—6/1971.
6. D. Piperski — Gašenje polja na generatorima u TE »Kosovo« — Elektroprivreda 1—2/1971.
7. Avtomatičeskii reguljator vozbuždenija tipa RVA-62 dlja sinhronnih mašin
8. Tehničeskoje opisanije i instrukcija po ekspluatacii avtomatov gašenija polja serii AGP 30

Naslov pisca:
Mr Dragoljub M. P i p e r s k i, dipl. inž.
REMHK »Kosovo« Priština

Priprema vode u nuklearnim elektranama

Lewatit/Lewasorb

Ionski izmjenjivač tvrtke Bayer – djelotvoran, ekonomičan



Molim za informaciju o pripremi vode u

Molim za savjet u vezi slijedećeg problema

OC 1677 A

Molimo pošaljite kupon na:
CHEMCOLOR Inozemna zastupstva
41001 ZAGREB, Poštanski pretinac 1005

Bayer

BAYER

RAZVOJ NUKLEARNE ENERGETIKE

Vladimir Vuković, Zagreb

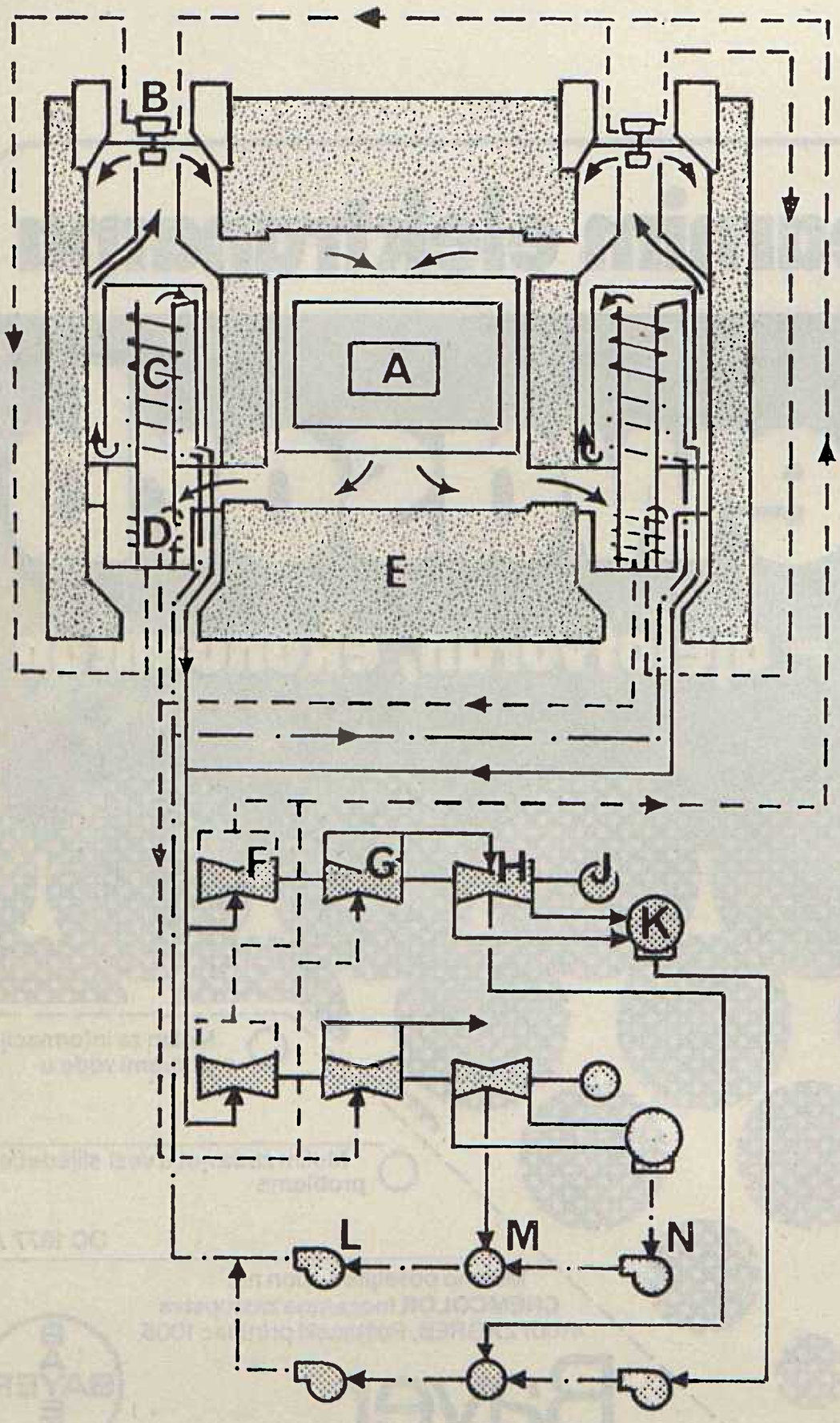
Ukratko je prikazan historijski razvoj nuklearne energetike od eksperimenata E. Fermija 1942. godine i prvih nuklearnih elektrana u SSSR-u i V. Britaniji, pa sve do današnjeg stanja. Opisani su osnovni tipovi energetskih reaktora, te postojeća problematika gradnje i razvoja.
(Prvi dio članka tiskan je u Energiji 1—2/1977, drugi dio u Energiji 1—2/1978, a ovim brojem se završava.)

DK 621.039.5

VISOKOTEMPERATURNI PLINOM HLAĐENI REAKTORI

(HGTR — High Temperature Gas Cooled Reactor)

Ovi se reaktori hlade helijem, a moderiraju grafitom. Do sada je izgrađeno ili se gradi 6 reaktora, ali su od toga 2 obustavljena. Prvi je reaktor ove vrste izgrađen i stavljen u pogon 1966. godine u V. Britaniji (Dorset) u eksperimentalne svrhe. Izgrađen je na internacionalnoj bazi (OECD): reaktorska posuda — Mannesmann, jezgra — UK AEA, parogeneratori — Wagner Biro i turbina — Reyrolle. Nakon 10 godina rada reaktor je obustavljen. Imao je čeličnu reaktorsku posudu, snagu od svega 20 MWt, a temperatura helija je iznosila 350/750 °C (kod pojedinih eksperimenata i do 1 050 °C).



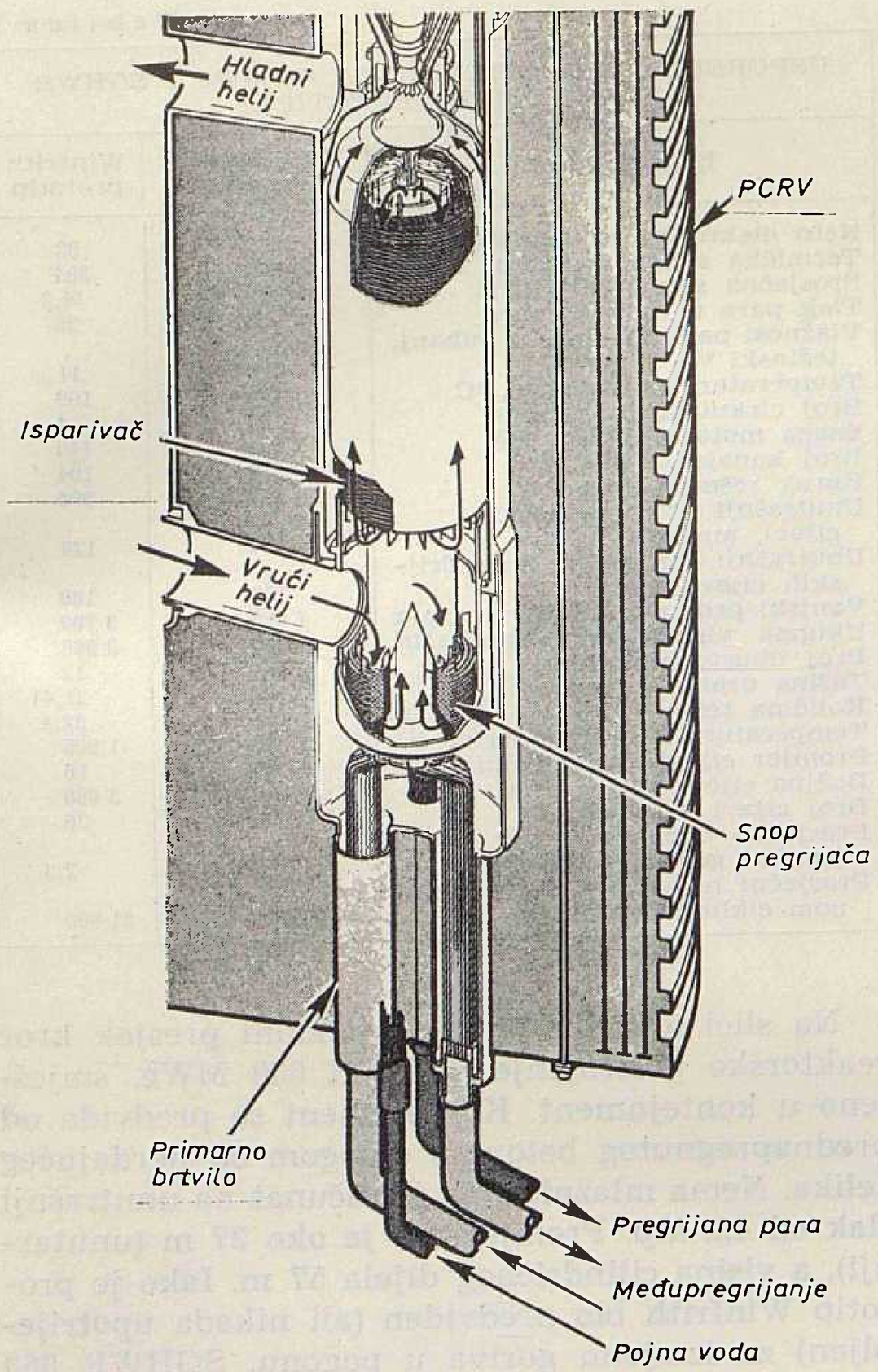
Sl. 1.

Negdje u isto vrijeme i u slične svrhe u Njemačkoj je stavljen u pogon reaktor Jülich sa 15,6 MWe, odnosno 51 MWt. Reaktorska je posuda također čelična. Međutim, potkraj 1978. godine u Njemačkoj se treba staviti u pogon elektrana THTR Uentrop, s reaktorskom posudom od prednapregnutog betona. Električna snaga elektrane bit će 300 MWe (odnosno 750 MWt). Temperatura helija 262/750 °C, a parametri pare 181 kg/cm² i 530 °C.

U Americi se na ovim reaktorima radi od 1959. godine. Prvi je (Peach Bottom 1) stavljen u pogon 1966. godine, a prestao s radom 1974. godine (40 MWe/115 MWt). Drugi (Fort St. Vrain) sa 342 MWe/842 MWt, stavljen je u pogon 1975. god. Treći se gradi pod imenom Fulton 1. Predviđa se da će se dignuti na punu snagu negdje 1983. godine. Budući da predstavlja i postojeće stanje tehnike kod svih ovih tipova, u nastavku će se dati i nešto pobliži podaci.

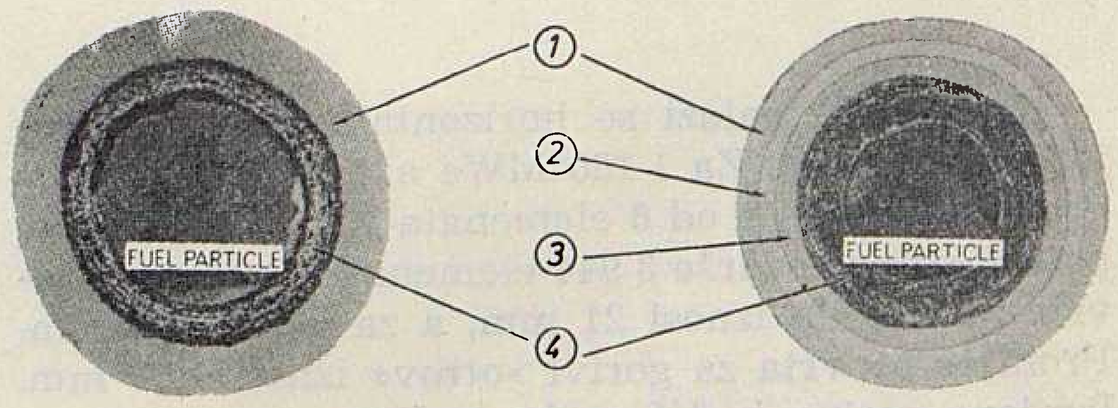
Na slici 1. shematski je prikazano energetsko postrojenje nuklearne elektrane Fulton 1. Jezgra (A) smještena je u posudi od prednapregnutog betona (E). Helij iz jezgre kroz pregrijače (D) i parogeneratore (C) transportiraju kompresori (B). Turbogeneratorsko postrojenje sastoji se od dviju jedinica, svaka s generatorom (J), kondenzatorom (K) visokotlačnom turbinom (F), srednjotlačnom turbinom (G) i niskotlačnom turbinom (H). Pumpe za kondenzator (N) preko zagrijača (M) dobavljaju vodu pojnim pumpama (L), koje vraćaju vodu ponovno u generatore pare.

Na slici 2. prikazan je detalj reaktorske posude od prednapregnutog betona sa šupljinom u kojoj je smješten jedan od 6 parogeneratora i pregrijača.



Sl. 2.

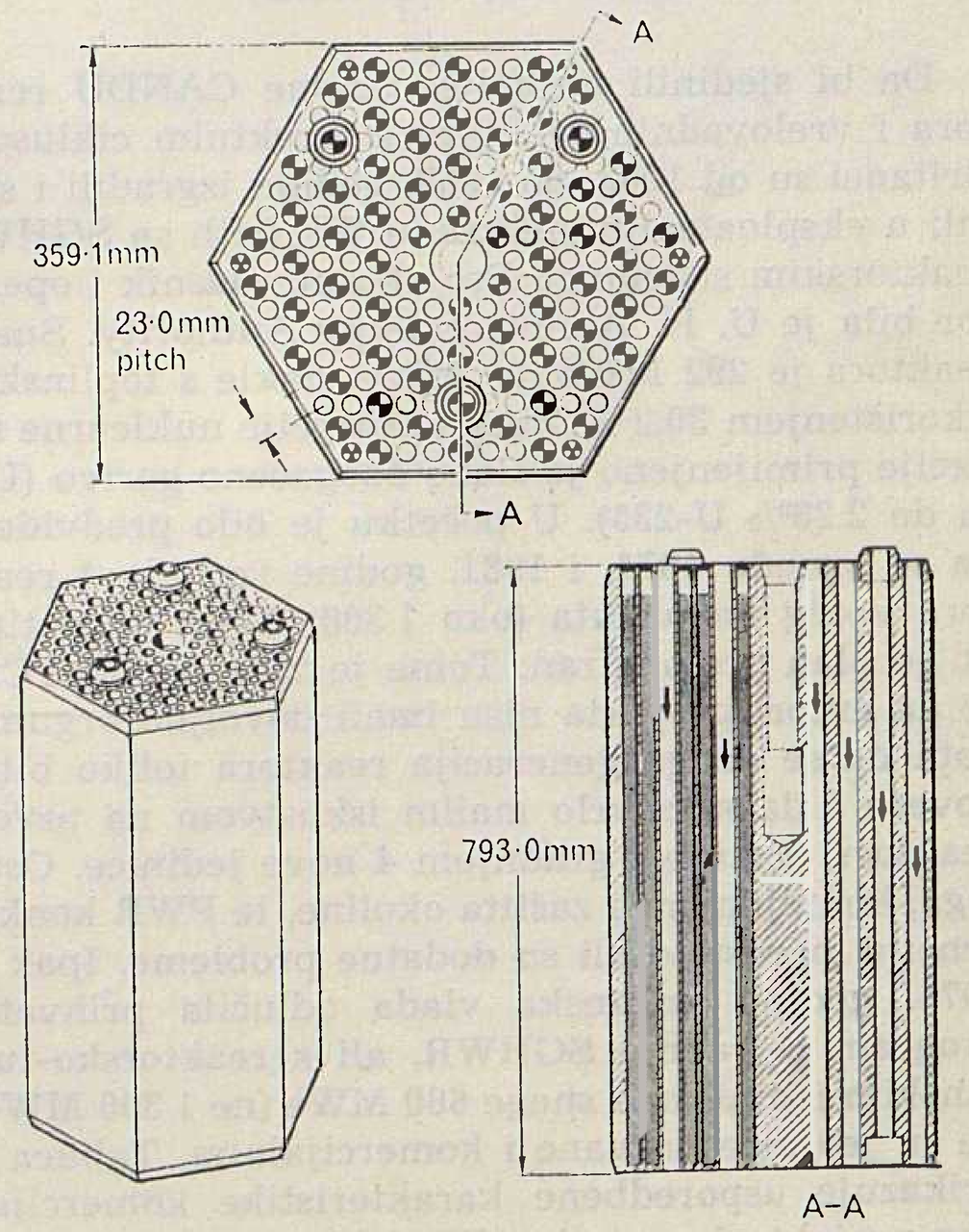
Na slici 3. vide se presjeci dvaju zrnaca goriva. Lijevo je BISO tip, a desno TRISO (ovo su akronimi za oznaku tipa obloge čestica godiva). Vanjski sloj obloge (1) sastoji se od izotropskog pirolitičkog ugljika koji zadržava fisijske produkte. Sloj silicijskog karbida (2) koji se nalazi između vanjskog i još jednog unutrašnjeg sloja (3) izotropskog pirolitičkog ugljika ima samo TRISO obloga. Prvi unutrašnji sloj pirolitičkog ugljika (4) sadrži i BISO i TRISO; ovo je pirolitički ugljik niske gustoće, a služi kao odbojnik. U TRISO oblozi se nalazi visokoobogaćeni UC_2, dok BISO sadrži ThO_2. Zrnca goriva (0,2 do 0,8 mm promjera) izmiješana su u pogodnoj proporciji i formiraju štapiće goriva promjera 15,9 mm i dužine 50 do 60 mm. Kao vezivo upotrijebljen je također grafit (prašak). Isprešani štapići stavljaju se u grafitne blokove, koji na taj način čine element goriva, prikazan na slici 4. Tvrdi se da su ispitivanja ovog goriva dala odlične rezultate.



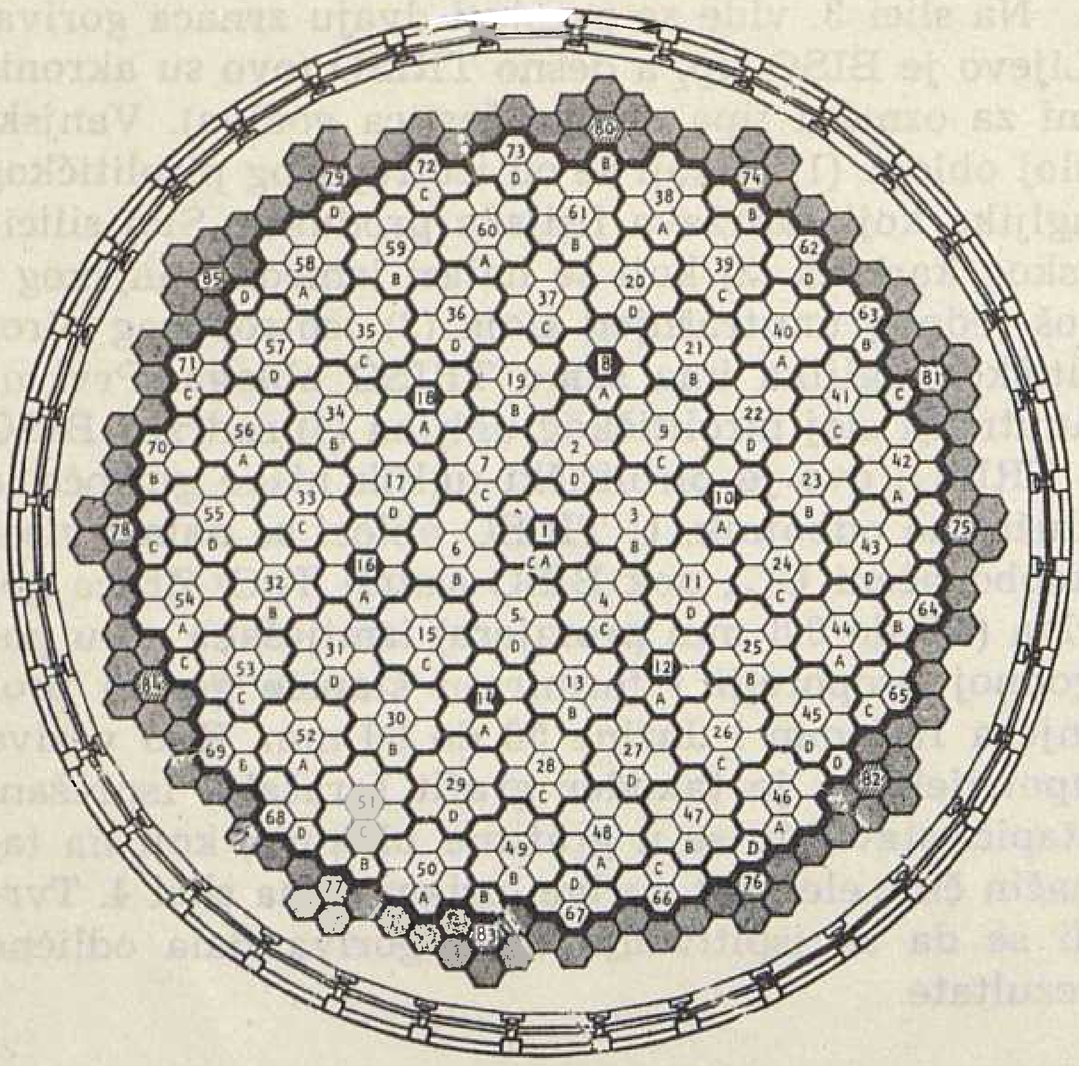
Sl. 3. Presjek kroz čestice goriva HGPR — lijevo BISO i desno TRISO — TIP

Tehnički podaci:

Termička snaga reaktora	3 000 MWt
Električka snaga generatora	1 175 MWe
Neto iskoristivost elektrane	38,6%
Promjer jezgre	8,41 m
Visina aktivnog dijela jezgre	6,30 m
Broj elemenata goriva	3 944
Kontrolne šipke (komada)	73 para
Aktivna dužina šipke	6,35 m
Apsorpcijski materijal	B_4C/grafit
Pogon šipki	Elektromotorni
Sigurnosno ubacivanje	Gravitacijom
Protok pare	$3{,}9 \times 10^6$ kg/h
Tlak pare	169 kg/cm²
Protok primarnog hladila	$5{,}08 \times 10^6$ kg/h
Tlak primarnog hladila	51 kg/cm²
Ulazna temperatura helija	316°C
Izlazna temperatura helija	741°C
Prosječni toplinski fluks	205 kW/m²
Maksimalni toplinski fluks	584 kW/m²
Maksimalna temperatura goriva	1 410°C



Sl. 4.



Sl. 5.

Tablica 1.

USPOREDBA KARAKTERISTIKA 660 MWe I SGHWR WINFRITH PROTOTIPA

Karaktristike	Komercijalni projekt	Winfrith prototip
Neto električna snaga, MWe	625	93
Termička snaga reaktora, MWt	1 900	294
Prosječna snaga MW/t(U)	19,77	14,3
Tlak pare u bubnju, bara	55	55
Vlažnost pare na ulazu u bubanj, težinski %	11,9	11
Temperatura pojne vode, °C	194	199
Broj cirkulacijskih pumpi	4	4
Snaga motora pumpe, kW	1 864	446
Broj kanala za gorivo	532	104
Korak rešetke, mm	260	260
Unutrašnji promjer tlačnih cijevi, mm	130	130
Unutrašnji promljer kalandrijskih cijevi, mm	180	180
Vanjski promjer kalandrije. mm	7 520	3 700
Ukupna visina kalandrije, mm	4 680	3 960
Broj obustavnih cijevi	64	12
Težina urana u jezgri, t	100,1	21,41
Količina teške vode, t	115	32,4
Temperature u centru goriva °C	1 910	1 905
Promjer cijevi goriva, mm	16	16
Dužina cijevi goriva, mm	3 880	3 660
Broj cijevi u snopu	36	36
Prosječno obogaćenje pri izmjeni goriva, % (U-235)	2,105	2,3
Prosječni odgor pri uravnoteženom ciklusu, MWD/t(U)	20 730	21 000

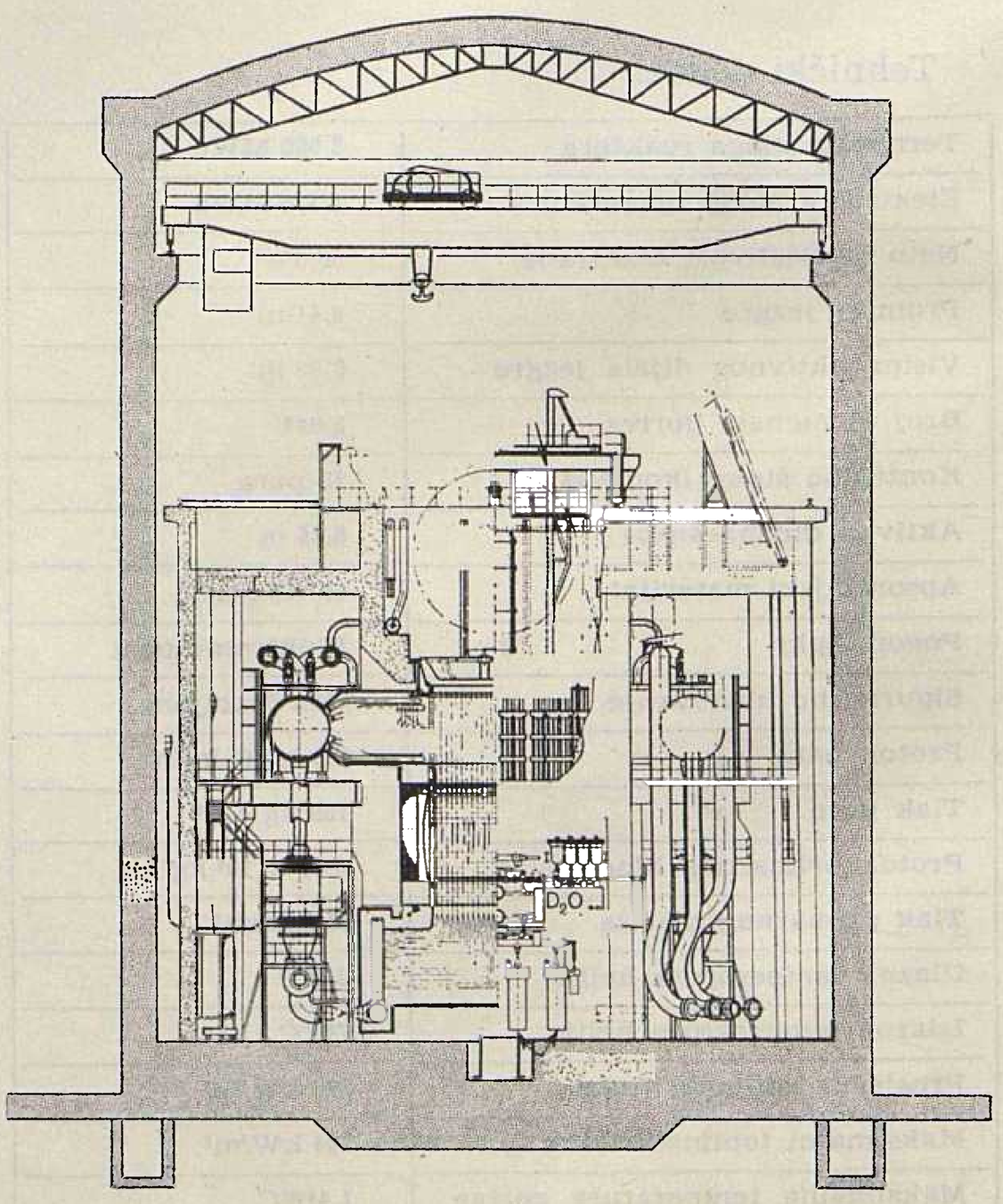
Na slici 5. nalazi se horizontalni presjek kroz jezgru reaktora. Za 1 160 MWe aktivna visina jezgre sastavljena je od 8 elemenata goriva po stupcu, pa 493 stupca sadrže 3 944 elemenata. Promjer provrta za hladilo iznosi 21 mm, a za gorivo 16 mm. Promjer provrta za gorivi »otrov« iznosi 12,7 mm. Izmjena goriva je 1/4 svake godine.

PAROGENERATORSKI TEŠKOVODNI REAKTORI

(SGHWR — Steam Generator Heavy Water Reactor)

Da bi sjedinili najbolje osobine CANDU reaktora i vrelovodnih reaktora s direktnim ciklusom, Britanci su od 1963. do 1967. godine izgradili i stavili u eksploataciju elektranu Winfrith sa SGHWR reaktorskim sistemom. Projektant, vlasnik i operator bila je U. K. Atomic Energy Authority. Snaga reaktora je 292 MWt/100 MWe, dakle s toplinskim iskorištenjem 30,3%. Zbog apsorpcije nuklearne reakcije primijenjeno je slabo obogaćeno gorivo (UO_2 sa do 2,28% U-235). U početku je bilo predviđeno da se između 1974. i 1981. godine izgrade 4 reaktora većeg kapaciteta (oko 1 300 MWe) ovog tipa, ali je plan prolongiran. Tome je više razloga. Čini se da autori projekta nisu imali dovoljno argumenata da se druga generacija reaktora toliko bitno poveća i da se s vrlo malim iskustvom na prvom reaktoru počinje s gradnjom 4 nove jedinice. Osim toga, kontejnment i zaštita okoline, te PWR konkurencija, predstavljali su dodatne probleme. Ipak je 1974. godine britanska vlada odlučila prihvatiti program izgradnje SGHWR, ali s reaktorsko-turbinskim jedinicama snage 660 MWe (ne 1 300 MWe). Te su jedinice nazvane i komercijalnim. Tablica 1. prikazuje usporedbene karakteristike komercijalnog projekta i prototipa Winfrith.

Na slici 6. prikazan je vertikalni presjek kroz reaktorsko postrojenje SGHWR 660 MWe, smješteno u kontejnment. Kontejnment se predviđa od prednapregnutog betona s oblogom od nerđajućeg čelika. Nema mlaznica, pa je računat na unutrašnji tlak od 4,2 atp. Promjer mu je oko 37 m (unutarnji), a visina cilindričnog dijela 57 m. Iako je prototip Winfrith bio predviđen (ali nikada upotrijebljen) za izmjenu goriva u pogonu, SGHWR 660



Sl. 6.

MWe je projektiran za brzu izmjenu goriva izvan pogona.

U sistemu za regulaciju naglašava se prednost zbog nepostojanja pokretnih dijelova u jezgri reaktora. Kontrola se vrši upotrebom »tekućih« isključnih šipki na taj način da se velikom brzinom injektira borna kiselina u cijevi među rešetkama reaktorske jezgre, a također i upotrebom nivoa moderatora u rutinskoj kontroli i malim promjenama reaktivnosti. Dugoročne promjene reaktivnosti koje dolaze zbog odgora kompenziraju se podešavanjem koncentracije borne kiseline u teškovodnom moderatoru, a sekundarni obustavni sistem je predviđen s mogućnošću gušenja moderatora. Istini za volju, ni ove 1978. godine ne može se s apsolutnom sigurnošću reći koji je faktor odlučujući bio u odgađanju gradnje ovih reaktorskih sistema i da li će ovi sistemi uspjeti u konkurenciji s PWR sistemima.

BRZI OPLODNI REAKTORI

Prva elektrana u svijetu, kapaciteta 750 kW, puštena je u pogon u New Yorku 1882. godine. Za proteklo, gotovo stogodišnje razdoblje karakteristična je nezasitnost energetskog konzuma. U posljednjem desetljeću mnoge zemlje sa relativno velikim proizvodnim kapacitetom udvostručuju potrošnju električne energije svakih deset godina, ili brže. Prema nekim prognozama očekuje se da će krajem ovog stoljeća proizvodni kapaciteti SAD biti šest puta veći nego 1970. godine, a ukupni svjetski kapaciteti bi se povećali na oko sedam milijuna megavata. To, svakako, zahtijeva ogromne izvore energetskih sirovina.

Početkom nuklearne ere razvoj nuklearnih reaktora bio je motiviran obećavanjem neograničenih količina jeftine električne energije. Međutim, energetska kriza i stvarno stanje zaliha fosilnih goriva problem su nešto izmijenili, pa se razvoj reaktora forsira jednostavno i zbog toga da se supstitucijom osigura energetska budućnost.

Prema sadašnjem stanju reaktorske tehnike najveći dio nuklearnih energetskih sirovina zasniva se na U-235, jer se primjena oplodnih rektora u većoj mjeri ne može očekivati prije 1990. godine, ali ni do kraja stoljeća oni neće imati bitnog efekta na potrošnju urana. Iako uran nije posebno rijedak element u Zemljinoj kori (procijenjena prisutnost u sloju koji je tanji od 20 km, 10^{14} tona), a ima ga i u morskoj vodi (red veličine 4×10^9 tona), koncentracije su najčešće tako malene da se njegova prisutnost na takvim mjestima nikada neće ni otkriti.

Ekstrakcija iz morske vode ekonomičnim putem također nije otkrivena. Prema tome, kada se govori o zalihama urana, onda se misli i na mogućnost ekonomične eksploatacije. Kad bi se svjetske energetske rezerve zasnivale samo na U-235 (udjel u prirodnom uranu svega 0,72 težinska postotka), nuklearna era bi bila relativno kratka. Na sreću, ipak postoji mogućnost da se stanoviti nefisibilni izotopi u procesu k o n v e r z i j e prevedu u fisibilne. Tako se mogu dobiti najvažniji fisibilni izotopi U-233 i Pu-239. Formule su jednostavne, a proces se zasniva na apsorpciji neutrona:

$$^{232}\mathrm{Th}\,(n,\gamma)^{233}\mathrm{Th} \xrightarrow[22{,}2\ \mathrm{m}]{\beta^-} {}^{233}\mathrm{Pa} \xrightarrow[27{,}4\ \mathrm{d}]{\beta^-} {}^{233}\mathrm{U}$$

odnosno,

$$^{238}\mathrm{U}\,(n,\gamma)^{239}\mathrm{U} \xrightarrow[23{,}5\ \mathrm{m}]{\beta^-} {}^{239}\mathrm{Np} \xrightarrow[2{,}35\ \mathrm{d}]{\beta^-} {}^{239}\mathrm{Pu}$$

U kritičnom reaktoru dakle, nefisibilni o p l o d n i torij (Th-232) ili oplodni uran (U-238, udjel u prirodnom uranu 99,27 težinska postotka) izlaganjem jakom neutronskom fluksu, mogu se pretvoriti u fisibilni U-233, odnosno Pu-239. Oba su produkta kemijski različita prema polaznim izotopima, pa se nakon vađenja iz reaktora novi fisibilni izotopi mogu izdvojiti kemijskim putem.

Proces konverzije se kvantitavno izražava parametrom C, a naziva se k o n v e r z i j s k i ili o p l o d n i o m j e r. Ovaj parametar predstavlja prosječni broj fisibilnih atoma koji nastaju u reaktoru po svakom fisibilnom atomu utrošenog goriva. Reaktori u kojima se može postići $C>1$, zovu se o p l o d n i. U njima se po svakom utrošenom fisibilnom atomu producira više nego jedan novi fisibilni atom. Prema tome, oplodni reaktori osim proizvodnje energije, proizvode i više fisibilnog materijala nego ga troše. Naravno da je reaktor za oplodnju teže konstruirati, jer se za održavanje kritične lančane reakcije u termalnom reaktoru mora eventualno apsorbirati u gorivu pri svakoj fisiji po jedan neutron, dok kod oplodnih reaktora parametar η mora biti bitno veći od 2, jer se neki neutroni apsorbiraju izvan goriva, a neki i pobjegnu iz reaktora. S η se označava omjer oslobođenih neutrona pri fisiji po apsorbiranom neutronu u fisibilnoj jezgri (gorivu).

Pokazalo se da je parametar η ovisan o energiji neutrona. Na slikama 7, 8. i 9 prikazane su ovisnosti η za U-233, U-235 i Pu-239 u funkciji energije upadnog neutrona. Pri termalnim neutronskim energijama ($E \approx 0{,}025$ eV) za U-233, η je 2,29 pa je to dovoljno za oplodnju (sl. 7). Znači, termalni reaktor »ložen« s U-233 mogao bi vršiti oplodnju. Nasuprot tome, kao što se iz slika 8. i 9. vidi, za U-235 i Pu-239 termalne energije neutrona nisu dovoljne za oplodnju. Iz slika se vidi da je η bitno veći od 2 za sva tri izotopa, ako su energije neutrona veće od 1 MeV. Zato se ovi reaktori i projektiraju bez moderatora, tako da se glavni dio fisija inducira s neutronskim energijama većim od 1 MeV, a takvi se reaktori zovu brzi o p l o d n i r e a k t o r i (engl. fast breeder). Stupanj do kojeg se vrši oplodnja označava se s $G=C-1$, a predstavlja n e t o - p r i r a s t broja fisibilnih atoma u reaktoru po utrošenom atomu goriva. Oplodnja se još definira i v r e m e n o m u d v o s t r u č e n j a, a znači vremenski interval u kojem se količina fisi-

bilnog materijala u reaktoru udvostruči. Do sada je ozbiljnije rađeno na dvadesetak projekata brzih oplodnih reaktora. Neki su u pogonu, neki su obustavljeni, a desetak se gradi. Radi ilustracije, ovdje će se prikazati u glavnim crtama samo dva reaktora, i to jedan hlađen tekućim metalom i jedan hlađen helijem.

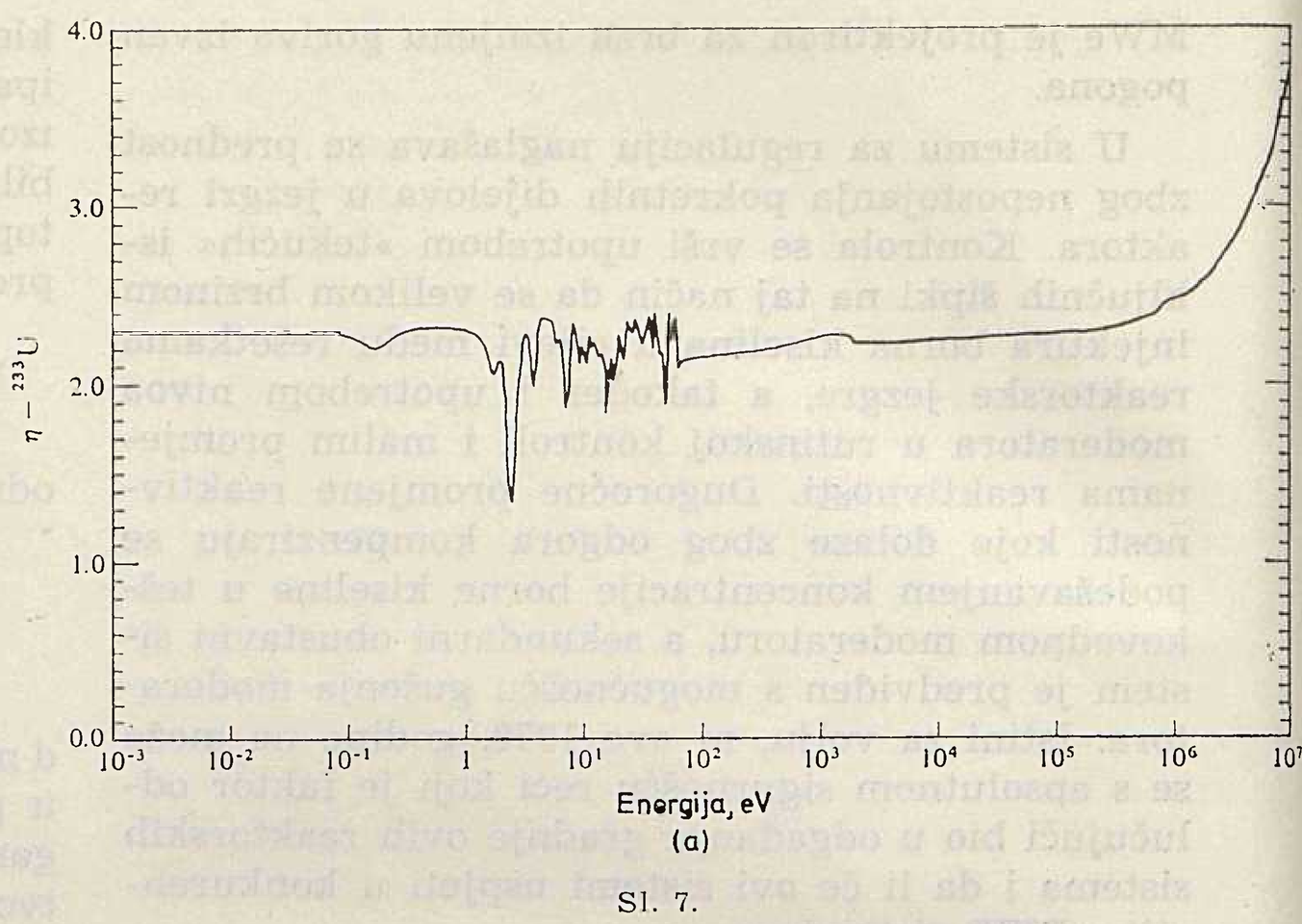
Gotovo svi brzi oplodni reaktori koji se grade ili su u pogonu, hlade se tekućim natrijem. Američka tvrtka Courtesy General Atomic Company razradila je koncept plinom hlađenog brzog oplodnog reaktora (GCFR) kao ekstrapolaciju HTGR tehnologije.

Na slici 10 prikazano je reaktorsko postrojenje hlađeno tekućim metalom sa po tri recirkulacijska kruga. U prvom i drugom krugu cirkulira tekući natrij. Para iz generatora (8) odvaja se od vode u separatoru (7) i pregrijava u pregrijaču (6). Na taj način se dobija stanje pregrijane pare približno jednako onom u konvencionalnim parnim postrojenjima.

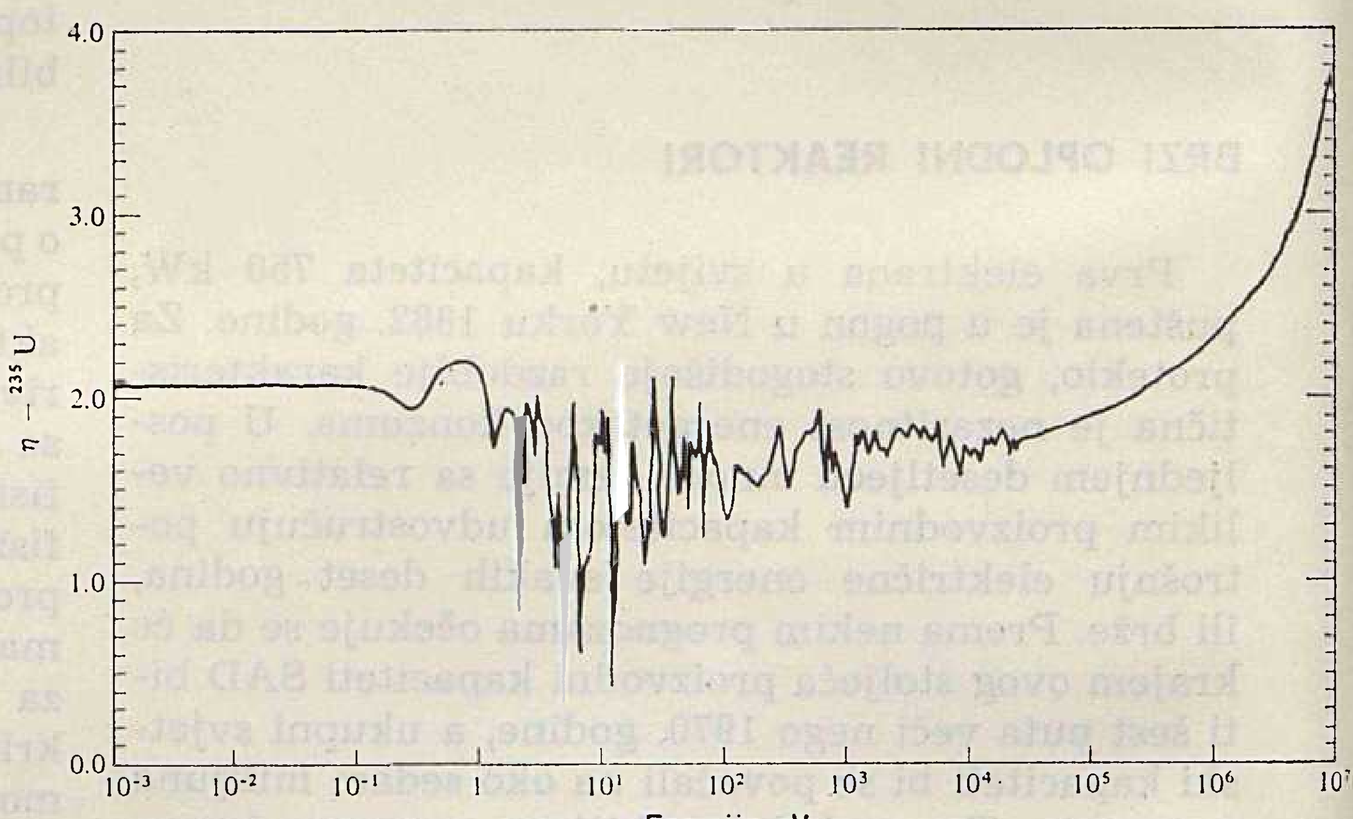
Najveći brzi oplodni reaktor počeo se graditi 1975. godine u Francuskoj pod nazivom Super — Phenix. Prema programu, u punom pogonu bi trebao biti negdje 1980. godine. Gorivo je mješavina UO_2 (obogaćenje 15,2%) i PuO_2 (19,2%). Termička snaga 3 000 MWt.

U SSSR-u se nalazi u pogonu brzi ophodni reaktor (BN-600) slijedećih karakteristika:

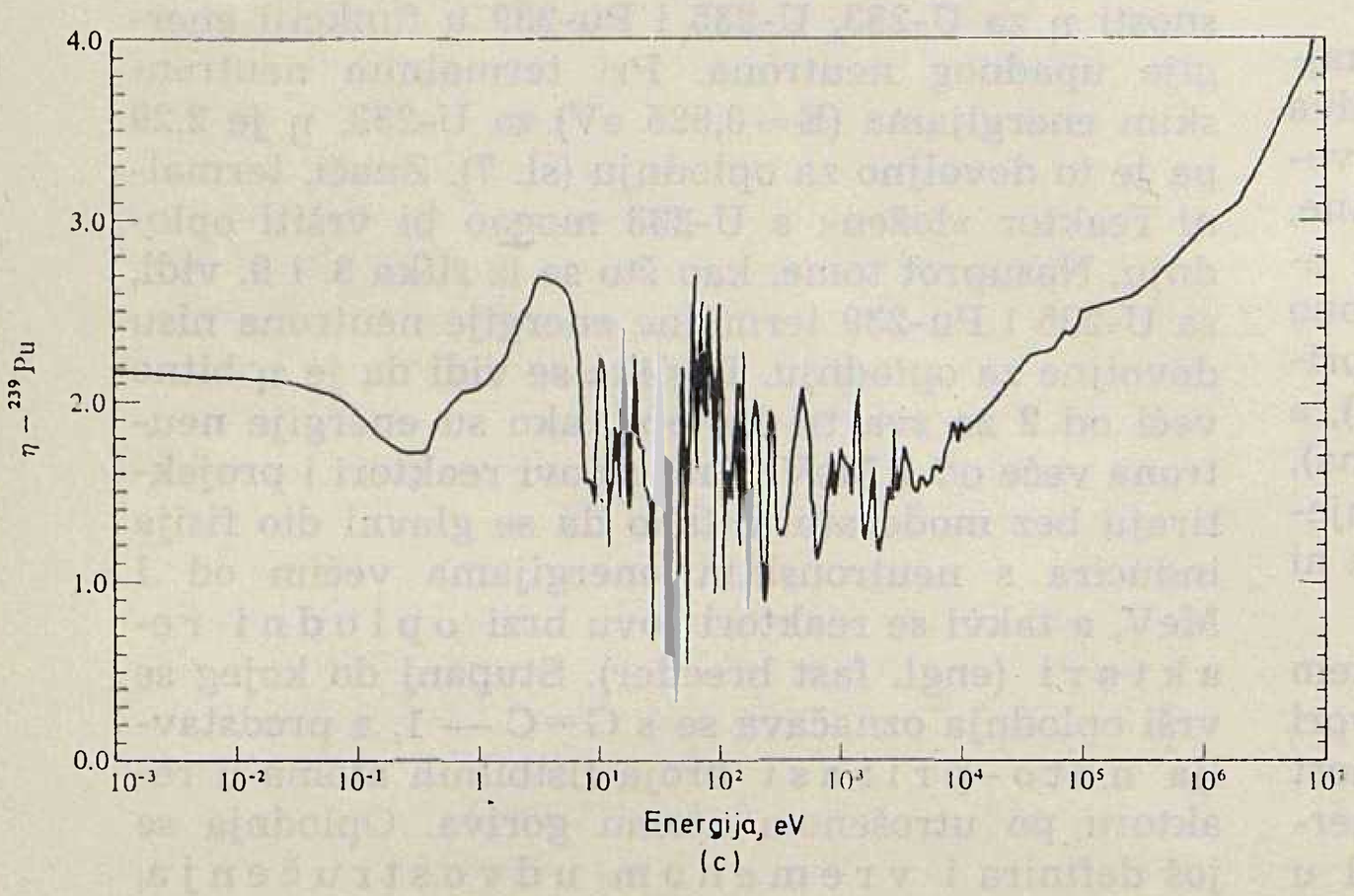
temperatura hladila u prvom krugu, °C	1 500/600
snaga postrojenja, MWt/MWe	550/380
broj rashladnih krugova	3
broj i snaga turbina, MWe	3 x 200
parametri pare, at/°C	140/505
protok natrija po krugu, m³/h	9 300
temperatura hladila u drugom krugu, °C	520/372



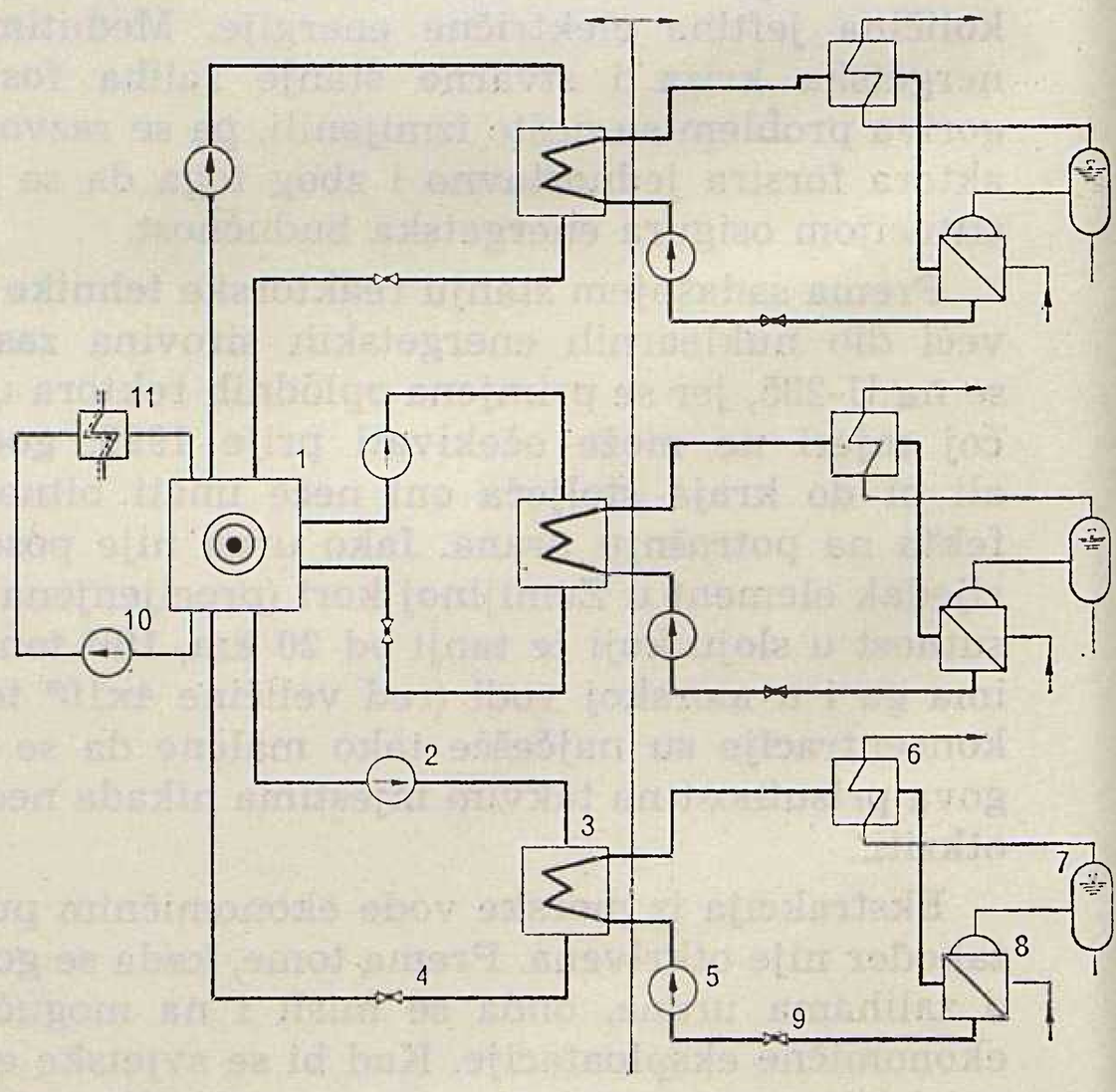
Sl. 7.



Sl. 8.



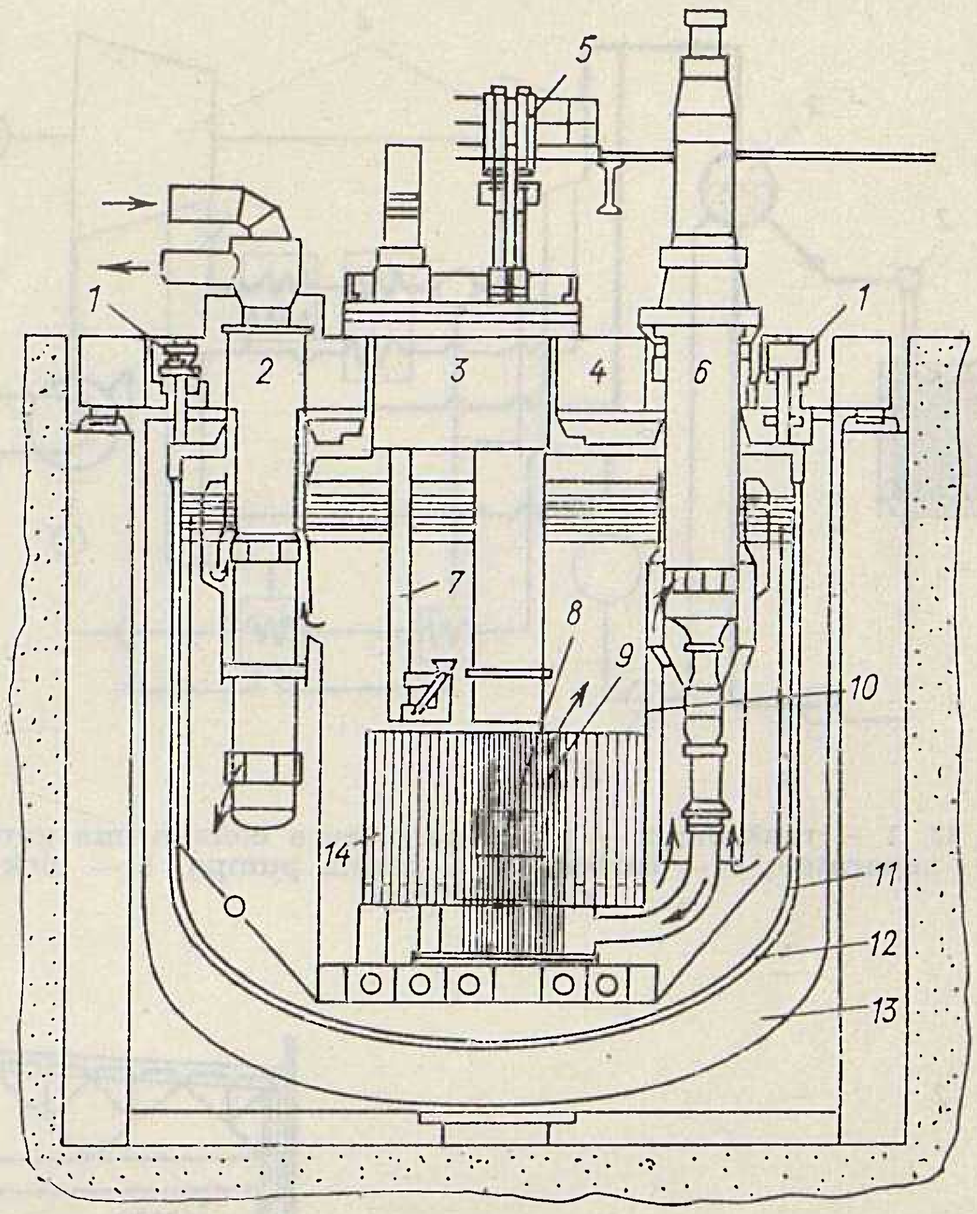
Sl. 9.



Sl. 10. Protočna shema sistema za prijenos topline brzog oplodnog reaktora hlađenog tekućim natrijem

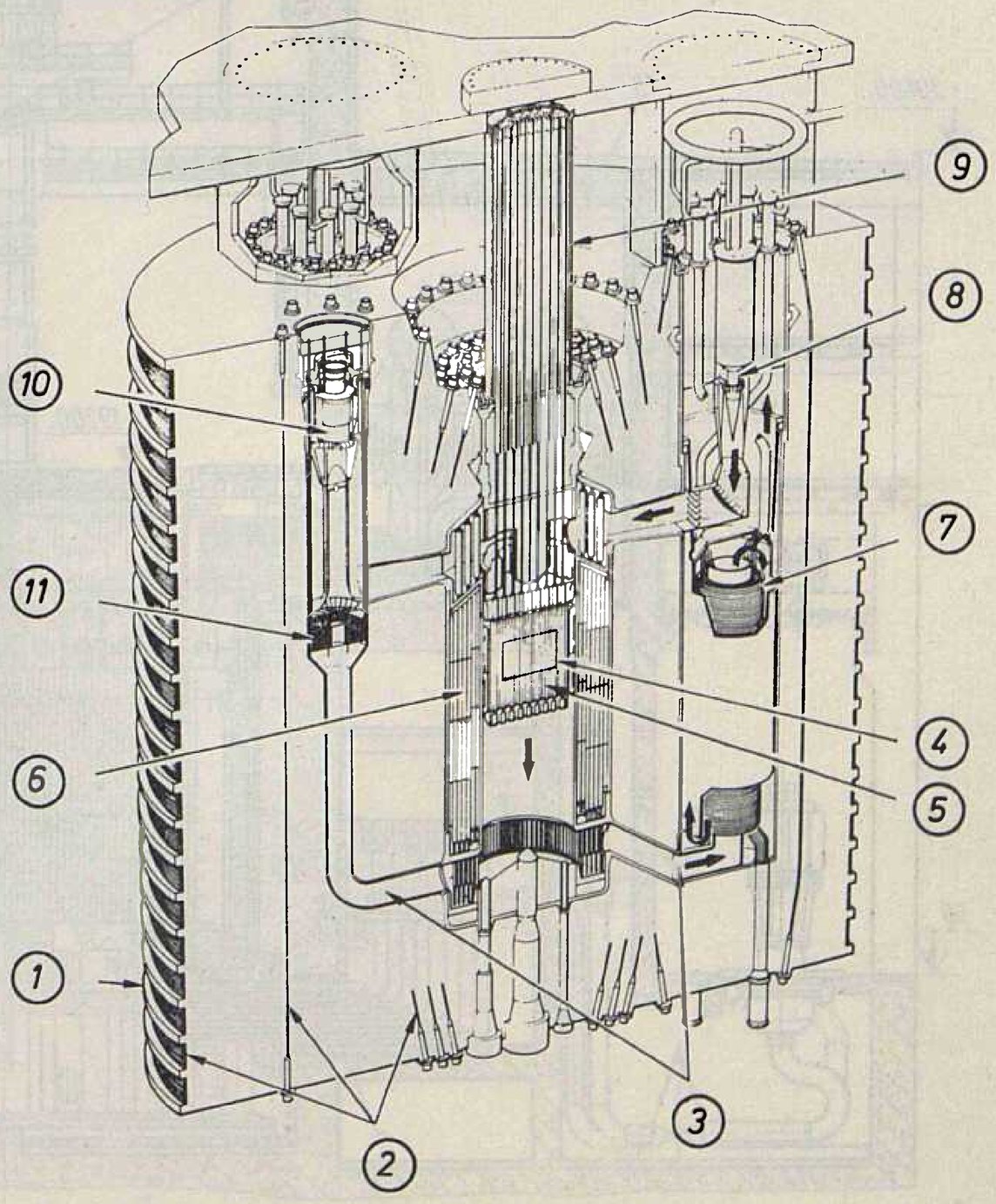
Na slici 11 prikazan je u presjeku reaktor s pripadnim uređajima. Da bi se izbjegla oksidacija, gornji dio reaktorske posude, iznad natrija, ispunjen je inertnim plinom. Pumpe uzimaju tekući natrij iz posude i tlače ga na distribucijsku rešetku ispod jezgre. Iz rešetke se diže pored elemenata goriva prema vrhu jezgre. Nakon toga se natrij, protjecanjem kroz toplinske izmjenjivače, hladi na 370-400 °C i pada prema dnu reaktorske posude.

Materijali reaktora su uglavnom nerđajući austenitni čelici. Reaktor BN-600 ima identične elemente goriva i u zoni izgaranja i u zoni reprodukcije. U zoni izgaranja je 397 elemenata, a svaki element ima 127 šipki promjera 6,9 mm u oblozi od nerđajućeg čelika debljine 0,4 mm. Rešetka ima trokutasti oblik s korakom od 8,05 mm. Obogaćenje je 21 do 29,4% (veće obogaćenje imaju periferni elementi). Oko zone izgaranja, promjera 2,05 m i visine 0,7 m, nalazi se zona reprodukcije, kao što se na slici vidi.



Sl. 11. 1 — učvršćenje reaktorske posude; 2 — srednji izmjenjivač topline; 3 — protupovratni zapor; 4 — pričvrsna ploča; 5 — vođenje kontrolnih svežnjeva; 6 — pumpa; 7 — pokretni zahvat; 8 — aktivna zona jezgre; 9 — reprodukcijska zona; 10 — omotač jezgre; 11 — reaktorska posuda; 12 — zaštitni plašt posude; 13 — zaštitna obloga; 14 — neutronska zaštita

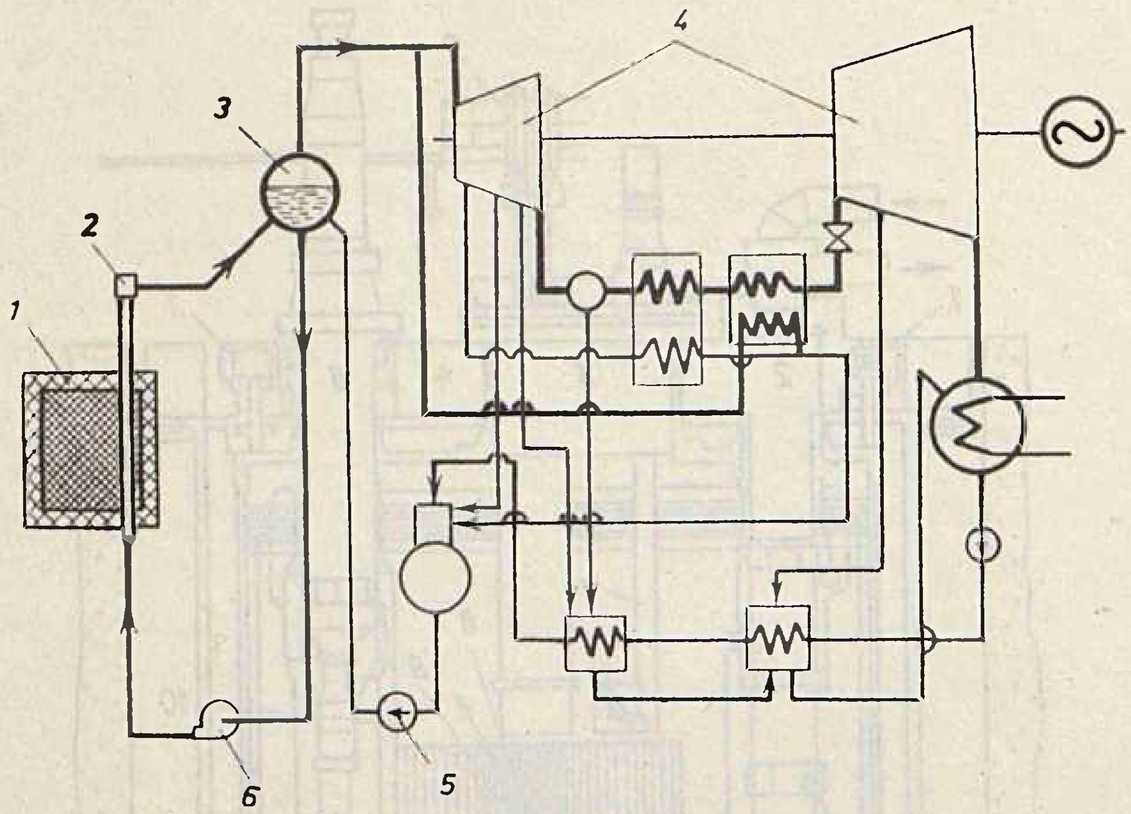
Na slici 12 je poprečni presjek brzog oplodnog reaktora koji se hladi plinom (Gas Cooled Fast Reactor — GCFR). Kao što je ranije spomenuto, to je korak naprijed u razvoju HTGR sistema. Hladi se helijem, a »loži« smjesom plutonija i urana. Jezgra je složena od velikog broja malog promjera (približno 7,6 mm) šipki goriva od nerđajućeg čelika koje sadrže tablete PuO_2 i UO_2. Od istih cijevi načinjena je i oplodna zona oko jezgre, ali samo s tabletama UO_2. Helij ulazi s gornje strane jezgre s temperaturom oko 338 °C i tlakom oko 88 at. Strujanjem između elemenata goriva kroz jezgru prema dolje plin se zagrije na oko 628 °C. Izlazi s donje strane jezgre te ulazi u jedan od 4 generatora pare, da bi se preko kompresora ponovno vratio u jezgru. Helij sam ne postaje radioaktivan pa nisu potrebni posebni izmjenjivači topline. Pregrijana para ima oko 168 at i 541 °C, te se očekuje koeficijent djelovanja elektrane 33 do 39 posto. Reaktorska je posuda od prednapregnutog betona. Kako helij predstavlja prazninu u reaktoru (nema efekta na neutrone), neutronski spektar je tvrđi (više energije neutrona) nego kod tekućeg natrija, gdje dolazi s njime do neelastičnog sudara. Zbog toga je η veći i odgovarajuće vrijeme udvostručenja kraće.



Sl. 12. 1 — reaktorska posuda; 2 — kabeli betonske armature; 3 — kanali vrućeg plina; 4 — jezgra; 5 — oplodna zona; 6 — toplinski štit; 7 — generator pare; 8 — glavni kompresor; 9 — pogon kontrolnih šipki; 10 — pomoćni kompresor; 11 — pomoćni izmjenjivač topline.

OSTALI ENERGETSKI REAKTORI

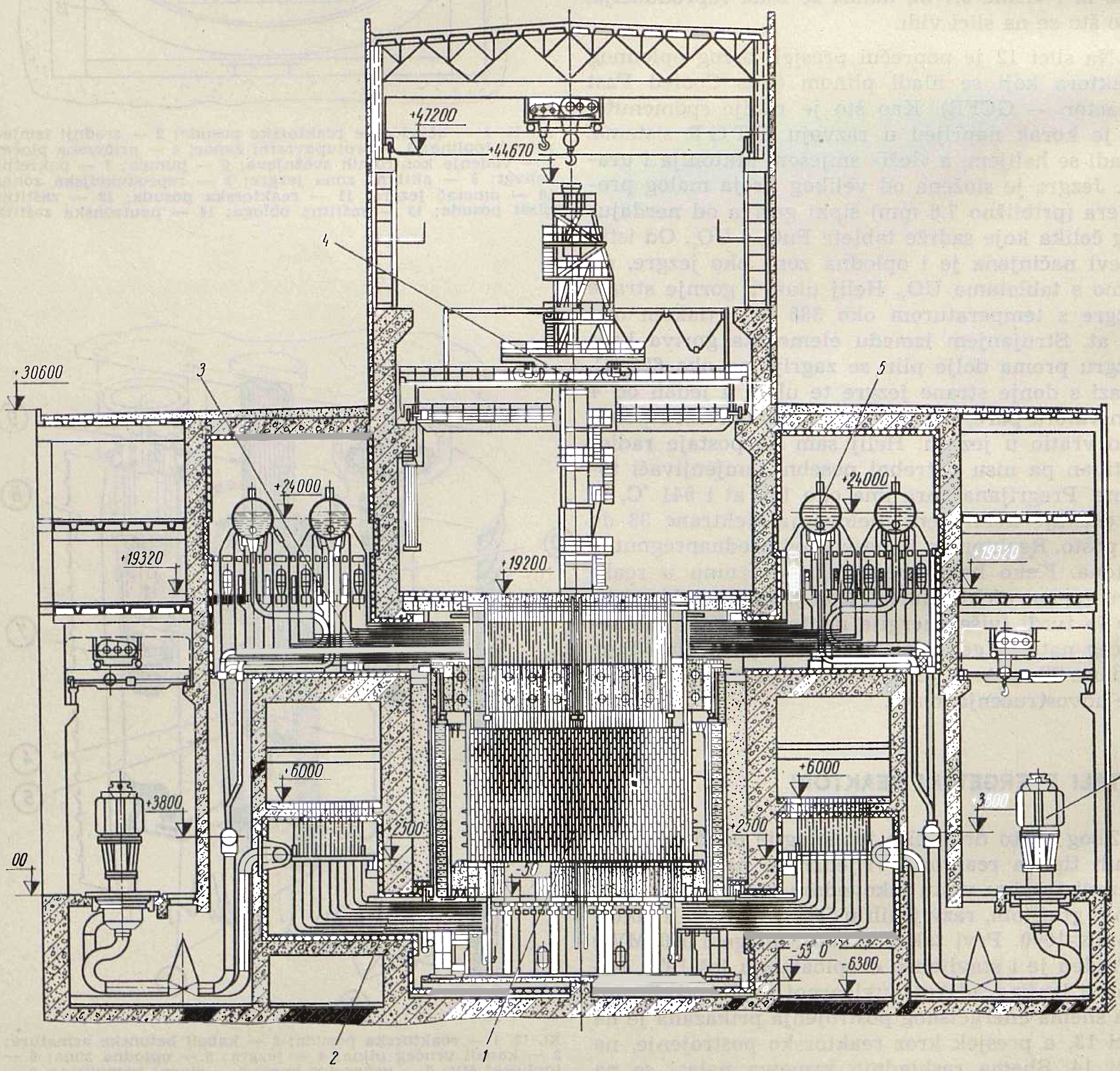
Zbog nešto drugačije tehnologije od dosad opisanih tipova reaktora, vrijedno je na kraju spomenuti i jednu vrstu lakovodnih reaktora moderiranih grafitom, razvijenih u SSSR-u. To je reaktor RBMK-1000. Prvi takav reaktor snage 1 000 MWe izgrađen je i stavljen u eksploataciju još 1973. godine u lenjingradskoj nuklearnoj elektrani. Protočna shema energetskog postrojenja prikazana je na slici 13, a presjek kroz reaktorsko postrojenje, na slici 14. Shema rashladnih krugova nalazi se na slici 15. Cirkulacijski sistem se sastoji od dva iden-



Sl. 13. 1 — reaktor; 2 — protočna cijev s elementima goriva; 3 — separator; 4 — turbina; 5 — pojna pumpa; 6 — cirkulacijska pumpa

tična kruga, svaki sa po 4 cirkulacijske pumpe, 2 horizontalna cilindrična separatora, cjevovoda, kolektora i odgovarajuće armature. Voda pod tlakom od oko 80 kg/cm² i temperatura 265 °C, dolazi preko sistema kolektora i cijevi, u 1 693 protočne cijevi u jezgri reaktora. Krećući se prema gore, voda oplakuje u tim cijevima šipke s gorivom, djelomično isparava (do 14,5% težinska procenta vode), te kao mješavina vode i pare dolazi u cilindrične separatore izvan reaktora. Osušena para (ispod 0,1 % vlage) iz separatora odlazi u dvije parne turbine snage po 500 MW i s 3 000 min^{-1}.

Preostala voda iz separatora, s pomiješanom pojnom vodom, pada u usisne kolektore (promjera 1 m) cirkulacijskih pumpi. Iz svakoga kolektora 3 paralelne pumpe (po 1 u rezervi) potiskuju vodu u tlačni kolektor i ponovno u jezgru reaktora. Ka-



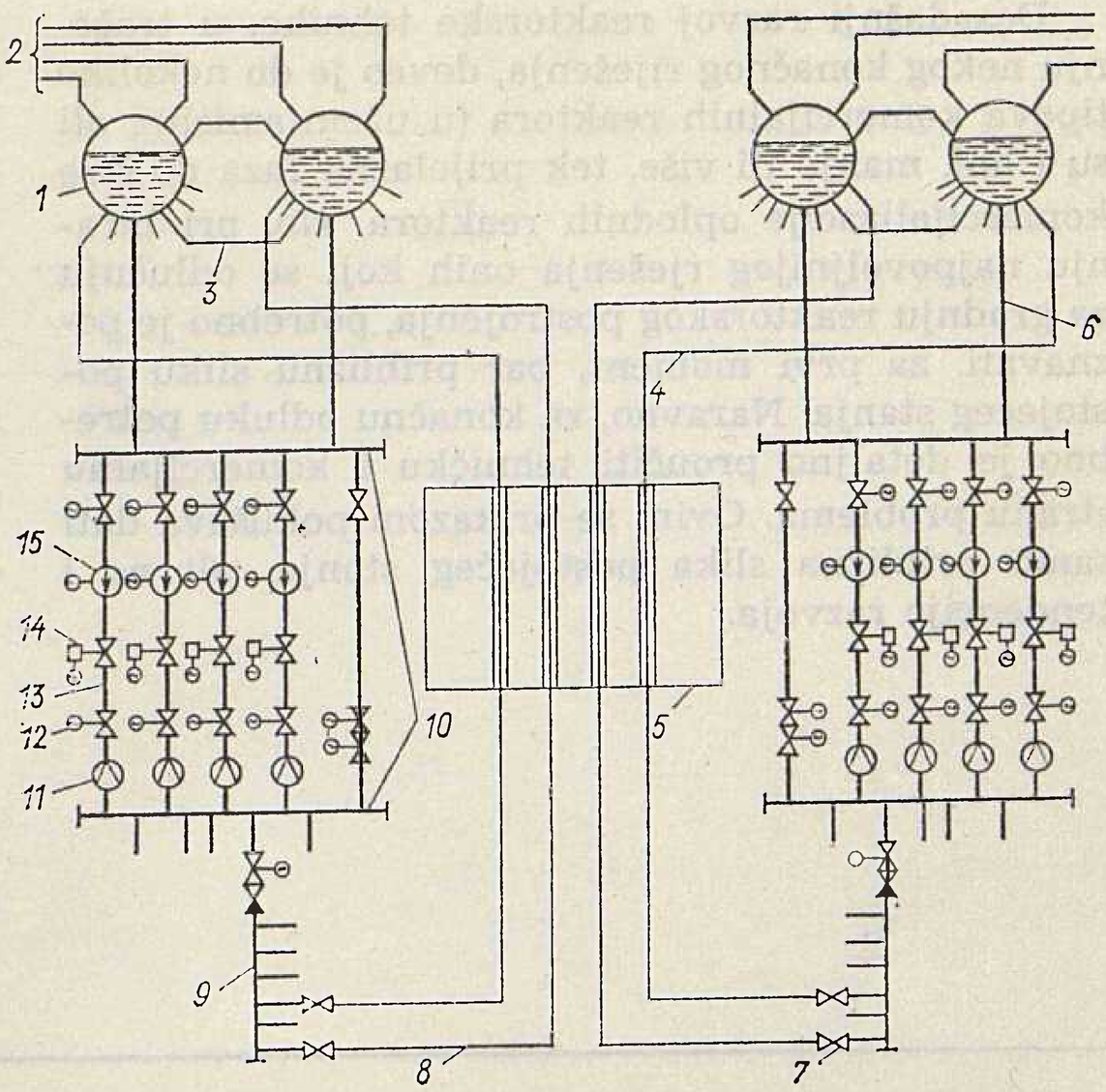
Sl. 14. 1 — reaktor; 2 — dovodne cijevi; 3 — odvod smjese voda-para; 4 — stroj za izmjenu goriva; 5 — cilindrični separator; 6 — cirkulacijska pumpa

ko se iz slike 15 vidi, pumpe i cjevovodi opskrbljeni su potrebnom armaturom za izuzimanje pojedinih pumpi iz pogona za vrijeme rada reaktora.

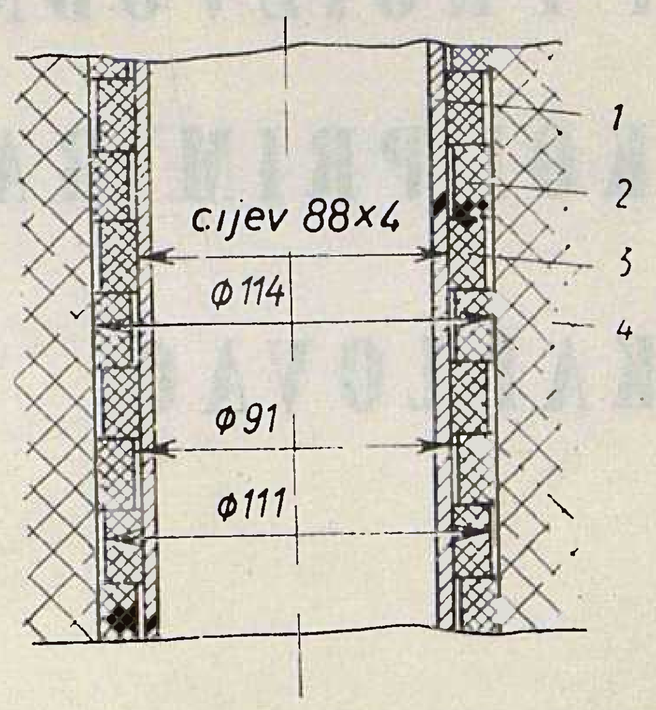
Reaktor se nalazi u betonskom cilindričnom prostoru, a s gornje i donje strane zatvoren je metalnom konstrukcijom. Radi smanjenja intenziteta zračenja oko jezgre je ugrađen grafitni reflektor debljine 500 od 800 mm, a s gornje i donje strane čelične ploče debele 200 do 250 mm. Po periferiji reaktora izveden je i prstenasti sloj vode od 1 200 mm debljine. Biološki štit sastoji se od betona debljine 2 000 mm. Grafitni blokovi presjeka 250x250 mm služe kao moderator. U blokovima su vertikalni provrti kroz koje prolaze protočne cijevi za hladilo. U cijevima su smještene kazete sa šipkama goriva.

Djelovanjem neutronskog i γ zračenja razvija se toplina, koja se s grafita i elemenata goriva prenosi na stijenke cijevi i na hladilo. Da bi se u zoni maksimalnog toplinskog opterećenja smanjilo toplinsko naprezanje, prostor između protočnih cijevi i grafitnih blokova ispunjen je posebnim razrezanim grafitnim prstenovima (slika 16). Da se izbjegne oksidacija, grafitni blokovi su hermetički zatvoreni u oblogu koja je ispunjena smjesom helija i dušika. Protočne cijevi u jezgri imaju dimenzije 88x4 mm. Izgrađene su od legure cirkonija i niobija (Nb 2,5%). Šipke goriva, kao i kod BWR sistema, sastoje se od cijevi (cirkonij i niobij) dimenzija 13,6x0,9 mm, u kojima su složene tablete uranijevog oksida, visine 15 mm. Početno obogaćenje goriva je 1,8 %. Unutrašnjost šipke dopunjena je i smjesom argona i helija, da bi se dobio prostor za produkte fisije. Hermetičnost obloge goriva kontrolira se mjerenjem aktivnosti smjese vode i pare koja odlazi u separatore.

Valja spomenuti da su mjerenja u lenjingradskoj elektrani pokazala da je moguće povećati opterećenje reaktora i do 50% a da kritični parametri ostanu u dozvoljenim granicama, odnosno maksimalna temperatura metalne konstrukcije ne prelazi 350 °C, a temperatura grafita se zadržava u području 700 do 750 °C. Količina UO_2 u reaktoru je 204 tone, odgor je 18,5 MWD/kg U, a dimenzije betonskog prostora za jezgru su 21,6x21,6 m u presjeku i 25,5 m visine.



Sl. 15. 1 — cilindrični separator; 2 — para prema turbini; 3 — spojni cjevovod; 4 — cjevovodi smjese para-voda (76 × 4 mm, n = 1 693 komada); 5 — reaktor; 6 — padne cijevi (300 mm, n = 48); 7 — regulacijske prigušnice; 8 — donje dovodne cijevi (57 × 3,5 mm, n = 1 693 komada); 9 — razdjelni kolektor (300 mm, n = 44);10 — usisni i tlačni kolektor (1000 mm, n = 4); 11 — protupovratni ventil; 12 — glavni zaporni ventil; 15 — cirkulacijska pumpa



Sl. 16. Presjek kroz protočnu cijev grafitnim prstenovima za smještaj elementa goriva

ZAKLJUČAK

Može se reći da nuklearna era traje po prilici 40 godina. U početku je težište motivacije istraživanja bilo u tome što su se obećavale velike količine jeftine energije. Međutim, u posljednje vrijeme kriza fosilnih goriva i stupanj razvoja nuklearne energetike prebacuje težište motivacije razvoja na nužnost supstitucije organskih goriva nuklearnima.

Razvoj nuklearne energetike zahtijeva golema financijska sredstva te naučni i tehnički potencijal, tako da je sada ta aktivnost uglavnom rezervirana za velike zemlje. Uvođenje nuklearne energetike u ostale zemlje povezano je s relativno velikim apsolutnim troškovima i stanovitom neizvjesnošću oko opskrbe energetskim sirovinama, naročito tamo gdje ne postoje ili nisu istražene rezerve torija i urana. Osim toga, izrada elemenata goriva od sirovine predstavlja posebnu, za mnoge teško dostupnu tehnologiju. No, uza sve, uvođenje nuklearne energetike, gdje se god to može, treba provoditi, jer priprema za budućnost mora započeti. Razvoj međunarodnih odnosa i na polju energetike treba sve više skretati u stanje povoljnosti i zajedničkih interesa za sve sudionike.

Dosadašnji razvoj reaktorske tehnike, u traženju nekog konačnog riješenja, doveo je do nekoliko tipova komercijalnih reaktora (u užem smislu), ali su i oni, manje ili više, tek prijelazna faza do šire komercijalizacije oplodnih reaktora. No, pri biranju najpovoljnijeg rješenja onih koji se odlučuju za gradnju reaktorskog postrojenja, potrebno je poznavati, za prvi moment, bar približnu sliku postojećeg stanja. Naravno, za konačnu odluku potrebno je detaljno proučiti tehničku i komercijalnu stranu problema. Ovim se prikazom pokušava dati samo približna slika postojećeg stanja, ali ne i tendencije razvoja.

LITERATURA

1. Nuclear Engineering International, Dorset House, Stamfort Street, London SE19LU, England (brojevi: 216, 217 i 219 iz 1974. i 244, 246 i 248 iz 1976. godine)
2. The European Nuclear Conference, Paris 1975, Nuclear Energy Maturity, zbirka referata
3. A. P. Kovalev, Parogeneratori, Izdatelstvo Energija, Moskva i Lenjingrad, 1966. godine
4. T. H. Margulova, Atomnie električeskie stancii, Izdatelstvo Moskva, Visšaja škola, 1974. godine
5. V. E. Doroščuk, Jadernie reaktori na elektrostanciah, Moskva Atomizdat, 1977. godine
6. Noticiario № 12, Decembar 1967. Comitato Nacionale Energia Nucleare, Roma, Via Belisario 15.
7. John R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, Izdanje Addison — Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts

Naslov pisca:
Vladimir V u k o v i ć, dipl. inž.
NE »Krško«

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.

MODULARNA TRANSFORMATORSKA STANICA VISOKI NAPON/SREDNJI NAPON PROIZVODNJE ASEA

Antun Fagarazzi, Zagreb

Švedska tvrtka ASEA proizvodi modularnu transformatorsku stanicu visoki napon/srednji napon, a način isporuke je »ključ u ruke«. Primjenom načela modularne izgradnje tipiziranih postrojenja ostvarene su mnoge prednosti. Opisana je koncepcija i izvedba visokonaponskog i srednjenaponskog postrojenja te pomoćni uređaji.

DK 621.317.21

1. OPĆENITO

1.1. Važnost tipizacije

Sve veće gustoće opterećenja uvjetuju povećanje instalirane snage u pojnim točkama srednjonaponske mreže. Posljedica toga je izgradnja velikog broja transformatorskih stanica 110/10 kV ili 110/20 kV. To znači postepeno ukidanje napona 35 (30) kV, dok napon 110 kV poprima distributivni karakter.

Transformatorske stanice visoki napon/srednji napon značajni su energetski objekti čija izgradnja traje relativno dugo i angažira velika investicijska sredstva. Zato se nastoji da transformatorske stanice budu dobro koncipirane a izgradnja racionalna. To se postiže tipizacijom transformatorskih stanica u pogledu jednopolnih shema, opreme, pomoćnih uređaja i načina izgradnje. Prednosti tipizacije dolaze naročito do izražaja kada u kratkom roku treba izgraditi više postrojenja.

Iako je pitanje tipizacije transformatorski stanica visoki napon/srednji napon dosta složeno, danas ima u svijetu više primjera uspješno provedene tipizacije. Takav je slučaj i s modularnom transformatorskom stanicom proizvodnje ASEA, koja je rezultat suradnje švedske elektroprivrede i industrije. Proizvođač, koji inače u Švedskoj nema domaćeg konkurenta, objavio je iz komercijalnih razloga opširne podatke o stanici. Modularna transformatorska stanica vrlo je zanimljivo projektirana i izvedena, te će zbog aktualnosti ove problematike u nas biti opisana u ovom članku.

U nekim elektroprijenosnim i elektrodistributivnim organizacijama u Jugoslaviji postignuti su određeni rezultati na tipizaciji transformatorskih stanica visoki napon/srednji napon, ali na tom području treba još dosta toga uraditi. Zato se je na svim savjetovanjima održanim posljednjih godina uvijek ponovo naglašavala potreba i nužnost tipizacije, koja bi se prema zaključcima trebala rješavati u okviru Zajednice jugoslavenske elektroprivrede.

Studijska grupa za razvodna postrojenja Jugoslavenskog nacionalnog komiteta CIGRÉ predložila je još 1973. godine jednopolnu shemu transformatorske stanice 110/10 kV, za koju se smatra da odgovara prilikama svih većih urbanih sredina u nas. Jedna varijanta te jednopolne sheme (za postrojenje 10 kV predviđene su tri varijante) ista je kao i shema modularne transformatorske stanice ASEA, uz napomenu da se u nas ne predviđa paralelan rad transformatora.

1.2. Načelo modularne izgradnje

Švedska tvrtka ASEA je korištenjem dugogodišnjeg iskustva i zajedničkim angažiranjem stručnih kadrova proizvela 1972. godine jedan konkurentni tip transformatorske stanice visoki napon/srednji napon. Pri razvoju su primijenjena tada najnovija rješenja rasklopnih postrojenja i uvažene IEC preporuke, a posebno se mislilo na sigurnost pogonskog osoblja. Transformatorska stanica je koncipirana u prvom redu za švedske prilike, ali se uz određene prilagodbe može dobro primijeniti i u ostalim zemljama.

Da se svaka transformatorska stanica visoki napon/srednji napon ne bi projektirala od samog početka, primijenjeno je načelo modularne izgradnje tipiziranih postrojenja. Modularna izgradnja omogućuje realizaciju transformatorske stanice, čija veličina odgovara zahtjevima pojedinog investitora. Osim toga, moguće je u okviru definiranog konačnog opsega izgradnje ostvariti prikladne i ekonomične etape. Prema tome, modularna izgradnja pruža funkcionalna i fleksibilna rješenja za više različitih slučajeva.

Osnova modularne izgradnje jesu tipizirana postrojenja, koja su izvedena tako da se mogu jednostavno proširivati. Otvoreno klasično visokonaponsko postrojenje može se dograđivati polje po polje, jer su sabirnice i spojni vodiči izvedeni s cijevima. Unutarnje srednjonaponsko postrojenje sastoji se od limom oklopljenih ćelija koje se tvornički gotove transportiraju i postavljaju u transformatorskoj stanici. Načelo modularne izgradnje ne odnosi se samo na elektromontažnu opremu već i na građevne objekte.

Zanimljivo je da se u proteklih šest godina modularna transformatorska stanica nije mijenjala. To je povoljno sa stajališta tipizacije, ali ne i u

pogledu primjene nove opreme. Naime, danas se u svijetu proizvode visokonaponski prekidači za vanjsku montažu, kod kojih se luk gasi u komori s plinom SF_6 (umjesto s uljem), a moderna srednjonaponska postrojenja s izvlačivim prekidačima izvode se svestrano izolirano, čime se postiže dobra zaštita od kratkog spoja.

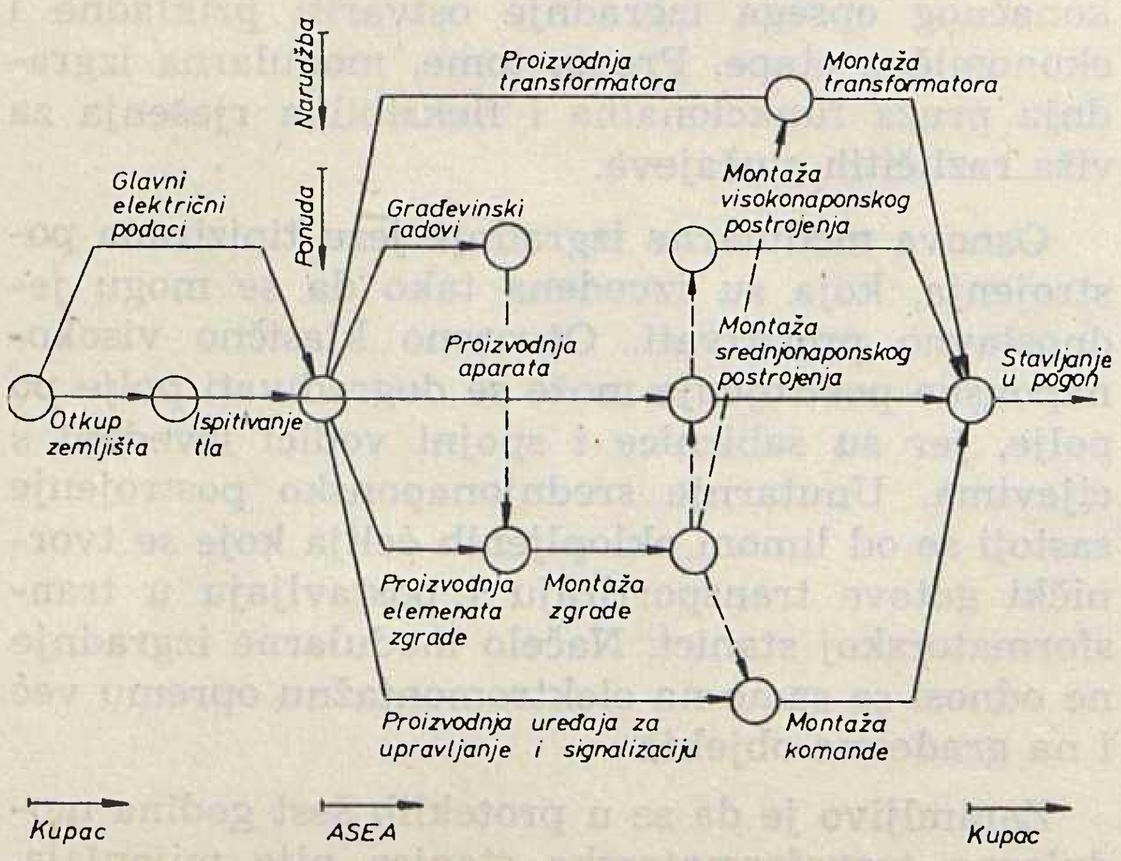
1.3. Isporuka »ključ u ruke«

Način isporuke modularne transformatorske stanice visoki napon/srednji napon je »ključ u ruke«. ASEA preuzima izradu investicijsko-tehničke dokumentacije, izgradnju i stavljanje u pogon transformatorske stanice. Time je organizacija posla jednostavnija, odgovornost jednostrana, rokovi kratki i pouzdani, a cijena fiksna. Osim toga za kupca to znači minimum utrošenog vremena i novca za:

1. projektantsko planiranje,
2. projektiranje,
3. koordinaciju,
4. kontrolu isporuke,
5. kontrolu troškova,
6. nadzor kod izgradnje.

Iz pojednostavnjenog mrežnog dijagrama izgradnje modularne transformatorske stanice prikazanog na slici 1. vidljivo je da ugovor obuhvaća sve poslove koji slijede nakon definiranja glavnih električnih podataka i osiguranja zemljišta. Ako kupac traži, ASEA čak prikuplja potrebne suglasnosti i ishodi građevnu dozvolu.

Predstavnici elektrodistribucije i »Rade Končara« razgledali su 1977. godine jednu takvu stanicu u Uppsali. Tom prilikom su bili informirani da je od potpisivanja ugovora do stavljanja u pogon potrebno 14 mjeseci (u nekim hitnim slučajevima čak samo 8 mjeseci), od čega se 4 mjeseca radi na projektu. Prema podacima iz referentne liste ASEA je do kraja 1976. godine u Švedskoj izgradila oko 100 modularnih transformatorskih stanica, a danas je u fazi ugovaranja ili isporuke još 75 stanica.



Sl. 1. Osnovni mrežni dijagram izgradnje modularne transformatorske stanice »ključ u ruke«

1.4. Građevni radovi

U okviru isporuke »ključ u ruke« ASEA je odgovorna za sve građevne radove. Građevni radovi obuhvaćaju poravnavanje zemljišta, izgradnju prilazne ceste, ograde, vanjskog postrojenja i zgrade s pripadnim instalacijama, kao i izvedbu uzemljivača.

Zgrada je kompaktna i funkcionalna, a sastavlja se iz modularnih dijelova. Zbog modularne izgradnje zgrada može biti prilagođena različitim zahtjevima s obzirom na veličinu i položaj, što omogućuje veliki broj alternativnih dispozicija. Tlocrt zgrade može biti ravan ili kutnog oblika, kao što je prikazano na slici 6. Veličina prostorije srednjopogonskog postrojenja ovisi o predviđenom broju ćelija, a po potrebi može se kasnije i proširiti. Gotovi standardizirani betonski elementi napravljeni su tako da je njihova montaža jednostavna i brza (montažni postupak je patentiran). Jedan modul zgrade sastoji se od pet elemenata, koji leže na odljevenoj betonskoj ploči. To su dva vanjska zida, potporni blok, podna ploča i krovni element. Montažni elementi prethodno su tako pripremljeni da se sva električna oprema i instalacije mogu izravno montirati.

Transformatori mogu biti postavljeni na otvorenom ili smješteni u betonskim komorama radi zaštite do rasprsnuća i požara. Budući da su transformatorski temelji potpuno odvojeni od zgrade, transformatori mogu biti postavljeni pored zgrade ili na određenom razmaku.

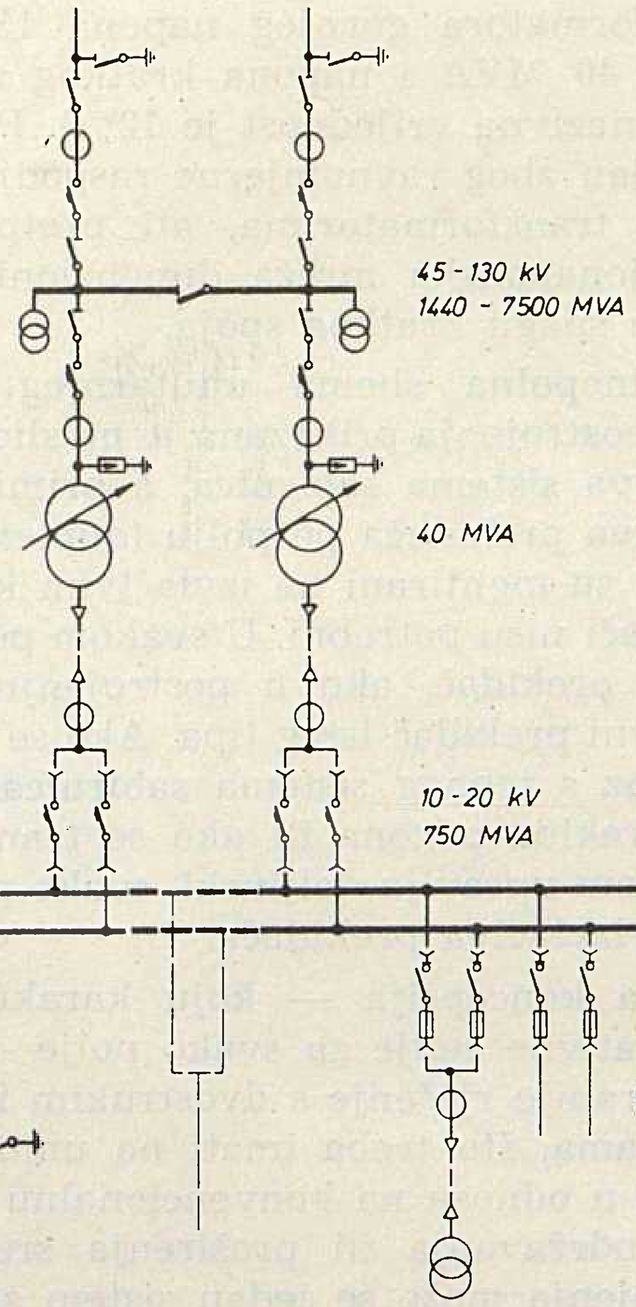
2. VISOKONAPONSKO POSTROJENJE

2.1. Koncepcija visokonaponskog postrojenja

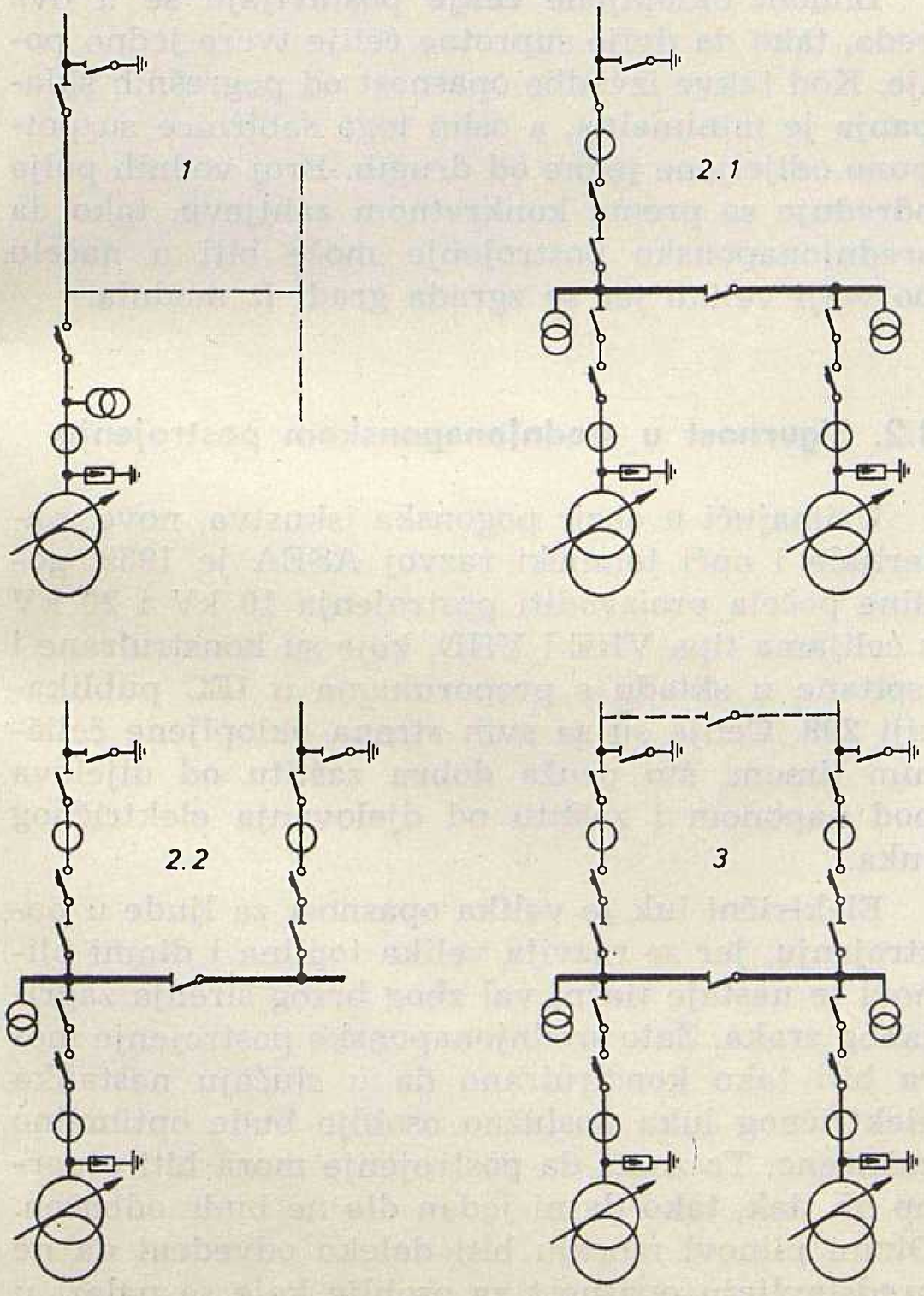
Visokonaponsko postrojenje normalno se izvodi za najviši pogonski napon 52 kV, 84 kV ili 145 kV. Rasklopna moć malouljnih prekidača iznosi 1440 MVA kod nazivnog napona 45 kV, 4 000 MVA kod 77 kV i 7 500 MVA kod 130 kV.

Tipizirana jednopolna shema modularne transformatorske stanice visoki napon/srednji napon prikazana je na slici 2. Otvoreno visokonaponsko postrojenje temelji se na sistemu s jednostrukim sabirnicama, što je uskladu s VAST preporukama odbora za norme Uprave švedske državne elektroprivrede. U Švedskoj je danas oko 80% instaliranih visokonaponskih postrojenja izvedeno s jednostrukim sabirnicama.

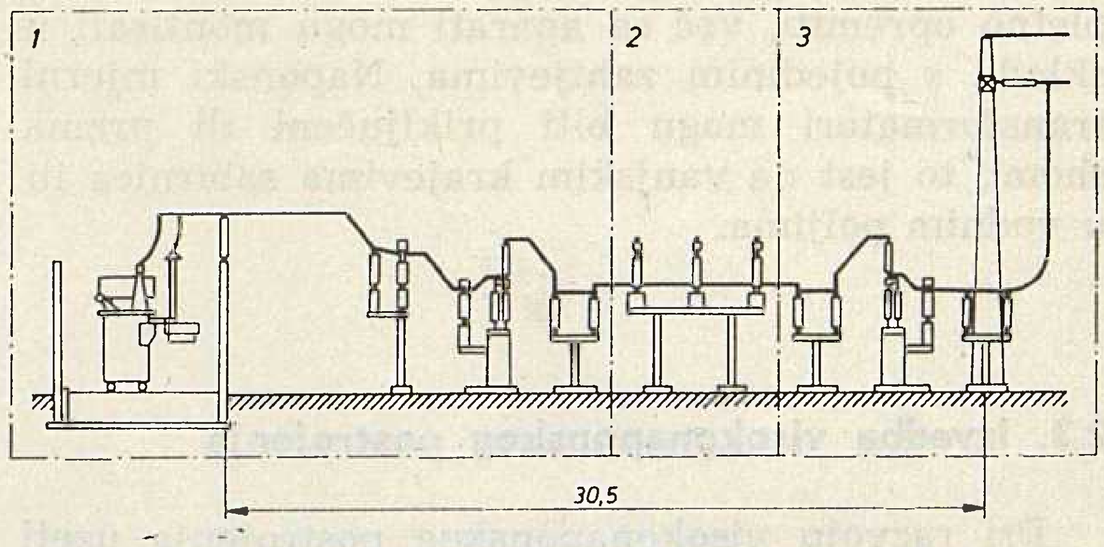
Na sabirnice su priključena po dva kompletno opremljena vodna i transformatorska polja, dispoziciono riješena tako da se nalaze jedna nasuprot drugima. Sabirnice su sekcionirane na dva dijela pomoću uzdužnog rastavljača. To daje veliku fleksibilnost postrojenju prilikom pogona i održavanja,



Sl. 2. Jednopolna shema modularne transformatorske stanice visoki napon/srednji napon



Sl. 3. Načelne etape izgradnje modularnog visokonaponskog postrojenja



Sl. 4. Uzdužni presjek modularnog postrojenja 130 kV: 1 — transformatorsko polje; 2 — sabirnice; 3 — vodno polje

kao i u slučaju kvara. Za spajanje dalekovoda na ulazu u visokonaponsko postrojenje mogu se primijeniti dodatne sekcionirane sabirnice (označeno crtkano na slici 3-3). Te poprečne sabirnice omogućuju izravan tranzit energije kada transformatorska stanica iz bilo kojeg razloga mora biti stavljena sasvim izvan pogona.

Predviđena dva energetska transformatora mogu imati kod prirodnog hlađenja najvišu snagu po 40 MVA, a ona se može povećati prisilnim strujanjem zraka. Transformatori se mogu postaviti na otvorenom ili u poluotvorenim, odnosno zatvorenim komorama. Regulaciona sklopka smještena je izvan kotla, a omogućuje regulaciju između 90% i 110% nazivnog napona.

2.2. Modularna izgradnja visokonaponskog postrojenja

Visokonaponsko postrojenje se sastoji od tri glavne građevne cjeline ili modula: sabirnica, vodnog polja i transformatorskog polja. Moduli su označeni u uzdužnom presjeku postrojenja na slici 4. Postrojenje je izvedeno tako da se moduli mogu na razne načine kombinirati. Zahvaljujući tome može se naći optimalno rješenje za velik broj različitih zahtjeva.

Kod konstruiranja visokonaponskog postrojenja mislilo se na kasnija proširenja ili rekonstrukcije. Vrlo često se proširuje od kombinacije transformator - vodno polje na postrojenje s dva transformatorska, odnosno dva vodna polja. Te etape izgradnje ne moraju biti konačne, već se postrojenje može kasnije dopuniti daljnjim poljima. Ako se, na primjer, želi instalirati treći energetski transformator, moraju se sabirnice produžiti. Sabirnice su izvedene s cijevnim vodičima i zato su — za razliku od klasične izvedbe s užetima — upravo prikladne za etapu izgradnje. Primjena malouljnih prekidača također je povoljno rješenje, jer kod visokonaponskih postrojenja s malim brojem prekidača nije ekonomična upotreba komprimiranog zraka za gašenje električnog luka.

Karakteristične etape izgradnje prikazuju sheme na slici 3. Pri tome se polja ne moraju odmah kom-

pletno opremiti, već se aparati mogu montirati u skladu s pojedinim zahtjevima. Naponski mjerni transformatori mogu biti priključeni ili prema shemi, to jest na vanjskim krajevima sabirnica ili u vodnim poljima.

2.3. Izvedba visokonaponskog postrojenja

Pri razvoju visokonaponskog postrojenja uzeti su u obzir najvažniji zahtjevi u internacionalnim preporukama IEC te nacionalnim standardima DIN i BSS. Tipska oznaka postrojenja je FSUB 52-145 B.

Lociranje transformatorske stanice visoki napon/srednji napon u središtu konzuma često znači izgradnju stanice u gradskom području. Zbog toga se nastojalo da se vanjsko postrojenje svojim izgledom i malom visinom što bolje prilagodi urbanoj sredini. Rasklopno postrojenje izvedeno je kompaktno, sa sabirnicama i spojenim vodičima od aluminijskih cijevi. Prednost primjene cijevnih vodiča nije samo u vizualno lijepom postrojenju, već se postižu ekonomske prednosti zbog manje težine željeznih konstrukcija i manjeg broja temelja za portale, kao i sve prednosti vezane za relativno malu tlocrtnu površinu postrojenja.

Maksimalna visina postrojenja definirana visinom ceste za transport transformatora iznosi kod napona 130 kV oko 7 m, a visina prekidača s postoljem je 6,5 m. Svi aparati se nalaze na maloj visini od tla i pristupačno su raspoređeni, što omogućuje jednostavno, brzo i sigurno posluživanje. Postolja aparata izrađena su od šupljih čeličnih profila pravokutnog presjeka. Ista standardizirana postolja primjenjuju se na više mjesta u postrojenju. Tako je, na primjer, postolje za naponski transformator i potporni izolator na kraju sabirnica jednako postolju strujnog mjernog transformatora i odvodnika prenapona u transformatorskom polju. Racionalizirani su i temelji postolja aparata, koji su izvedeni od gotovih betonskih ploča, što omogućuje lako premještanje konstrukcije prilikom buduće etapne izgradnje ili rekonstrukcije. U postrojenju se u pravilu ne izvode portali za priključak dalekovoda. Tu funkciju preuzima prvi stup dalekovoda, koji se locira unutar samog postrojenja kao što je prikazano na slici 4.

3. SREDNJONAPONSKO POSTROJENJE

3.1. Koncepcija srednjonaponskog postrojenja

Srednjonaponsko postrojenje izvodi se za najviši pogonski napon 12 kV ili 24 kV. Nazivna struja i snaga kratkog spoja u srednjonaponskom postrojenju ovisi u prvom redu o veličini energetskog transformatora, a prema podacima u tablici 1. za oba nazivna napona gornja granica je 2 500 A i 750 MVA. To znači da je moguć paralelan rad dva transformatora gornjeg napona 130 kV, nazivne snage 40 MVA i napona kratkog spoja najmanje 11% (nazivna vrijednost je 12%). Paralelan rad je povoljan zbog ravnomjerne raspodjele opterećenja među transformatorima, ali pretpostavlja da je srednjonaponska mreža dimenzionirana za ovako veliku snagu kratkog spoja.

Jednopolna shema unutarnjeg srednjonaponskog postrojenja prikazana je na slici 2. Postrojenje ima dva sistema sabirnica, a primijenjeno je načelo dva prekidača po polju (duplex metoda). Prekidači su montirani na izvlačivim kolicima, pa rastavljači nisu potrebni. U svakom polju dovoljan je jedna prekidač, ako u postrojenju postoji jedan rezervni prekidač istog tipa. Ako se zahtijeva da se prijelaz s jednog sistema sabirnica na drugi vrši bez prekida pogona ili ako se transformatorskom stanicom upravlja daljinski, svako polje oprema se s dva izvlačiva prekidača.

Ova koncepcija — koju karakteriziraju dvije alternativne ćelije za svako polje — nadomjestak je za ranije rješenje s dvostrukim i pomoćnim sabirnicama, što treba imati na umu pri usporedbi cijene u odnosu na konvencionalnu izvedbu. Prilikom održavanja ili proširenja srednjonaponskog postrojenja može se jedan sistem sabirnica staviti u beznaponsko stanje bez prekida pogona. U slučaju kvara ili revizije jednog prekidača polje ostaje u potpunosti opremljeno, jer se svaki prekidač može odmah zamijeniti rezervnim.

Limom oklopljene ćelije postavljaju se u dva reda, tako da dvije suprotne ćelije tvore jedno polje. Kod takve izvedbe opasnost od pogrešnih sklapanja je minimalna, a osim toga sabirnice su potpuno odijeljene jedne od drugih. Broj vodnih polja određuje se prema konkretnom zahtjevu, tako da srednjonaponsko postrojenje može biti u načelu po volji veliko jer se zgrada gradi iz modula.

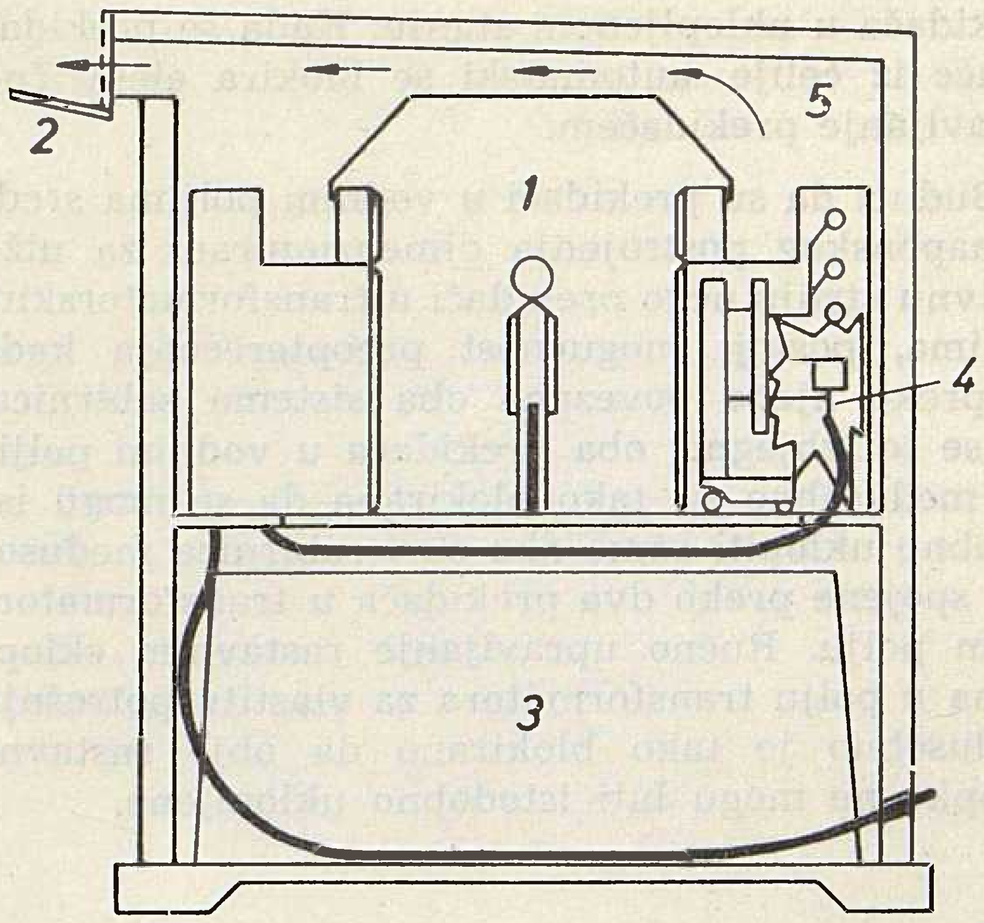
3.2. Sigurnost u srednjonaponskom postrojenju

Uzimajući u obzir pogonska iskustva, nove materijale i opći tehnički razvoj ASEA je 1969. godine počela proizvoditi postrojenja 10 kV i 20 kV s ćelijama tipa VHE i VHD, koje su konstruirane i ispitane u skladu s preporukama u IEC publikaciji 298. Ćelije su sa svih strana oklopljene čeličnim limom, što pruža dobru zaštitu od dijelova pod naponom i zaštitu od djelovanja električnog luka.

Električni luk je velika opasnost za ljude u postrojenju, jer se razvija velika toplina i dimni plinovi te nastaje tlačni val zbog brzog širenja zagrijanog zraka. Zato srednjonaponsko postrojenje mora biti tako konstruirano da u slučaju nastanka električnog luka poslužno osoblje bude optimalno zaštićeno. To znači da postrojenje mora biti otporno na tlak, tako da ni jedan dio ne bude odbačen. Dimni plinovi moraju biti daleko odvedeni da ne predstavljaju opasnost za osoblje koje se nalazi u blizini postrojenja.

Srednjonaponsko postrojenje u modularnoj transformatorskoj stanici izvedeno je prema shematskom prikazu na slici 5. Da bi se spriječio prodor toplinskog zračenja i pretlak dimnih plinova, poslužni hodnik je potpuno oklopljen čeličnim limom. Pri pojavi električnog luka razvijeni dimni plinovi izlaze kroz odušne zaklopke koje se otvaraju kod pretlaka od 0,5 bara, a nalaze se na svakom modulu zgrade. Prohodni kabelski prostor također je zaštićen, jer dna ćelija nisu otvorena, već kabeli prolaze kroz rupe na armiranim gipsanim pločama. ASEA je ispitivala postrojenje 10 kV kod struje kratkog spoja 40 kA u trajanju od 1 sek, pri čemu je poslužni hodnik jednom bio oklopljen čeličnim limom, a drugi put nije. Ispitivanja su pokazala sve prednosti izravnog odvođenja dimnih plinova izvan zgrade.

Za sigurnost u slučaju nesreće u modularnoj transformatorskoj stanici važna je i činjenica da se pogonsko osoblje malo zadržava u srednjonaponskom postrojenju, jer se upravljanje u pravilu vrši iz komande u samoj stanici. Uvođenjem zaštitnih releja montiranih i ožičenih prema modularnom sistemu COMBIFLEX skraćeno je za vrijeme ispitivanja odnosno zadržavanja u postrojenju. Sva vrata u postrojenju i kabelskom prostoru može otvoriti i ozlijeđena osoba koja leži na podu.

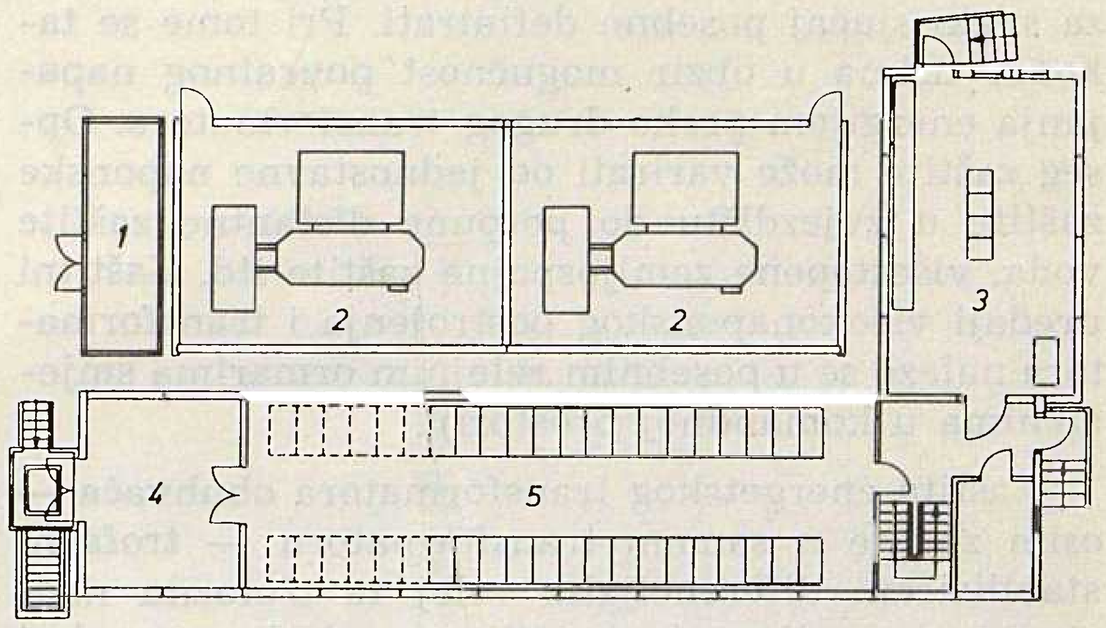


Sl. 5. Shematski prikaz srednjonaponskog postrojenja: 1 — poslužni hodnik oklopljen čeličnim limom, 2 — odušna zaklopka, 3 — prohodni kabelski prostor, 4 — mjesto kvara, 5 — dimni plinovi

3.3. Izvedba srednjonaponskog postrojenja

Srednjonaponsko postrojenje izvedeno je tako da sigurnost u pogonu i u slučaju nezgode ili nesreće bude što veća. Kod konstruiranja ćelija pazilo se da izvedba polja bude jednostavna i pregledna, pri čemu je napravljen kompromis između dobre pristupačnosti i malog gabarita. Iz tablice 1. vidljivo je da su ćelije u vodnim i transformatorskim poljima iste širine. Ćelije se dovršavaju na montažnoj traci u tvornici i nakon toga pakuju pojedinačno ili u transportnim jedinicama od dvije do četiri ćelije.

Prekidači su montirani na izvlačivim kolicima i opremljeni utičnim kontaktima čiji su protukontakti pričvršćeni na nepomičnom dijelu ćelije. Ako se želi prekinuti napajanje nekog izvoda, nakon isklapanja prekidača kolica se izvlače iz pogonskog u rastavni položaj. Time se postiže razmak koji omogućuje izostavljanje sabirničkog i izlaznog rastavljača.



Sl. 6. Tlocrt zgrade kutnog oblika modularne transformatorske stanice s dva transformatora: 1 — kućni transformatori i otpornici u zvjezdištu, 2 — transformatorska komora, 3 — komanda, 4 — radionica, 5 — srednjonaponsko postrojenje.

Tablica 1.

PREGLED OSNOVNIH PODATAKA OKLOPLJENIH ĆELIJA 10 kV I 20 kV

Tip ćelije	Nazivna struja (A)	Struja kratkog spoja (kA)	Širina (mm)	Dubina (mm)	Visina (mm)
VHE 12	1 250 2 000 2 500	40	700	1 300	2 256
VHD 24	1 000 1 250 2 500	21,7	1 000	1 500	2 316

Noževi za uzemljenje se uklapaju i isklapaju automatski s izvlačenjem i uvlačenjem kolica. Rad u postrojenju pod naponom omogućuju izolacione ploče koje se umeću u odgovarajuće vodilice. U svakoj ćeliji mogu se priključiti do tri trožilna kabela. Spoj između transformatora i srednjonaponskog postrojenja izveden je kabelski.

4. POMOĆNI UREĐAJI

4.1. Blokiranje

Rastavljači u visokonaponskom postrojenju normalno nisu blokirani, ali se po potrebi može izvesti blokada koja omogućuje sklapanje rastavljača samo u beznaponskom stanju. Prekidači na izvlačivim kolicima u srednjonaponskom postrojenju imaju mehaničku blokadu, koja sprečava izvlačenje

prekidača u uklopljenom stanju. Kada se prekidač izvuće iz ćelije .automatski se blokira električno upravljanje prekidačem.

Budući da su prekidači u vodnim poljima srednojnaponskog postrojenja dimenzionirani za nižu nazivnu struju nego prekidači u transformatorskim poljima, postoji mogućnost preopterećenja kada su preko njega povezana oba sistema sabirnica. Da se to izbjegne, oba prekidača u vodnim poljima međusobno su tako blokirana da se mogu istodobno uklopiti samo ako su i sabirnice međusobno spojene preko dva prekidača u transformatorskom polju. Ručno upravljanje rastavnim sklopkama u polju transformatora za vlastitu potrošnju međusobno je tako blokirano da obje rastavne sklopke ne mogu biti istodobno uklopljene.

4.2. Zaštita

Zaštita u visokonaponskom postrojenju ovisi o izvedbi i zahtjevima napojne mreže i zato se mora za svaki slučaj posebno definirati. Pri tome se također uzima u obzir mogućnost povratnog napajanja energijom preko drugog transformatora. Opseg zaštite može varirati od jednostavne naponske zaštite u zvjezdištu do potpune distantne zaštite voda, višestepene zemljospojne zaštite itd. Zaštitni uređaji visokonaponskog postrojenja i transformatora nalaze se u posebnim relejnim ormarima smještenima u komandnoj prostoriji.

Zaštita energetskog transformatora obuhvaća — osim zaštite u samom transformatoru — trofazni stabilizirani diferencijalni relej te trofaznu nadstrujnu i zemljospojnu zaštitu na visokonaponskoj strani. U mrežama do 77 kV zvjezdište je u pravilu uzemljeno preko petersenke, a u mreži 130 kV je kruto uzemljeno.

U srednjonaponskom postrojenju izvedena je zaštita sabirnica te nadstrujna i zemljospojna zaštita kabelskih izvoda. Zaštitni releji ugrađeni su u ćelijama srednjonaponskog postrojenja. Srednjonaponsko zvjezdište transformatora uzemljeno je preko paralelno spojenog omskog otpornika i prigušnice koji imaju uklopno/isklopnu automatiku. Otpornik u zvjezdištu je obično dimenzioniran za struju zemljospoja od 15 A. Naponska zaštita u srednjonaponskom zvjezdištu omogućuje selektivno isklapanje prekidača transformatora.

Zaštita je riješena pomoću modularnog montažnog sistema COMBIFLEX. Relejna kućišta su izvedena na utičnim postoljima koja se ugrađuju u standardizirane montažne okvire. Za ispitivanje elektronske i elektromehaničke relejne zašite služi COMBITEST. Sistem COMBIFLEX, koji je razvila ASEA ima niz prednosti od kojih su najvažnije:

1. skraćeno vrijeme projektiranja i montaže,
2. jednostavno i sigurno ispitivanje,
3. mogućnost promjena i proširenja.

4.3. Mjerenje

Na komandnoj ploči se nalaze ampermetri za vodna i transformatorska polja, kao i voltmetri za obje sekcije visokonaponskih sabirnica. Dodatno se može mjeriti djelatna i jalova snaga transformatora. Potrošnja djelatne i jalove energije mjeri se u vodnim ili u transformatorskim poljima na visokonaponskoj strani.

Struje u transformatorskim i vodnim poljima srednjonaponskog postrojenja mogu se očitati pomoću ampermetra na komandnoj ploči i u svakom polju pomoću ampermetra s pokazivačem maksimuma. Napon na svakom sistemu sabirnica mjeri se voltmetrima na komandnoj ploči i u poljima. Po potrebi mogu se za mjerenje napona postaviti na komandnoj ploči registracioni instrumenti.

4.4. Upravljanje

U modularnoj transformatorskoj stanici može se — osim upravljanja iz komandnih ormara u poljima visokonaponskog postrojenja i na ćelijama srednjonaponskog postrojenja — upravljati s glavne komandne ploče u zgradi i daljinski iz dispečerskog centra. Slobodnostojeća komandna ploča je limene izvedbe i na prednjoj strani ima slijepu shemu visokonaponskog i srednjonaponskog postrojenja opremljenu komandno-potvrdnim sklopkama. Komandna ploča služi za lokalno upravljanje i nadzor, a izbor načina upravljanja vrši se pomoću lokalno/daljinske preklopke. U tablici 2. prikazan je opseg uređaja za daljinsko upravljanje.

Tablica 2.

DALJINSKO UPRAVLJANJE MODULARNE TRANSFORMATORSKE STANICE

Pogonsko sredstvo	Upravljanje	Signalizacija	Mjerenje	Upozorenje
Visokonaponsko postrojenje:				
prekidač	+	+	—	—
rastavljač	—	+	—	—
nož za uzemljenje	—	+	—	—
djelatna snaga	—	—	+	—
jalova snaga	—	—	+	—
struja	—	—	+	—
napon	—	—	+	—
Transformatori:				
poremećaj	—	—	—	+
otpor za uzemljenje zvjezdišta	+	+	—	—
rastavljač u zvjezdištu	—	+	—	—
regulaciona sklopka, ruč./aut.	+	+	—	—
regulaciona sklopka, više/niže	+	—	—	—
regulaciona sklopka, davač polož.	—	+	—	—
Srednjonaponsko postrojenje:				
prekidač	+	+	—	—
izvlačiva kolica (prekidač izvučen)	—	+	—	—
rastavna sklopka, kućni trafo	—	+	—	—
rastavna sklopka, MTK	—	—	—	—
zemljospoj	—	—	—	+
preopterećenje	—	—	—	+
struja	—	—	+	—
napon	—	—	+	—
Ostalo:				
lokalno/daljinska preklopka	—	+	—	—
kvar 1	—	—	—	+
kvar 2	—	—	—	+

Uređaji za upravljanje ugrađeni su u standardizirane ormare i kućišta sistema MULTI COMPACT, a ožičenje je izvedeno prema sistemu COMBIFLEX. Oba sistema predstavljaju cjelovito rješenje te omogućuju veliku fleksibilnost i jednostavno proširenje.

4.5. Vlastita potrošnja

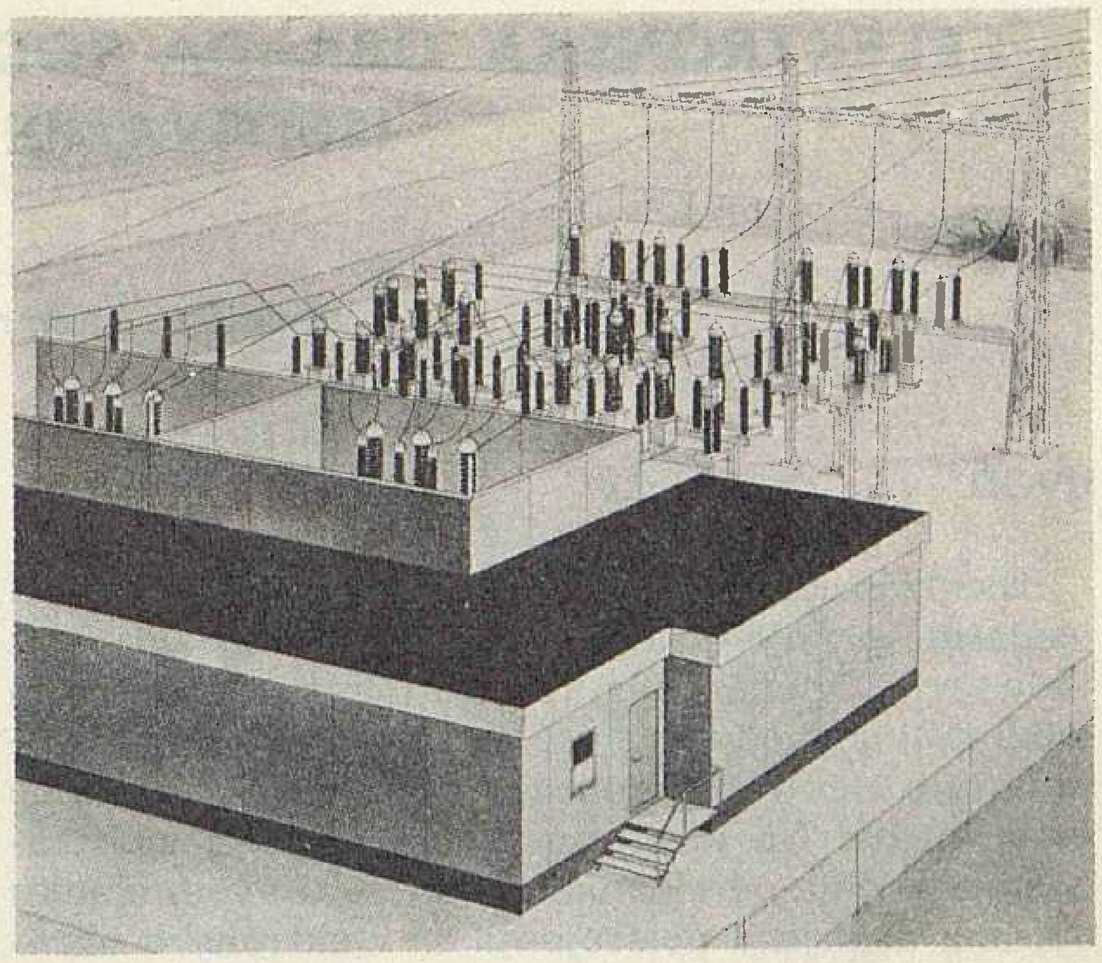
Kao vlastiti izvor električne energije u modularnoj transformatorskoj stanici služi kućni transformator i akumulatorska baterija. Kućni transformator je u spoju Dy5 i ima sekundarni napon 400 V, a napaja rasvjetu, grijanje i strujne krugove utičnica. Kućni transformator smješten je pored komore energetskog transformatora, i to u posebnoj prostoriji ili na otvorenom, a zajedno s uljem hlađenim otpornicima za uzemljenje srednjonaponskog zvjezdišta.

Olovna akumulatorska baterija nazivnog napona 110 V i kapaciteta 104 Ah/10 h napaja strujne krugove upravljanja i nužne rasvjete, koji su zaštićeni osiguračima. Za trajno punjenje baterije služi tiristorski ispravljač s konstantnom naponskom karakteristikom i nazivnom istosmjernom strujom 10 A. Signalizacija kvara se vrši ako napon baterije padne ispod 100 V ili ako dođe do zemljospoja. Akumulatorska baterija je smještena u podrumskom dijelu zgrade.

5. ZAKLJUČCI

1. Modularna transformatorska stanica visoki napon/srednji napon proizvodnje ASEA predstavlja značajan prilog kvalitetnoj i racionalnoj izgradnji. Odlikuje se dobro odabranom jednopolnom shemom, tipiziranim postrojenjima i pomoćnim uređajima te efikasnom modularnom izgradnjom. Vrlo razvijeno modularno načelo, koje se odnosi na elektromontažnu opremu i građevne radove, omogućuje jednostavnu i brzu izgradnju kao i prikladno kasnije proširenje. Isporukom »ključ u ruke« proizvođač preuzima sve poslove i odgovornost kod izgradnje transformatorske stanice.

2. Trebalo bi razmotriti realne mogućnosti tipizacije transformatorskih stanica visoki napon/srednji napon u Jugoslaviji, ovisno o stanju postojeće mreže i spremnosti elektroprivrednih organizacija da tipizaciju prihvate. Potpuni efekt tipizacije može se postići samo uz dobru suradnju s domaćom industrijom električne opreme.



Sl. 7. Modularna transformatorska stanica

LITERATURA

1. R. Solheim: Schlüsselfertige Umspannwerken, ASEA — Zeitschrift 2/1973.
2. S. Horneman: Modulare Freiluft-Schaltanlagen für Umspannwerken, ASEA — Zeitschrift 2/1973.
3. R. Solheim: Unfallsichere Innenraum-Schaltanlagen, ASEA — Zeitschrift 2/1973.
4. S. Linbald: Bedienungssichere Mittelspannungsschaltanlagen, ASEA — Zeitschrift 4/1973.
5. A. Alm: Schutzeinrichtungen in modularen Umspannwerken, ASEA — Zeitschrift 2/1973.
6. P. Andreassen, A. Johansson: COMBIFLEX, ein neues Modulsystem zur Montage und Verdrahtung von elektrischen Baueinheiten, ASEA — Zeitschrift 3/1970.
7. S. O. Nilsson: Steuer- und Hilfseinrichtungen in Umspannwerken, ASEA — Zeitschrift 2/1973.
8. C. G. Carlsson: Gekapselte Schalt- und Verteilungsanlagen, ASEA — Zeitschrift 1/1969.
9. Turnkey substations on a modular basis, Pamphelt KD 91—101 E, ASEA 1972.
10. Outdoor substation switchyard with single busbar FSUB 52—145 B, Pamphlet KK 24—104 E, ASEA 1973.
11. High voltage switchgear, 12 kV, 630—2 500 A, Catalogue LV 86 E, ASEA 1969.
12. Krafttransformatorer 4—100 MVA med lindningskopplare, Katalog LC 10—1, ASEA 1974.
13. Relay and measuring equipment for indoor switchgear, Sistem COMBIFLEX, Catalogue LV 89-2 E, ASEA 1974.
14. Moduliserade mottagnings-och fördelningsstationer, Referenslista, ASEA 1975.
15. K. Begović, Z. Mrša: Problematika izgradnje transformatorskih stanica 110/10 kV u urbanim područjima, elaborat »Elektroprojekta« za JNK CIGRÉ, Zagreb 1973.
16. A. Fagarazzi: Neke tendencije razvoja gradskih mreža 110 kV, Savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža, Herceg-Novi 1977, Energija 1—2/1978.

Naslov pisca:
Antun Fagarazzi, dipl. ing.
Elektra, Zagreb

ELEKTRONSKA OBRADA PODATAKA U LABORATORIJU ZA ISPITIVANJE MATERIJALA

Rudolf Clamroth, Leverkusen

UVOD

Elektronska obrada podataka u velikoj se mjeri uspješno primjenjuje u upravnim službama i u industriji. Slične zadatke ispunjava također i u bankarstvu. Međutim, već se nekoliko godina primjenjuje elektronska obrada podataka i za potrebe laboratorija. Na primjeru laboratorija za ispitivanje materijala od elastomera bit će u ovom članku opisana primjena postrojenja za elektronsku obradu podataka sa svim svojim prednostima i nedostacima.

U uvodu treba napomenuti koji se sve zadaci postavljaju laboratoriju za ispitivanje materijala. To su:

1. Za istraživanje i razvoj treba ocijeniti novo sintetizirane materijale. Treba predvidjeti kako će se ti materijali ponašati kasnije kod primjene, odnosno u praksi.

2. U vezi s kontrolom kvalitete treba ispitati jednolikost proizvodnje.

U laboratoriju za ispitivanje materijala postavljaju se isti zahtjevi za oba zadatka, samo što se ti materijali šalju s različitih mjesta. U prvom slučaju iz laboratorija u kojem se sintetiziraju nove supstance, u drugom slučaju iz proizvodnje, gdje se uzimaju uzorci. U laboratoriju za ispitivanje treba proizvesti konačne uzroke, izvesti sama ispitivanja, očitati izmjerene vrijednosti i unijeti ih u protokol. Ti su radovi još točnije razdijeljeni u tablici 1.

Tablica 1.

RADOVI U LABORATORIJU ZA ISPITIVANJE
1. Proizvodnja uzoraka
2. Ispitivanje (polaganje i opterećivanje uzoraka)
3. Obuhvaćanje mjernih vrijednosti
4. Izračunavanje ispitivanih vrijednosti iz primarnih vrijednosti
5. Izračunavanje statičkih veličina
6. Sastavljanje protokola
7. Obračunavanje troškova
8. Dokumentacija

MOGUĆNOSTI PRIMJENE ELEKTRONSKE OBRADE PODATAKA

Koje su sve mogućnosti primjene elektroničkog računala? Kao prvo, kod proizvodnje uzoraka radi se o istim radnim procesima kao i u proizvodnji, samo u manjem omjeru, višestruko i u vrlo promjenjivim uvjetima. Pokušavaju se primijeniti moderne metode elektronskog upravljanja i regulacije kao kod velikih analiza u proizvodnji. Međutim upotreba procesnog računala jedva je moguća. Po našem mišljenju, ovdje nije preporučljivo isključiti ljude, jer se baš kod proizvodnje uzoraka mogu uvidjeti i zabilježiti razlike. To su informacije koje su važne za tumačenje kasnijih rezultata. Osim toga, postoji mogućnost da se kod netočno podešenog automata proizvede veći broj uzoraka s greškom i time izgubi vrijedan pokusni materijal.

Kod ispitivanja elastomera uobičajeno je za pokus naprezanja kod izvlačenja ispitivati kolute koji se bušilicom izrežu iz ploča. Ploče je lako moguće automatski dovoditi i uzorke izbušiti u istim uvjetima, to znači kod istog automatskog pomicanja i istog podmazivanja. Uzorci se automatski zatim slažu u magazine, koji se, kako će dalje biti opisano, podvrgavaju automatskom ispitivanju naprezanja na vlak.

Kod takvog se postupka ustanovilo u našem laboratoriju za ispitivanje da je isključivanje ljudi nedostatak. Zbog velike razlike pokusnog materijala treba često održavati druge uvjete kod bušenja. Međutim oni se teško mogu predprogramirati.

Stoga je ovdje povoljnija situacija kod samog ispitivanja i ocjenjivanja rezultata ispitivanja. Tu se mogu gotovo uvijek prethodno odrediti uvjeti ispitivanja. Odnosi za ocjenjivanje su također poznati. Nadalje se u ovom izlaganju opisuje kako se ti radni procesi mogu uspješno automatizirati i riješiti upotrebom digitalnog računala. Sasvim automatsko ispitivanje i obuhvaćanje mjernih vrijednosti isplati se samo u slučajevima u kojima se dnevno izvodi vrlo mnogo jednakih ispitivanja. U svakom se laboratoriju općenito primjenjuje veći broj ispitivačkih metoda. No među njima je samo nekoliko metoda koje se izvode učestalo. Analiza sistema je kod nas pokazala da se od 96 ispitivačkih metoda najčešće upotrebljava njih 7. U vrijeme planiranja ustanovljeni su dnevni prosjeci, navedeni u tablici 2 (1).

Tablica 2.

DNEVNI PROSJEK NAJČEŠĆIH ISPITIVANJA	
1. Ispitivanje kidanja koluta (čvrstoća na vlak) izvlačenje pri kidanju i vrijednost sile vlaka.	2 000/dan
2. Tvrdoća	2 000/dan
3. Elastičnost na udar	2 000/dan
4. Strukturna čvrstoća koluta	800/dan
5. Habanje	360/dan
6. Mjerenje po Mooneyju	200/dan
7. Ostatak deformacije pod pritiskom	160/dan

Za automatizaciju se najbolje isplate prve četiri ispitivačke metode, koje su upotrebom procesnog računala potpuno automatizirane. Kod zadnjih triju metoda isplatilo se zato samo jedno automatsko obuhvaćanje mjernih vrijednosti.

Ocjenjivanje rezultata ispitivanja i sastavljanje protokola i pozicija 4 do 6 u tablici 1 radni su procesi koji se danas provode u svakom laboratoriju računalom, pa makar i samo džepnim računalom. Ako se u računalu već nalaze podaci, ne treba dodatnog uređaja za obradu podataka. Obje zadnje pozicije našeg izlaganja, naime »obračun troškova« i »dokumentacija«, jesu područja kod kojih se računalo upotrebljava i u upravi poduzeća, a to je naravno moguće i u laboratoriju za ispitivanje.

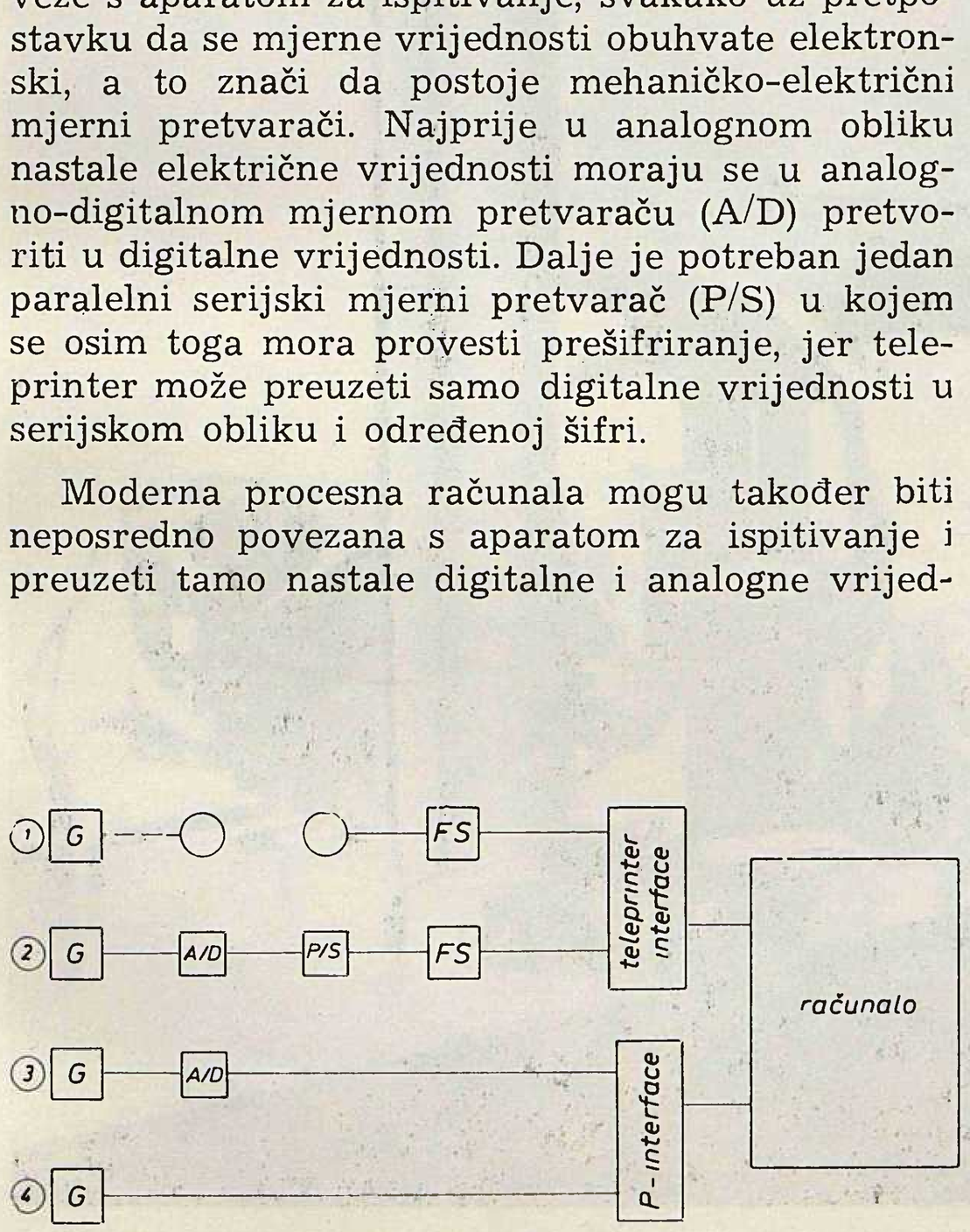
AUTOMATSKO ISPITIVANJE I OBUHVAĆANJE MJERNIH VRIJEDNOSTI

Kod primjene digitalnog računala postoje u principu četiri načina za obuhvaćanje mjernih vrijednosti. Shematski su prikazani na slici 1. Kod prvog načina ispitivač očitava izmjerene vrijednosti na uobičajen način na aparatu za ispitivanje (FS). Za priključak teleprintera na računalo potreban je poseban međuelektronski uređaj, koji se ovdje označuje kao interface teleprintera.

Drugi bi način bio da se teleprinter izravno poveže s aparatom za ispitivanje, svakako uz pretpostavku da se mjerne vrijednosti obuhvate elektronski, a to znači da postoje mehaničko-električni mjerni pretvarači. Najprije u analognom obliku nastale električne vrijednosti moraju se u analogno-digitalnom mjernom pretvaraču (A/D) pretvoriti u digitalne vrijednosti. Dalje je potreban jedan paralelni serijski mjerni pretvarač (P/S) u kojem se osim toga mora provesti prešifriranje, jer teleprinter može preuzeti samo digitalne vrijednosti u serijskom obliku i određenoj šifri.

Moderna procesna računala mogu također biti neposredno povezana s aparatom za ispitivanje i preuzeti tamo nastale digitalne i analogne vrijednosti; usporedi put 3 i 4. Kod tih putova samo još na rubu ima malo elektronike. Tu otpadaju paralelno serijski i analogno digitalni mjerni pretvarači. Ti mjerni pretvarači dolaze još samo jednom centralno u tzv. interface procesu. Putovi su povoljnije cijene. Međutim, ispitivač nema više na aparatu za ispitivanje mogućnosti kontroliranja mjernih vrijednosti, jer se one kod puta 2 odmah za vrijeme mjerenja izbacuju teleprinterom.

Za metode ispitivanja navedene u tabeli 1 izabrali smo za 5 ispitivačkih metoda put 4, direknto unošenje analognih vrijednosti, za ispitivačke metode 5 i 7 put 2, direktno povezivanje aparata za ispitivanje na teleprinteru.



Sl. 1. Putovi obuhvaćanja mjernih vrijednosti

AUTOMATIZACIJA ISPITIVANJA NAPREZANJA NA VLAK

Kao primjer potpuno automatiziranog ispitivanja i elektronskog obuhvaćanja izmjerenih vrijednosti jest automatizacija ispitivanja naprezanja na izvlačenje probnih tijela od elastomera u obliku koluta, koji se s uspjehom upotrebljavaju u našem ispitivačkom laboratoriju od 1968 (1).

Tu se upotrebljava digitalno računalo s glavnim memorijalom od 8 K kod dužine riječi od 12 bita. Od vanjskih spremnika podataka kao što su magnetske ploče ili magnetske vrpce se odustalo. Na ovo se digitalno računalo priključilo 8 aparata za ispitivanje: 4 stroja za kidanje, 2 aparata za ispitivanje čvrstoće i 2 aparata za ispitivanje elastičnosti. Računalo preuzima i pamti ne samo izmjerene vrijednosti, nego i dodatno preuzima ulogu upravljanja. Dakle, upotrijebljen je kao procesno računalo. Na aparatu se odvijaju postupci ispitivanja.

Pretpostavka za ekonomičnu upotrebu digitalnog računala i uz to potrebnu dodatnu elektroniku bila je automatizacija unošenja uzoraka. Kako slika 2. pokazuje, kod ispitivanja vlačne čvrstoće slažu se koluti za ispitivanje u magazin. Svih 60 koluta iz magazina koje treba ispitati postave se u uređaj za unošenje uzoraka, u stroju za kidanje. Ispitivač treba sada samo pokrenuti postupak. U tu svrhu unosi u računalo jedan broj preko prekidača za šifriranje na stroju za kidanje i pritisne tipku za pokretanje. Ispitivanje svih koluta iz magazina odvija se zapravo potpuno automatski.

Računalo najprije ispituje da li u glavnoj memoriji ima mjesta za preuzimanje podataka. Zatim ono aktivira proces unošenja podataka za ispitivanje. U određeno vrijeme vilica izvlači najdonji kolut, kome se mjeri debljina i polaže ga se na dva valjka. Za vrijeme ispitivanja čvrstoće na vlak razmaknu se valjci i mjere se vrijednosti vlačne sile i istezanja. Obje se veličine ispituju i izračunavaju brzim elektronskim upravljačem (Multiplexer). Vrijednost sile se određuje prilikom dva izvlačenja, npr. kod 100 i 300% te u momentu kidanja koluta. Točku kidanja lako je odrediti, jer

nakon kidanja prilično naglo opada sila. Osim toga se registrira pripadajuće izduženje pri kidanju.

Nakon toga se vrijednosti sile obračunavaju s debljinom uzorka na početni promjer. Na kraju se izmjerene vrijednosti od više uzoraka statistički odrede.

Te ispitivane vrijednosti tako se dugo pohranjuju dok se za jednaku kvalitetu ne dobiju podaci s drugih aparata za ispitivanje (čvrstoća i elastičnost) i dok se preko teleprintera ne izda potpuna lista rezultata.

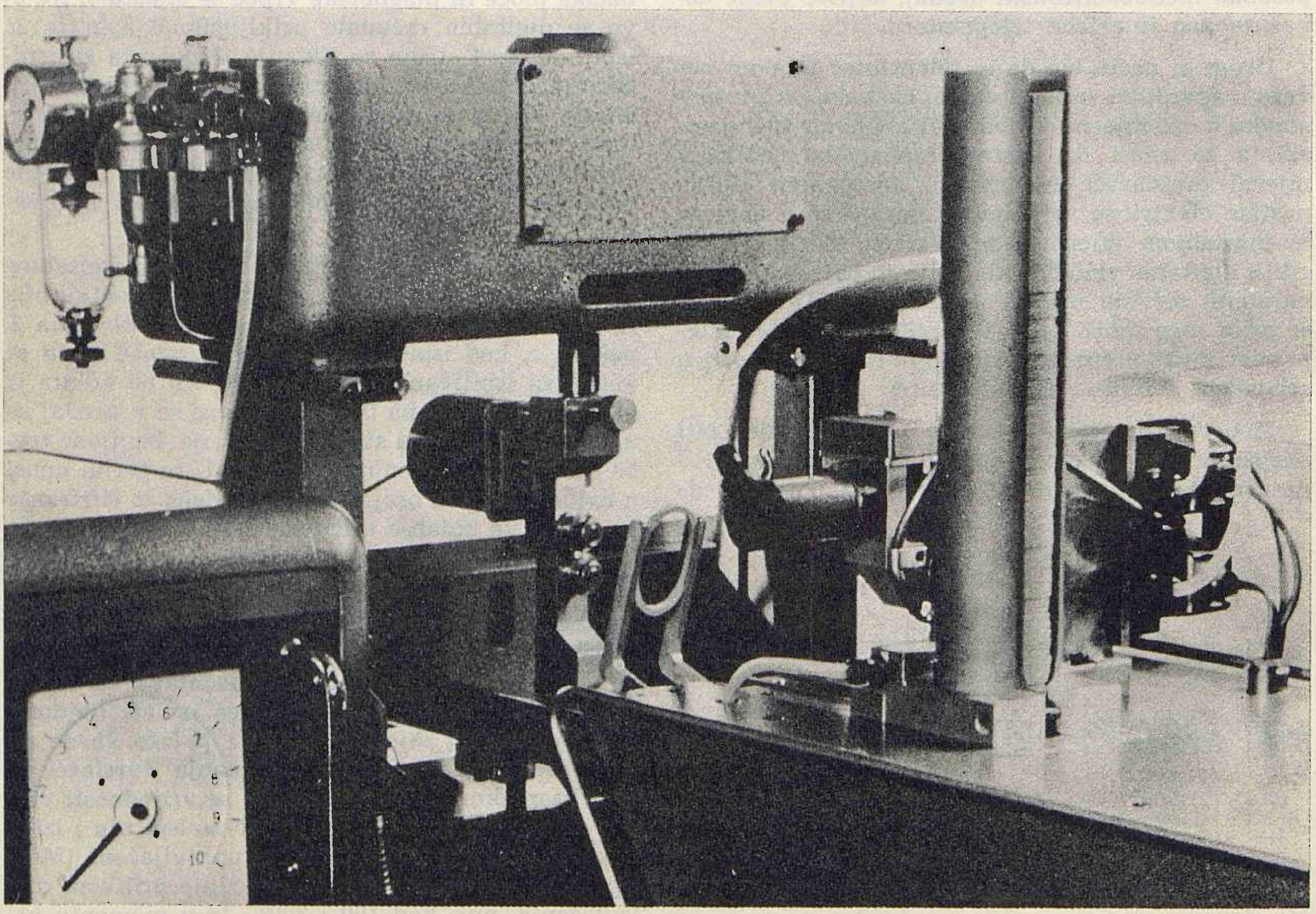
Prednosti su takvog uređaja u efektu racionalizacije, a i u tome da su rezultati ispitivanja točniji pa se mogu bolje reproducirati. Za ovdje opisan uređaj sa 8 aparata za ispitivanje na jednom digitalnom računalu i za broj pokusa na dan, navedenih u tabeli 1, prije je bilo potrebno 12 osoba. Sada samo 2 osobe poslužuju automatski uređaj. Uštedom od 10 osoba mogao se uređaj amortizirati u 2 godine, pa se cijena ispitivanja time osjetno smanjila.

Veća se točnost ispitivanih vrijednosti postiže točnijim pridržavanjem uvjeta ispitivanja. Primjera radi, treba čvrstoću očitati nakon 3 sek. To vrijeme može ispitivač vrlo teško održati. No automatskim se uređajem postiže točnost od $\pm$ 0,01 sek. Osim toga dobiju se objektivnija mjerenja. Utjecaj ispitivača je isključen, a izostaju moguće pogreške čovjeka kod očitanja vrijednosti i unošenja u protokol. Dobiva se pregledni izvještaj sa štampača u kojem su odmah izražene srednje vrijednosti i povjerljiva područja.

Kao nedostaci spominju se veći izdaci za aparate, duže vrijeme postavljanja i uhodavanja i veći troškovi popravaka. Kod nastale pogreške postoji opasnost da mogu biti pogrešne ne samo pojedine vrijednosti, nego sve vrijednosti, čitave serije. Osim toga je za takav uređaj potrebna stroga organizacija odvijanja ispitivanja. Svaka promjena zahtijeva mijenjanje programa ili projenu automatskih aparata za ispitivanje.

ELEKTRONSKO OBUHVAĆANJE MJERNIH VRIJEDNOSTI

U mnogo se slučajeva ne isplati potpuno automatsko ispitivanje, osim elektronske obrade mjernih vrijednosti i daljnjih analiza. Takav put smo realizirali npr. kod određivanja trošenja i ostatka deformacije pod pritiskom.



Sl. 2. Stroj za kidanje: desno magazin s kolutima za ispitivanje; u sredini se vidi vilica koja iz magazina izvlači najdoljnji kolut za ispitivanje.

Kako je procesno računalo na stroju za kidanje bilo potpuno opterećeno, postavljeno je dodatno digitalno računalo na kojeg je priključeno malo procesno računaló i mnogo teleprintera (2). Kod ispitivanja na trošenje taru se uzorci po definiranim uvjetima (sila pritiska i put trenja) i određuje se gubitak težine.

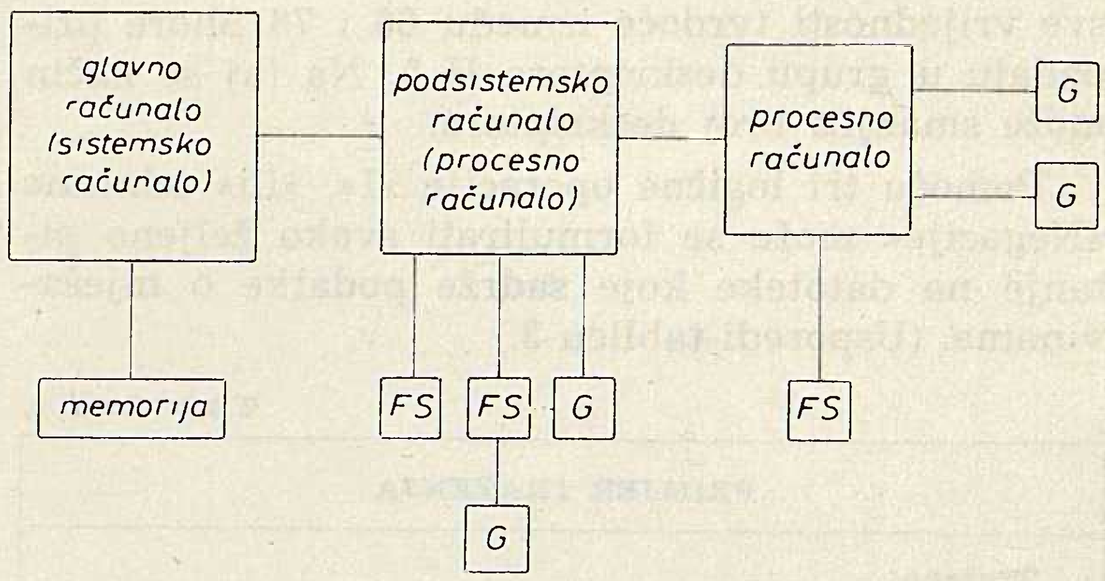
Osim toga se iz gustoće izračunava gubitak volumena. Usporednim mjerenjem sa standardnom kvalitetom određuje se jačina trenja. Izmjerene vrijednosti trošenja, dobivene prema kvaliteti ispitanog uzorka, moraju se stoga još korigirati prema upotrijebljenoj jačini trenja.

Kod tog se postupka ne isplati automatsko unošenje uzoraka, jer je broj dnevnih mjerenja premalen, a postupak prekompliciran. Zbog toga ispitivač sada kao i prije, pričvršćuje uzorke u stroj i stavlja ih prije i poslije mjerenja na vagu. Sama obrada mjernih vrijednosti slijedi automatski. U tu je svrhu postojeća torzijska vaga opskrbljena okretnim potenciometrom i izvorom napona. Nakon izjednačenja vage stoji mjerna vrijednost na okretnom potenciometru kao analogni napon. Kao jeftini analogno digitalni, mjerni pretvarač može se upotrijebiti digitalni voltmetar, a kao paralelno-serijski mjerni pretvarači mogu se dodatni aparati za teleprintere dobiti na tržištu.

UPRAVLJANJE NALOZIMA I DOKUMENTACIJA

S drugim, nešto većim računalom može se započeti s daljnjim zadacima, kao upravljanje nalozima (2) i dokumentacijom (3). No kod problema dokumentacije uskoro se pokazalo da su potrebni veći kapaciteti memorije kroz duže vrijeme. Sistem analize je pokazao da je potreban veći kapacitet glavne memorije. Time je realiziran hijerarhijski poredak računala prikazan na slici 3. Računala su međusobno spojena. Spojevi se mogu predstaviti kao spojevi teleprintera, a to znači da je računalo podsistem u laboratoriju za ispitivanje, teleprinter odnosno terminal za veliko računalo. Konačno, s druge je strane procesno računalo terminal podsistemskog računala.

Podsistemskim računalom vrši se upravljanje nalozima i obrađuju se podaci s više laboratorijskih teleprintera. Podsistemsko se računalo dodatno upotrebljavalo i kao procesno računalo, kada je prvo procesno računalo bilo dovoljno opterećeno jer nije bilo dozvoljeno proširenje. Pod upravljanjem nalozima razumijeva se slijedeće: Informacije za nalog unose se preko teleprintera. Nalog za izradu uzoraka daje računalo preko brzog štampača. Na jednom teleprinteru štampaju se podnalozi. Ti podnalozi, zajedno s uzorcima stižu do ispitivača koji ispituje i potvrđuje izvršenje naloga. Na temelju broja ispitivanja i primijenjenih metoda računalo određuje trošak ispitivanja. Na taj je način moguć pojedinačan, stvaran obračun, a bez upotrebe računala bio bi preopsežan.



Sl. 3. Poredak računala: glavno računalo za dokumentaciju, podsistematsko za upravljanje nalozima i obradu podataka, procesno računalo za potpuno automatsko ispitivanje.

Upravljanje nalozima kontrolira trajanje svakog naloga i izradu mjesečne statistike. Kontrolira se opterećenje laboratorija za ispitivanje.

Na kraju se treba osvrnuti na područje dokumentacije. Tu se načelno pojavljuju dva zadatka:

a) pohranjivanje informacija,
b) ponovno pronalaženje informacija.

Pohranjivanje svih informacija u memoriji, dakle čitav sadržaj rezultata ispitivanja zasad je još preopsežan za elektronsku memoriju. Zbog toga se sada upotrebljavaju konvencionalne metode, kao normalne mape za spise ili mikrofilmovi.

Međutim, za rješavanje problema prednost ima uređaj za elektronsku obradu podataka (3). To rješenje problema uslijedi isto, odnosno na sličan način kao kod konvencionalne metode, kao i kod manje dokumentacije s rubno (ili vidno) bušenim karticama. Najprije treba odrediti istaknute riječi ili tzv. deskriptore, koji jasno opisuju dokumente što ih treba ponovno naći. Deskriptori su podaci koji daju uvid u sadržaj dokumenata. Kod »informacija rezultata ispitivanja« radi se pretežno o »čvrstim« podacima, to znači o svojstvima materijala koji se mogu prikazati brojevima. Međutim za prikazivanje bitnih oznaka materijala, potrebni su i »nečvrsti« podaci, to znači pojmovi koji npr. označuju ispitivani materijal. U laboratoriju za ispitivanje službe primjene odjeljenja »Kaučuk« proizvode se mješavine kaučuka i mnogih kemikalija za kaučuk i prerade do konačnog proizvoda elastomera. Tada se određuju svojstva konačnog proizvoda, kao vlačna čvrstoća, istezanje do kidanja, tvrdoća itd., što treba evidentirati u dokumentaciji. Mješavina, provjerena u praksi sastoji se u privilu od oko 10 do 20 komponenata određenih po vrsti i doziranju. Najzad, treba očuvati informaciju o proizvodnji mješavine i o vulkanizaciji. To znači da je za svaku pojedinu mješavinu potrebno 50 do 100 deskriptora, odnosno za cijelu dokumentaciju čak više od 1 000. Kako se godišnje proizvede više od 20 000 mješavina, dokumentacija tih podataka nije moguća bez upotrebe kompjutora.

Nije potrebno direktno pohranjivanje čvrstih podataka, jer se želi ponovno naći samo određena mješavina, nego je dovoljno da se svaka ispitana vrijednost dodijeli određenoj grupi. Tako na pr.

sve vrijednosti tvrdoće između 66 i 76 Shore pripadaju u grupu deskriptora H 5. Na taj se način može smanjiti broj deskriptora.

Pomoću tri logične operacije »I«, »ili« odnosno »Negacije« može se formulirati svako željeno pitanje na datoteke koje sadrže podatke o mješavinama. (Usporedi tablicu 3.)

Tablica 3.

PRIMJER TRAŽENJA
Traženo: mješavina od SBR ili NR; sa svijetlim punilom, ne kredom tvrdoća: 66 do 76 Shore; čvrstoća: > 5,0 MPa
Deskriptori: polimer NR (P7) polimer S∃R (P8) svijetlo punilo (F) kreda (F4) tvrdoća: 66 do 75 Shore (H5) čvrstoća na vlak: < 5,0 MPa (Z1)
Pitanje: $(P7 \vee P8) \wedge (F \wedge \neg F4) \wedge H5 \wedge \neg Z1$
Povezivanja: $\wedge$ logično »i« (»kao i — kao također«) $\vee$ logično »ili« (»ili — ili«) $\neg$ »Negacija« (»ne«)

Primjer je tako konstruiran da se u jednom jedinom pitanju iznesu sva tri načina. Traži se mješavina stirol-butadien-kaučuka (SBR) ili prirodni kaučuk (NR). Mješavine treba da sadrže svijetlo punilo, a ne kredu. Osim toga vulkanizati treba da imaju tvrdoću od 66 do 76 Shorea i čvrstoću preko 5 MP-a. Da se to pitanje može postaviti, potrebna su 6 različita deskriptora. Za prikazivanje u tablici označeni su deskriptori simbolima. Kod ponovnog traženja to nije neophodno.

Pitanje glasi: Traže se dokumenti koji sadrže ili P7 ili P8, osim toga za kvalifikaciju dokumenta mora postojati svojstvo F, ali ne F4 te svojstvo H5, a ne Z1.

Kao odgovor dobije se broj sloga za koji vrijedi određeni deskriptor. Ako se dobije preveliki broj slogova, treba upotrijebiti daljnje deskriptore, da se broj reducira. Konačno se odštampa potreban broj slogova.

PROMJENA RADNOG MJESTA

Upotreba uređaja za elektronsku obradu podataka u laboratoriju za ispitivanje potrebna je u današnje doba iz ekonomičnih razloga. Međutim, to sigurno povlači za sobom i promjenu radnih mjesta. Suradnik u laboratoriju sve je više suočen s elektronikom; sve rjeđe će ispitivane vrijednosti zabilježiti i sam preračunati, već će unijeti podatke preko tastature terminala samo zbog nabrajanja nekih promjena.

Opisan primjer upotrebe procesnog računala u ispitivanju na kidanje bio je predmet studija opravdanosti racionalizacije rada (4). Tu je dana procjena radnog mjesta sa stajališta mjezine opravdanosti. Rezultat je povećanje stručnosti i odgovornosti na radnom mjestu. Nasuprot tome smanjen je fizički napor i monotonija uvijek istih pokreta. Međutim, povećana je psihička napetost i kod potpuno automatskog uređaja pojavljuje se manjak aktivne djelatnosti, jer ispitivač najveći dio vremena ima zadatak kontroliranja.

Zadaci laboranta i ispitivača materijala mijenjaju se uvođenjem elektronske obrade podataka, dodatno su potrebni suradnici drugih kvalifikacija, kao elektroničari i programeri. Potrebni su kvalificirani suradnici, odnosno takvi koji su spremni za daljnje obrazovanje i uvođenje u nove tehničke poslove.

LITERATURA

1. R. Clamroth i G. Fromandi: Kautschuk und Gummi, Kunststoffe 21, 497 (1968.)
2. J. König, H. W. Picht, W. Kaufmann i W. Reerink: Kunststoffe 63, 242 (1973.)
3. R. Clamroth, H. Fendel i W. Hofmann: Nachrichten für Dokumentation 23, 119 (1972.).
4. K. H. Winter, K. H. Schüring, H. J. Weber (u pripremi), aus der Reihe Th. Ellinger: Fallstudie zur menschengerechten Rationalisierung.
Carl Hanser Verlag, München, Wien.

Prvo izdanje: Chemie für Labor und Betrieb — veljača 1977.

Naslov pisca:
dr Rudolf Clamroth
Bayer AG, Leverkusen

PUŠTANJE U POGON TRANSFORMATORSKE STANICE 400/110 KV, ZAGREB I

TS 400/110 kV »ZAGREB I« NA SVEČAN JE NAČIN 8. SVIBNJA PUŠTENA U RAD. SVEČANOSTI SU PRISUSTVOVALI PREDSTAVICI IZVRŠNOG VIJEĆA SABORA, SKUPŠTINE GRADA ZAGREBA, STRUČNJACI IZ ELEKTROPRIVREDE, I DRUGI UZVANICI.

Pozdravna riječ dr Lazara LJUBIŠE, dipl. ing. generalnog direktora Zajednice jugoslovenske elektroprivrede, u povodu završetka radova i puštanja u pogon transformatorske stanice 400/11 kV Zagreb, kao dijela Osnovne 400 kV mreže Jugoslavije »Nikola Tesla«.

Drugarice i drugovi,

Čini mi osobitu čast i neizmjerno zadovoljtsvo da u ime Zajednice jugoslovenske elektroprivrede i svoje lično, pozdravim sve prisutne povodom završetka radova i puštanja u pogon dalekovoda 400 kV Zagreb — Ernestinovo, dalekovoda 400 kV Zagreb — Maribor i transformatorske stanice 400/110 kV Zagreb sa ostalim objektima djelovima Osnovne 400 kV mreže »Nikola Tesla« Jugoslavije. Time se omogućava puštanje u pogon i korišćenje I etape prve faze 400 kV »Nikola Tesla« od Hidroelektrane »Đerdap« preko Beograda i Obrenovca (sa krakom do Novog Sada i Subotice), Ernestinova (sa krakom do Tuzle, Sarajeva i Mostara), Zagreba i Maribora do Ljubljane s jedne strane i Hidroelektrane »Đerdap« preko Bora i Niša do Kosova s druge strane, a do kraja ove godine pustiće se u pogon i dalekovodi i transformatorske stanice od Kosova preko Skopja i Negotina do grčke granice.

U toku je izgradnja 400 kV dalekovoda od Kosova preko Titograda, Trebinja, Mostara, Splita, Rijeke i Divače do Ljbljane, a u pripremi je izgradnja transformtorskih stanica iz II faze 400 kV mreže koje treba da omoguće puštanje u pogon pod naponom 400 kV ovih dalekovoda u 1979. i 1980. godini. Tako će se omogućiti korišćenje 400 kV prenosne mreže »Nikola Tesla« kao jedinstvenog prstena i funkcionisanje jugoslavenskog elektroenergetskog sistema kao jedinstvene tehničko-tehnološke cjeline.

Smatram svojom obavezom i dužnošću da ovom prilikom odamo puno priznanje svim isporučiocima opreme i izvođačima radova i investitorima objekata elektroprivrednim organizacijama za prenos električne energije iz svih republika i pokrajina. Ova je mreža djelo naših konstruktora, proizvođača opreme i izvođača radova i primjer kako se ovako grandiozni objekti mogu zajednički i uspješno izvoditi vlastitim snagama.

Želim da podsjetim prisutne da je na X Stručnom savjetovanju elektroenergetičara Jugoslavije Međunarodne konferencije za velike električne mreže CIGRE, održanom od 11. do 17. 17. X 1970. godine u Dubrovniku razmatrana po prvi put koncepcija razvoja Osnovne 400 kV mreže Jugoslavije. U tome su učestvovali eminentni naučnici i stručnjaci iz cele zemlje: elektroprivrednih organizacija, naučno istraživačkih organizacija, instituta, elektrotehničkih fakulteta, projektanskih organizacija, elektro-industrije i organizacija koje grade elektroprivredne objekte.

Predložena koncepcija je jednoglasno prihvaćena s konstatacijom da je pred svim elektroenergetičarima Jugoslavije prioritetan zadatak da se u budućnosti zalaže za njenu realizaciju.

I. Izgradnja snažne prenosne mreže predstavlja osnov za funkcionisanje elektroenergetskog sistema kao tehničko-tehnološke cjeline

U prvoj fazi izgradnje 400 kV prenosne mreže Jugoslavije čija je realizacija u završnoj fazi, podiže se 3000 km dalekovoda i 14 transformatorskih stanica instalisane snage 7700 MVA i predračunske vrednosti 450 miliona dolara. Od ukupne predračunske vrednosti prve faze ove mreže jedna polovina sredstava obezbijeđena je iz zajma Međunarodne banke i drugih inostranih zajmova, a druga je obezbijeđena iz vlastitih sredstava elektroprivrednih organizacija i kredita domaćih banaka.

U izgradnji prve faze 400 kV prenosne mreže učestvuju domaći proizvođači opreme i izvođači radova s 90%, a inostrani isporučioci opreme sa svega 10% u ukupnoj investiciji za ovu mrežu. Uvjeren sam da je ovo svjetao primjer što se može positići u efikasnosti izgradnje velikih objekata, zapošljavanju domaćih kapaciteta i uštedi deviznih sredstava, kada se sporazumiju dvije grane privrede kao što su se o ovom projektu sporazumjele elektroprivreda i elektromašinogradnja.

U II fazi, čija je izgradnja u pripremi, izgradiće se 1 100 km dalekovoda, 13 novih i proširiti 8 postojećih transformatorskih stanica kapaciteta 9 600 MVA i 3 razvodne stanice ukupne predračunske vrednosti 550 miliona dolara. Od navedene predračunske vrednosti projekta II faze oko dve trećine čine sredstva elektroprivrede, udružena sredstva privrede i krediti domaćih banaka i domaćih isporučilaca opreme i izvođača radova, a oko jedne trećine zajmovi i krediti Međunarodne banke, Evropske investicione banke i drugih inostranih financijskih organizacija. Rok izgradnje je kraj 1983. godine.

Radi ilustracije veličine projekta Osnovne 400 kV mreže Jugoslavije navešću samo neke pokazatelje:
— Osnovna 400 kV mreža Jugoslavije spada u najveće projekte ovakve vrste u svijetu koji se grade u roku manjem od 10. godina s investicijama koje iznose oko milijardu dolara, što više nego udvostručuje vrednost osnovnih sredstava elektroprivrednih organizacija za prenos električne energije u Jugoslaviji,
— samo u dalekovodnu mrežu ugrađuje se oko 40 000 km aluminjsko-čeličnih provodnika i specialnih zaštitnih užadi od atmosferskih prenapona, što je jednako obimu zemljine kugle oko polutara,
— ugrađuje se oko 100 000 tona čeličnih stubova, više od 1 400 000 komada izolatora za dalekovode, oko 2 000 mjernih transformatora i 50 velikih transformatora snage koji spadaju u najveće transformatore te vrste u svjetu (400 MVA itd.).

Prenosna snaga jednostrukog 400 kV dalekovoda na pojedinim dionicama može iznositi od 600 do 1 000 MW, što odgovara snazi naše najveće Hidroelektrane »Đerdap«, a daleko je veća od jedinične snage agregata u našim termo i nuklernim elektranama.

Osnovna 400 kV mreža Jugoslavije omogućuje povezivanje svih proizvođačkih i potrošačkih područja u zemlji, instaliranje ekonomičnih agregata velikih jediničnih snaga u termo i nuklearnim elektranama, optimalni izbor veličine izgradnje akumulacionih hidroelektrana, kompletiranje proizvodnje energije iz raznih energetskih izvora, optimalno korišćenje postojećih i budućih proizvodnih kapaciteta i povezivanje sa susednim elektroenergetskim sistemima i velikim evropskim elektroenergetskim interkonekcijama. Izgradnja Osnovne 400 kV mreže Jugoslavije pored toga obezbeđuje maksimalno mogući, a ekonomski opravdan, stepen sigurnosti snabdevanja potrošača električnom energijom u svim područjima zemlje.

S gledišta energetike u širem smislu, Osnovna 400 kV mreža Jugoslavije ima fundamentalan i infra-strukturni značaj, jer stvara preduslove za ravnopravan tretman svih energetskih izvora i neophodna je za funkcionisanje elektroenergetskog sistema, kao jedinstvene tehničko-tehnološke cjeline.

Osnovna 400 kV mreža Jugoslavije predstavlja »kičmu jugoslovenskog elektroenergetskog sistema i krvotok za našu privredu i zemlju u cjelini«, kako je to rekao Predsjednik Republike drug Tito prilikom razgovora s predstavnicima jugoslovenske elektroprivrede, u septembru 1973. godine u Zagrebu. Ona se može s pravom nazvati mrežom bratstva i jedinstva, jer povezuje sve naše republike i pokrajine i odgovara interesima svih naših naroda i narodnosti.

II. Blagovremeni razvoj elektroprivre i mogućnost zadovoljavanja potrošača za električnom energijom predstavljaju preduslov razvoja privrede i zemlje u cjelini

Od 1945. godine kada je ostvarena proizvodnja električne energije od oko jedne milijarde kWh do 1977. godine kada je ostvarena proizvodnja, odnosno bruto potrošnja od 48,5 milijardi kWh, elektroenergetski sistem Jugoslavije razvio se u veliki tehničko-tehnološki sistem. Razvoj elektroenergetskog sistema bazirao se u osnovi na korišćenju domaćeg energetskog potencijala — uglja i vode. U 1977. godini u Jugoslaviji je ostvarena proizvodnja od 39,1 miliona tona uglja, proizvodnja od 4,0 miliona tona, a potrošnja od 12,7 miliona tona nafte i proizvodnja, odnosno potrošnja, od 2,0 milijardi Nm^3 gasa.

Elektroenergetski sistem Jugoslavije funkcioniše kao jedinstveni tehničke sistem od 22. decembra 1957. godine kada je povezan 110 kV mrežom dalekovoda u jednu tehničko-tehnološku cjelinu.

Savremeni tehnički sistem automatske sekundarne regulacije frekvenca kV-snaga u našem elektroenergetskom sistemu, izgrađen je i pušten u rad 1. avgusta 1971. godine od kada uspješno funkcioniše.

Krajem 1977. godine elektroenergetski sistem Jugoslavije raspolagao je s ukupno instalisanom snagom elektrana od 10 576 MW, sa 17 838 km dalekovoda prenosne mreže napona 110, 220 i 400 kV i sa 259 300 km mreže za distribuciju električne energije napona 35, 10 i 0,4 kV.

Bruto proizvodnja električne energije u Jugoslaviji 1977. godine ostvarena je 2 300 kV časova, a neto potrošnja 1 850 kV časova po stanovniku i iznad je svetske, a ispod evropske potrošnje električne energije po stanovniku.

Najveća jedinična snaga termoagregata u sistemu je 335 MW (TE Šoštanj), a najveća jedinična snaga hidroagregata je 172 MW (HE »Đerdap«). Najveća termoelektrana u sistemu je TE »Kosovo« instalisane snage 800 MW, a najveća hidroelektrana u sistemu je HE »Đerdap« instalisane snage 1 032 MW. Maksimalni kapacitet akumulacionih bazena svih hidroelektrana u Jugoslaviji iznosi 4,2 milijarde kWh.

Zaključen je Dogovor o osnovama društvenog plana Jugoslavije za razvoj elektroprivrede uglja i novih izvora energije u periodu od 1976. do 1981. godine. Ovim Dogovorom utvrđeno je da se izgrade elektroenergetski i rudarski kapaciteti koji će omogućiti proizvodnju električne energije od 65 do 70 milijardi kWh i rudarski kapaciteti koji će omogućiti proizvodnju uglja od 55 do 58 miliona tona u 1980. godini. U izgradnji i pripremama za izgradnju nalaze se elektroenergetski proizvodni kapaciteti od oko 9 500 MW instalisane snage u elektranama. Grade se termoelektrane i toplane (na čvrsta, tečna i gasovita goriva), hidroelektrane (protočne, akumulacione i pumpno-akumulacione), prva nuklearna elektrana »Krško« u Jugoslaviji s odgovarajućom Osnovnom 400 kV mrežom Jugoslavije i ostalom prenosnom i distributivnom mrežom.

Na osnovi izrađenih studija i revizije Stručnog saveta jugoslovenske elektroprivrede, ocenjeno je da će potrebe potrošnje električne energije u Jugoslaviji 1990. godine iznositi 124 milijarde kWh ili 5 155 kWh po stanovniku, a 2000. godine oko 230 milijardi kWh ili 8 789 kWh po stanovniku.

Prema izvršenim analizama, a u skladu s ocenjenom proizvodnjom i potrošnjom električne energije u pojedinim područjima i za zemlju u cjelini, u narednom periodu, Osnovna 400 kV mreža Jugoslavije može zadovoljiti potrebe proizvodnje, prenosa i potrošnje električne energije do 1985. godine, a uz neophodnu dogradnju do 1990. godine. Posle 1990. godine, radi izgradnje velikih snaga na jednoj lokaciji, njihovog povezivanja s potrošakim područjima u zemlji i povezivanja elektroenergetskog sistema Jugoslavije sa susednim elektroenergetskim sistemima, odnosno evropskim elektroenergetskim interkonekcijama, potrebno je proučiti za razdoblje do 2000. godine i dalje, pitanje izbora sledećeg visokog napona iznad 400 kV (750 ili 1 150 kV) i opravdanosti njegovog uvođenja, kao i utvrditi konfiguraciju ove mreže u Jugoslaviji.

Za ostvarivanje ovako obimnog programa razvoja elektroenergetike i zadovoljenje potreba potrošača u električnoj energiji u narednom periodu, pred sve elektroenergetičare u Jugoslaviji postavlja se kao prioritetan zadatak da se založe za njegovu realizaciju.

Polazeći od činjenice da je dosadašnje zaostajanje u razvoju elektroenergetike posledica nedovoljnog i neblagovremenog ulaganja u izgradnju novih elektroenergetskih kapaciteta i rudnika uglja, potrebno je za realizaciju programa razvoja elektroenergetike u narednom periodu obezbediti sigurne izvore sredstava i ravnomjerno ulagati u razvoj elektroenergetskih kapaciteta najmanje 31% u proseku godišnje od ukupnih ulaganja u industriji zemlje, ili 10,5% od ukupnih ulaganja u privredu ili 2,5% od nacionalnog dohotka, što je u skladu s praksom drugih zemalja koje imaju usklađen razvoj elektroenergetike s razvojem ukupne privrede i društva u cjelini.

III. Povezivanjem elektroenergetskih sistema pojedinih zemalja stvaraju se velike i snažne međunarodne elektroenergetske interkonekcije

Razvojem elektroenergetskih sistema pojedinih zemalja i približavavanjem granica njihovih električnih mreža, povećava se celishodnost njihovog, ne samo povezivanja, već i udruživanja u velike elektroenergetske interkonekcije.

Jugoslovenski elektroenergetski sistem povezan je dalekovodima visokog napona s elektroenergetskim sistemima susednih zemalja.

Od 16. septembra 1974. godine elektroenergetski sistem Jugoslavije nalazi se u uspešnom probnom paralelnom radu s elektroenergetskom interkonekcijom UCPTE (Unijom za koordinaciju proizvodnje i prenost električne energije koja obuhvata elektroenergetske sisteme: Austrije, Belgije, Francuske, Holandije, Luksenburga, Švajcarske i Zapadne Nemačke), preko 220 kV dalekovoda Divača — Padričiano (Italija), a od 23. juna 1975. godine i preko 220 kV dalekovoda Podlog — Oberzilah (Austrija).

U periodu od 29. X do 1. XI 1975. uspešno je obavljen probni paralelni rad jugoslovenskog elektroenergetskog sistema s elektroenergetskim sistemom Grčke preko 150 kV dalekovoda Bitola — Ptolomois, a od 1. IV 1977. odvija se trajan paralelni rad.

U vremenskom periodu od 5. do 7. decembra 1975. godine uspješno je obavljen probni paralelni rad jugoslovenskog elektroenergetskog sistema s elektroenergetskim sistemima: Bugarske, Bugarske i SSSR, Bugarske i Rumunije i elektroenergetskom interkonekcijom OES SEV (Objedinjenim energetskim sistemima zemalja članica Saveta za uzajamnu ekonomsku pomoć, koji obuhvataju elektroenergetske sisteme: Bugarske, Mađarske, Čehoslovačke, Rumunije, Istočne Nemačke, Poljske i jedan deo elektroenergetskog sistema SSSR — Lvovski), preko 400 kV dalekovoda Niš — Stolnik i HE Đerdap — Partile de Fier. Za vreme ovog probnog paralenog rada bio je prekinut paralelni rad jugoslovenskog elektroenergetskog sistema s elektroenergetskom interkonekcijom UCPTE.

Jugoslovenski elektroenergetski sistem može se u perspektivi trajno povezati s evropskim elektroenergetskim interkonekcijama OES SEV i UCPTE samo na način koji omogućuje jednovremeni rad s obe ove interkonekcije (od kojih s jednom u paralelnom, odnosno sinhronom radu, a s drugom u asinhronom radu preko istosmjernih stanica velikih snaga.

Geopolitički položaj naše zemlje i energetsko-ekonomski interesi za saradnju s obe elektroenergetske interkonekcije čine oportunim takvo rešenje koje obezbeđuje elektroenergetskom sistemu Jugoslavije široke i ravnopravne mogućnosti istovremene saradnje s obe velike evropske elektroenergetske interkonekcije. S kojom će elektroenergetskom interkonekcijom jugoslovenski elektroenergetski sistem raditi trajno u paralelnom radu, a s kojom u usmerenom radu, zavisi od daljeg saglegavanja ovog problema i stava naučnih i stručnih institucija, elektroprivrednih organizacija i interesa zemlje.

IV. Zadaci energetičara Jugoslavije u narednom periodu

Energetska kriza u svijetu i dosadašnja elektroenergetska kriza u zemlji nameće nam, kao odgovornim ljudima u energetici, da svestrano razmotrimo sve probleme i zadatke koji stoje pred energetičarima i da se angažujemo na njihovom rješavanju. Na to nas obavezuje Ustav SFRJ i politika Saveza komunista Jugoslavije.

Pred organizacije udruženog rada energetike i njihove asocijacije, kao i pred sve energetičare, postavljaju se krupni i složeni zadaci u vezi s daljim konstituisanjem udruženog rada i povezivanja rada i sredstava na osnovu Ustava SFRJ i Zakona o udruženom radu i na toj osnovi rešavanjem sistematskih pitanja ekonomskog položaja i uslova privređivanja energetskih grana, ulaganja napora da se nadoknadi zaostajanje izgradnje energetskih kapaciteta, posebno elektroenergetskih i rudnika uglja za potrebe elektroppriv rede, i obezbeđenja funkcionisanja elektroenergetskog sistema zemlje, kao velikog tehničko-tehnološkog sistema s razrešenim međusobnim ekonomskim odnosima na samoupravnim osnovama.

Jugoslavija učestvuje u svetskom stanovništvu s 0,6%, u svetskoj potrošnji električne energije s 0,63%, u svetskoj energetskoj potrošnji s 0,4%, dok u svetskim energetskim potencijalima učestvuje sa svega 0,1%. Iz toga proizlazi da nas u narednom periodu očekuju vrlo krupni i složeni zadaci na polju razvoja energije i njenog racionalnog korišćenja u Jugoslaviji.

Polazeći od navedene činjenice, ako bi hteli ukratko da rezimiramo osnove energetske politike zemlje u narednom periodu i zadatke energetičara koji iz toga proizlaze, onda bi mogli konstatovati:

— da je neophodno veće oslanianje na sopstvene energetske potencijale i korišćenje domaćih energetskih resursa, u prvom redu uglja i neiskorišćenog hidro potencijala,

— i pored takvog opredeljenja u narednom periodu zemlja će ulagati u sve veću energetsku zavisnost jer ne raspolaže, po obimu i kvalitetu, odgovarajućim vidovima energije (posebno nafte i gasa), zbog čega je potrebno zajednički nastupati kod uvoza i izvoza energije, a posebno u obezbeđenju sredstava za stalni naučno-istraživački i razvojni rad u oblasti energije,

— za optimalan razvoj energetike i korišćenje domaćih energetskih potencijala potrebno je efikasnije istraživanje uglja i još intenzivnije istraživanje nafte, prirodnog gasa i nuklearnog goriva, a uz uvođenje dopunskih i sekundarnih metoda povećati iskorišćenje naftnih ležišta,

— kod prerade nafte po usaglašenoj dinamici potrebno je ući u što veće iscrpke nezamenljivih derivata, benzina i srodnih derivata, što treba pospešiti i određenim sistematskim pitanjima u oblasti cena,

— energetski potencijal uglja, saglasno napretku tehnike i tehnologije u okviru ekonomskih merila, potrebno je postepeno usmeravati i u pravcu pretvaranja u plemenite vidove energije (sušeni ugalj, briket, nisko i visoko kalorični gas),

— razvoj nuklearnih elektrana i njihovo uključivanje u elektroenergetski sistem zemlje treba da bude sinhronizovan s postepenim razvojem domaće mašinogradnje i potrebama razvoja elektroprivrede i ostalih grana privrede,

— potrebno je pristupiti istraživanju novih mogućih izvora energije, kao što su geotermalna i sunčeva energija, iako se njihovo znatnije korišćenje ne može očekivati u bližoj budućnosti,

— razvoj domaće mašinogradnje i elektromašinogradnje treba da predstavlja osnovu razvoja naše elektroenergetike i energetike,

— kod izgradnje energetskih objekata i korišćenja energije mora se voditi računa o zaštiti čovekove okoline,

— neophodan je permanentan rad na racionalnom korišćenju energije,

— potrebno je pristupiti izradi studije kompleksnog razvoja i korišćenja energije do 2000. godine i dalje do 2020. godine. Organizovanje udruženog rada iz oblasti energetike treba podići na takav nivo koji može garantovati iznalaženje najoptimalnijih rešenja snabdevanja energije kako u prostom, tako i u proširenom reprodukcionom ciklusu, i

— za efikasnu realizaciju razvoja energetike i uspješne eksploatacije postojećih i novih energetskih kapaciteta, potrebno je blagovremeno uložiti velike napore i sredstva na osposobljavanju i usavršavanju kadrova za potrebe energetike, mašinogradnje, projektantskih, montažnih i drugih organizacija zajedničkim naporima svih naših škola, posebno univerziteta naučnih institucija, energetskih grana i svih drugih učesnika u realizaciji programa razvoja energetike.

Privredni razvoj zemlje praćen je intenzivnim naporima i razvojem elektroenergetskog sistema Jugoslavije uz nastojanje da se izgradi savremeni sistem sposoban da zadovolji zahteve očekivane proizvodnje i potrošnje električne energije u narednom periodu. Raspoloživi prirodni izvori energije, zahvaljujući njihovom iako ograničenom obimu, strukturi i energetsko-ekonomskim karakteristikama, omogućuju koncipiranje i izgradnju snažnog elektroenergetskog sistema zemlje.

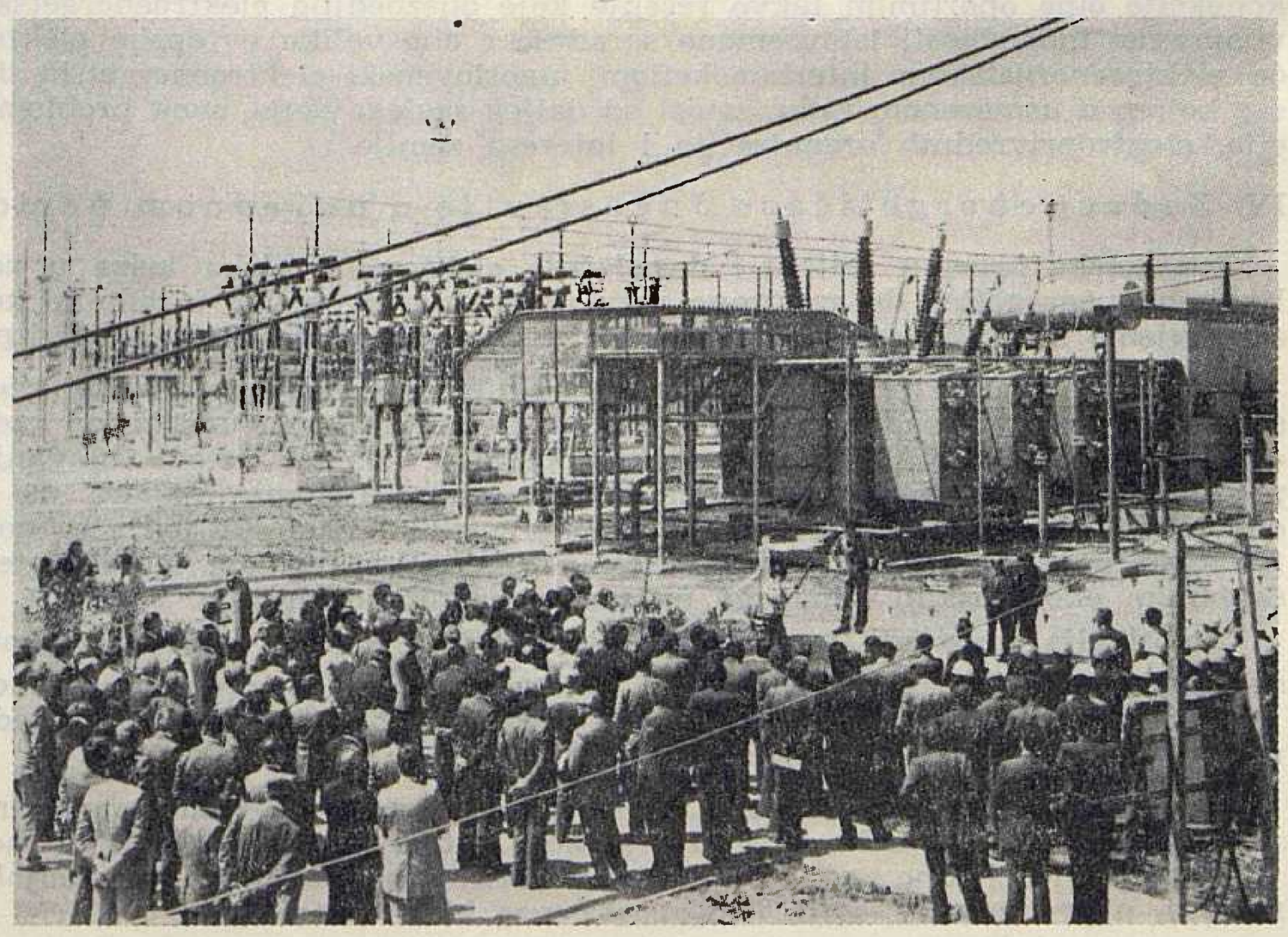
Samo maksimalnim angažovanjem i zalaganjem svih radnih ljudi iz naučnih institucija i univerziteta, istraživačkih projektantskih, građevinskih, montažnih i organizacija mašinogradnje i elektromašinogradnje, kao i radnih ljudi svih grana energetike, posebno elektroprivrede, moguće je ostvariti ovako obiman program razvoja elektroenergetike u narednom periodu i zadovoljiti potrebe potrošača u električnoj energiji, odnosno zemlje i društva u cjelini.

Uvjeren sam da delim Vaše mišljenje, ako kažem da smo na putu da to i ostvarimo.

Hvala na pažnji.

Uzvanicima su govorili: Marko Polić, upravitelj pogona, Zorko Cvetković, direktor »Elektroprenosa« i Božidar Širola, direktor »Elektroprivrede« — Zagreb

U svom je govoru Zorko Cvetković (na slici) naglasio da su sve radove od projektiranja do završnih radova obavili i proizveli radni ljudi naših proizvodnih i montažnih organizacija.



MIROSLAV JUNG, dipl. ing. DOBITNIK NAJVIŠEG REPUBLIČKOG PRIZNANJA ZA ZNANSTVENI RAD NA POLJU TEHNIKE

Majsku nagradu »Nikola Tesla«, za svoju značajnu djelatnost na području prijenosa električne energije, dobio je poznati stručnjak Instituta za elektroprivredu u Zagebu, diplomirani inženjer Miroslav Jung. To je veliko priznanje našem vrsnom stručnjaku, ali i Institutu za elektroprivredu koji je time dobio i trećeg nosioca ove visoke republičke nagrade.

Inženjer Miroslav Jung rođen je 3. veljače 1928. u Zemunu. Maturirao je 1946. u Karlovcu, a diplomirao 1952. na Tehničkom fakultetu u Zagrebu.

Svoju inženjersku karijeru započeo je u tvornici »Rade Končar«, a od 1955. radi u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu u Studijskoj radnoj jedinici »Prijenosne mreže«.

U proteklom razdoblju se bavio različitim problemima prijenosnih mreža u Hrvatskoj i Jugoslaviji. U vrijeme njegovog dolaska u Institut, u elektroprivredi Jugoslavije bile su u toku opsežne studije za prijelaz na viši naponski nivo, tj. na 220 kV. Inženjer Jung je vrlo aktivno sudjelovao u tim radovima, rješavajući probleme prijenosa električne energije, stabilnosti sistema, atmosferskih utjecaja na vodove, priključka velikih postrojenja itd. Tokom rada sve se više specijalizirao za probleme kratkog spoja i utjecaja elektroenergetskih postrojenja na susjedne objekte, prvenstveno telekomunikacione vodove i kovinske cjevovode.

Na temelju njegovih radova i njegovih razvijenih metoda provodi se na području Hrvatske zaštita prijenosnih mreža od previsokih mehaničkih, električnih i toplinskih naprezanja, kao i zaštita susjednih osjetljivih objekata od previsokih napona opasnosti izazivanih strujama kratkog spoja. Među konkretne rezultate njegovih nastojanja treba ubrojiti i napuštanje pogona razdjelnih mreža s izoliranim zvjezdištem, odnosno njihov prijelaz na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko djetalnog otpora. Time je omogućeno uvođenje relejne zaštite od jednopolnih kvarova i brzo automatsko ponovno uključivanje u razdjelnim mrežama, smanjenje sklopnih prenapona, a time povećanje sigurnosti pogona.

Iz područja svoga rada objavio je u našim časopisima brojne naučne i stručne članke i sudjelovao na stručnim savjetovanjima zapaženim referatima. Član je Međunarodne konferencije za velike električne mreže CIGRE i Jugoslavenskog komiteta te organizacije, aktivan u Studijskom komitetu za perturbacije. Osim toga je sekretar TO 73 Jugoslavenskog elektrotehničkog komiteta IEC.

U Institutu za elektroprivredu inženjer Jung je bio član Izvršnog odbora sindikalne organizacije, član Upravnog odbora i Savjeta Instituta, a u razdoblju 1970—1972. predsjednik Savjeta Instituta.

Inženjeru Jungu srdačno čestitamo na primljenoj nagradi i želimo mnogo uspjeha u daljnjem radu.

Redakcija

PRIRODNI PLIN U ZAPADNOJ EVROPI

U 1976. godini ukupne raspoložive rezerve prirodnog plina u zapadnoj Evropi bile su 4 350 mlrd kubičnih metra, a zajedno s vjerojatnim 6 380 mlrd m³. Otkrivanjem novih rezervi, a prekategoriziranjem dosadašnjih i smanjenjem radi eksploatacije računa se da će u 1980. godini volumen raspoloživih rezervi prirodnog plina iznositi 8 300 mlrd m³, a mogućnosti proizvodnje 405 mlrd m³ godišnje.

Situacija za pojedina područja je ova (mlrd m³):

Područja	Raspoložive rezerve u 1980.	Moguća proizvodnja
Kopneni dio Nizozemske	2 100	105
Južni dio Sjevernog mora	1 050	50
— Velika Britanija	1 250	55
— Ostali	450	25
Kopneni dio SR Njemačke Austrija, Francuska i Italija i ostali	600	35
Sjeverni dio Sjevernog mora — Velika Britanija, Norveška	2 500	115
Ostalo podmorje Evrope (Irska, Španjolska i ostali)	350	20
Ukupno	8 300	405

Količina od 405 mlrd m³ prirodnog plina odgovara 490 mln tona uvjetnog ugljena.

Journal of the Institute of Fuel, XII 1977.

V. B.

POTROŠNJA ENERGIJE U ZAPADNOJ EVROPI

U posljednje su vrijeme pojedine zemlje zapadne Evrope izradile nove planove o perspektivnoj potrošnji energije, koji su po količini potrebne energije znatno manji od prijašnjih. Tako se prema prijašnjim planovima računalo da će zapadna Evropa u cjelini u 1980. godini trošiti energije u količini od 2 250 mln t uvjetnog ugljena, a prema novim planovima 2 000 tona. Za 2000. godinu ta je razlika još veća. Dok se prije računalo da bi se potrošnja energije u 2000. godini kretala do 5 mlrd tona, sada se računa s 3 mlrd tona.

Razlog tome smanjenju potrošnje je opća štednja energije radi njene sve veće cijene.

Nova predviđanja potrošnje su slijedeća (mln tona uvjetnog ugljena):

Energent	1980.			2000.		
	mlrd t	%	uvoz	mlrd t	%	uvoz
Ugljen	300	15	50	500	17	100
Nafta	1 200	60	950	1 350	45	250—500
Prirodni plin	300	15	50	1 050	33	200—400
Hidro-nukl. energija	200	10	20	100	5	30
Ukupno	2 000	100	1 070	3 000	100	580—1030

U 1980. godini od ukupne potrošnje energije od 2 mlrd tona na uvoz bi otpalo gotovo 55% u 2000. godini. Uz potrošnju od 3 mlrd tona uvoz bi iznosio 19% do 34%, ovisno o količini vlastite proizvodnje nafte i prirodnog plina.

Journal of the Institute of Fuel, XII 1977.

V. B.

NAFTA JUGOSLAVIJE U 1977. GODINI

Proizvodnja nafte u Jugoslaviji u 1977. godini dosegla je gotovo četiri milijuna tona i bila je za 1,8% veća nego u prethodnoj godini. Proizvodnja prirodnog plina iznosila je 1,9 mlrd m³, pa je bila za oko 10% veća nego u 1976. godini.

Kretanje proizvodnje nafte i prirodnog plina u prošle tri godine bilo je slijedeće:

Proizvod	Jed. mjere	1975.	1976.	1977.
Nafta	10^3 tona	3 692	3 880	3 951
Prir. plin	mln m³	1 554	1 730	1 897

Potrebe za naftnim proizvodima stalno su iznad mogućnosti njezine proizvodnje u zemlji, pa se manjak pokriva uvozom.

U toku prošle tri godine bile su prerađene ove količine domaće i uvozne nafte (10^3 tona):

Prerađena nafta	1975.	1976.	1977.
Domaća	3 600	3 880	3 951
Uvozna	7 288	7 844	9 896
Ukupno	10 888	11 724	13 747

Kako se vidi, udio domaće nafte u ukupno prerađenoj nafti pao je od 33% u 1975. godini na oko 28%. U 1976. godini bilo je prerađeno približno 8% više nego u 1975. godini, a u 1977. godini 18% više nego u 1976. godini.

Prerađujući raspoložive količine nafte, rafinerije su proizvele gotove proizvode u skladu s osobinama nafte, svojim tehnološkim mogućnostima i potrebama potrošača. Proizvodnja glavnih proizvoda bila je ova (u 10^3 tona):

Proizvod	1975.	1976.	1977.
Benzin	1 745	1 923	2 231
Dizel-gorivo, ulje za loženje za domaćinstva i ekstralako ulje za loženje	2 817	2 969	3 450
Ulje za loženje	4 276	4 800	5 818

Kako se prinosi rafinerije nisu mogli uskladiti sa sezonskim potrebama tržišta, to su se povremeno uvozile deficitarne količine pojedinih naftnih proizvoda, a one u višku su se izvozile.

V. B.

NTE U ŠPANJOLSKOJ

Španjolska elektroprivreda traži poduzeće koje bi gradilo NTE Redogola u pokrajini Lugo. NTE bi bila učinka 1 000 MW, a dobar dio opreme dala bi španjolska industrija. Uz izgradnju NTE zatraženo je i prvo punjenje gorivom.

Izgradnja NTE Trillo od 1 000 MW oko 100 km sjeveroistočno od Madrida povjerena je poduzeću Kraftwerk Union AG iz SR Njemačke.

Prema EW 1978/2.

B. Mr.

HE SAJAN — SSSR

U Sibiru na Jeniseju u izgradnji je brana za buduću HE Sajan od 10 × 640 MW. Bit će to jedna od najvećih HE na svijetu, a veća od postojećih HE Krasnojarska (na Jeniseju) i HE Bratsk (na Angari). Tako dobiveno akumulaciono jezero prvo je u nizu HE na sistemu Jenisej—Angra, jednog od najvećih hidropotencijala na svijetu.

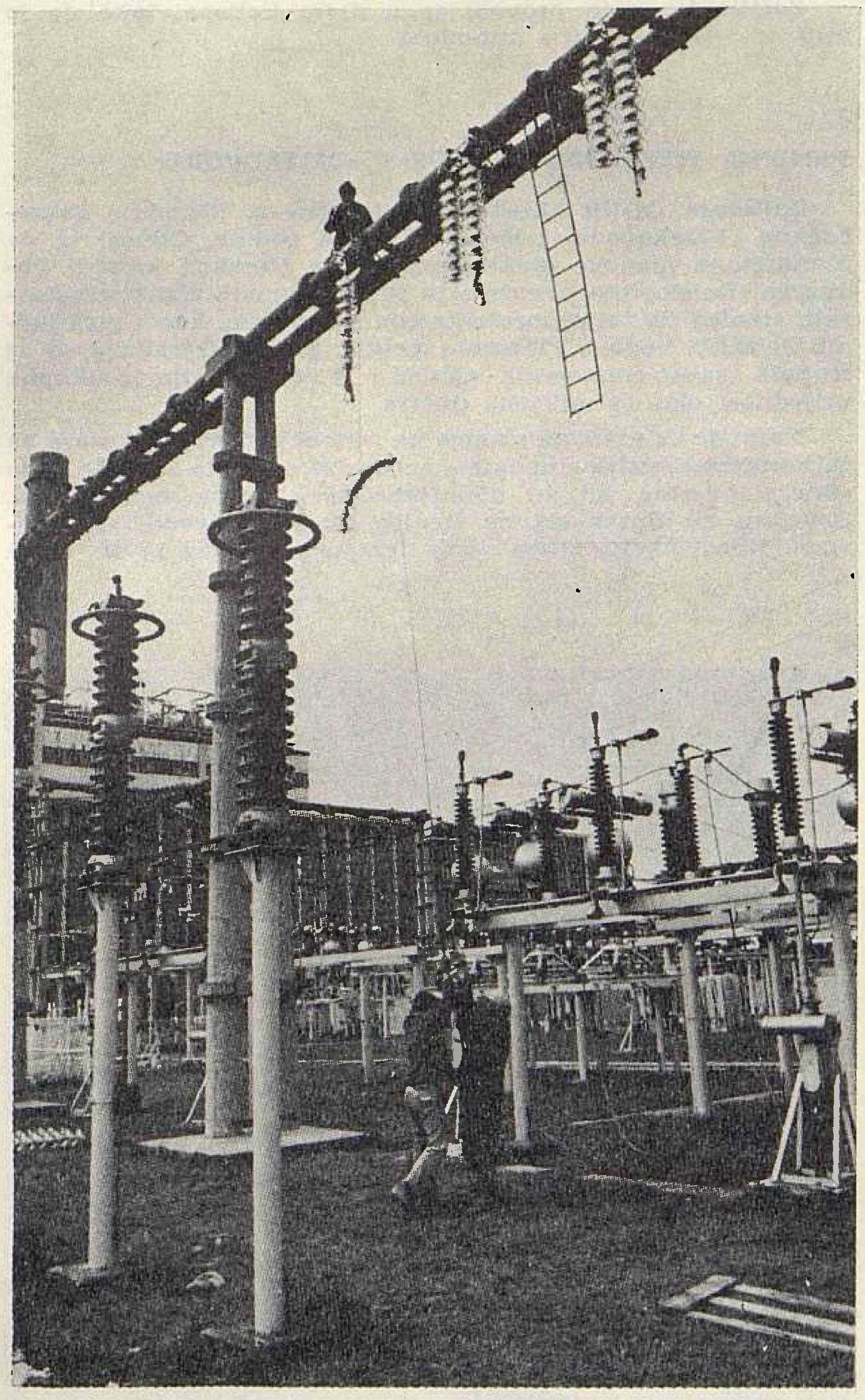
Brana je otežana lučna, širine na kruni 25 m, a na temelju 125 m, najveće visine 245 m i dužine po obodu 1 066 m. Volumen brane je 9 milijuna m³.

Brana bi po tim dimenzijama bila za sada peta na svijetu, ako je prije dovršetka ne preteknu druge dvije brane u gradnji u Sovjetskom Savezu.

Proizvedena električna energija opskrbljivat će novi industrijski bazen u srednjem Sibiru na granici s Mongolijom.

Prema ENR 21. 6. 1977.

B. Mr.



Radovi na rasklopištu TE — TO, Žitnjak

DALEKOVOD 110 kV MRACLIN — TE-TO U POGONU

U redovan pogon pušten je 13. travnja 1978. novosagrađeni dalekovod 110 kV Mraclin — TE-TO Žitnjak, dužine 27,7 km.

Zadatak izgrađenog dalekovoda je prebacivanje električne energije iz čvorišta 220 kV Mraclin u središte potrošnje TE-TO, gdje je transformacija 110/30 kV. Iz TE-TO idu dalekovodi prema transformatorskim stanicama Klara, Južni Zagreb i Jarun, što poboljšava prijenos električne energije do distributivnih pojnih točaka.

Dalekovod 110 kV Mraclin — TE-TO izveden je na čelično-rešetkastim pocinčanim stupovima, proizvod »Energoinvesta«. Vodiči su 240/40 Ač, zaštitno uže AlMg I/Fe 120/70 mm², a izolatori su stakleni domaće proizvodnje.

Glavni dio opreme isporučili su tvornica »Rade Končar«, »Dalekovod«, Tvornica porculana Aranđelovac i dr. Iz uvoza je nabavljena zaštita sistema BBC.

Građevne i montažne radove izvele su radne ekipe »Dalekovoda«. Za gradnju i nabavu opreme investitor, »Elektroprenos« iz Zagreba, uložio je oko 40 milijuna dinara.

Istovremeno s puštanjem u redovan pogon ovog dalekovoda priključeni su vodovi 110 kV u smjeru TS Klara, TS Južni Zagreb i TS Jarun.

OPREMA ZA HE ČAKOVEC

Zagrebačka »Elektroprivreda« potpisala je početkom ožujka ove godine ugovor s francuskim tvrtkama »Neyrpie« i »Alsthom« o isporuci dvaju cijevnih agregata, po 42 MVA za hidroelektranu »Čakovec« na Dravi.

Ugovoreno je da francuski proizvođači surađuju s našim poduzećima »Rade Končar« i »Litostroj«. Prema francuskim nacrtima naša će poduzeća isporučiti oko 50 posto cjelokupne opreme, a montažu će obaviti zajednički.

Vrijednost ugovorenih isporuka iznosi oko 10 milijuna dolara. Za uzvrat naši će proizvođači izvesti razne opreme u vrijednosti tri milijuna dolara. Predviđeno je da kompletna oprema bude isporučena do kraja 1980.

I. R.

RAZVOJ OOUR-a »ELEKTRA« VARAŽDIN

OOUR »Elektra« Varaždin udružena u poduzeće za distribuciju električne energije »Elektra« Zagreb obavlja slijedeće djelatnosti: nabavu, prijenos i prodaju električne energije, gradnju vodova visokog i niskog napona kao i montažu električnih postrojenja, instalaterske poslove, popravak i baždarenje električnih brojila i projektiranje za vlastite potrebe. Poduzeće djeluje na prostoru oko 1002 km² i obuhvaća područje općina Varaždin, Ivanec, Novi Marof i Vinica.

Opskrba konzuma distribucije uglavnom se obavlja transformatorskim stanicama 35/10 kV — s direktnim napajanjem iz TS 110/35 kV Nedeljanec.

Postrojenja visokog i niskog napona koncentrirana su na jača potrošačka središta i to: Varaždin, Ivanec, Lepoglava, Vinica, Varaždinske toplice i Novi Marof.

OOUR »Elektra« Varaždin ulaže velike napore i materijalna sredstva u održavanje postojećih elektroenergetskih objekata, u njihovu tehničku ispravnost, pogonsku sigurnost i proširenje. Nastoji potrošačima osigurati dovoljne količine kvalitetne energije. Taj rad je prilično otežan jer je dobar dio postrojenja posve dotrajao.

I uz velika investiciona ulaganja u obnovu nadzemne i kabelske mreže visokog i niskog napona, potrebno je ubuduće ulagati veća financijska sredstva.

Posljednjih godina konzum područja »Elektra« Varaždin u stalnom je porastu. Potrebna je temeljita rekonstrukcija postojećih postrojenja, i izgradnja novih.

Investicioni program izgradnje uspješno se realizira. Posebno su značajna ulaganja u 1976. i 1977. godini. Iznosila su oko 80 milijuna dinara, dok je u 1975. u izgradnju utrošen 31 milijun dinara. U tom razdoblju izgrađene su 42 transformatorske stanice 10/0,4 kV, te TS 35/10 kV Varaždinske Toplice koja je već u pogonu. Izvedeni su i dalekovodi 35 kV Novi Marof — Varaždinske Toplice i 10 kV u Vinici za potrebe farme »KOKA« iz Varaždina.

U toku su pripreme za izgradnju voda 10(20) kV Varaždin — Šinovec i DV Novi Marof — Podrute.

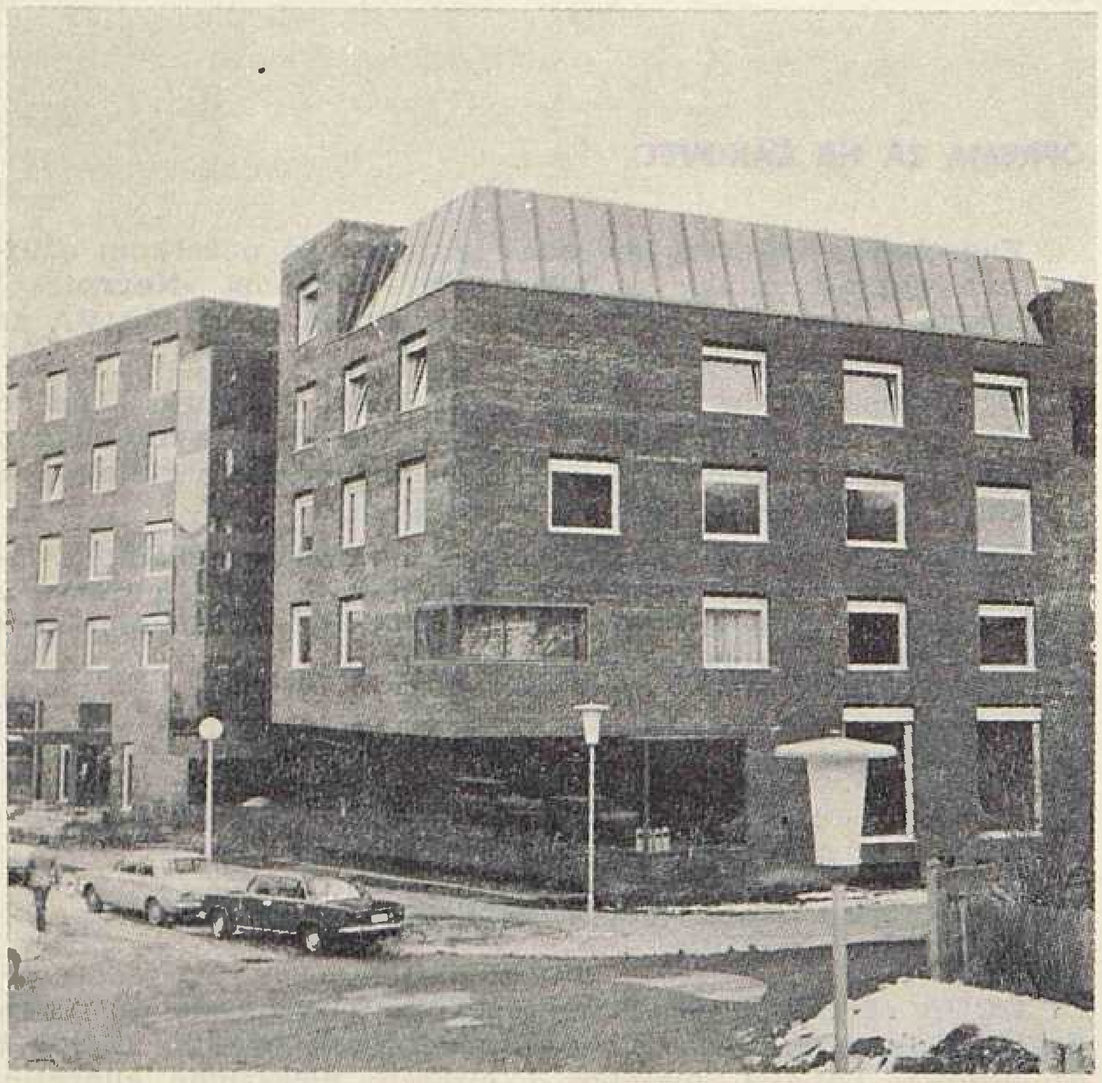
Položeno je više 10 kV kabela u istočnoj industrijskoj zoni varaždinskog područja. Ovim kabelima, postojećim i budućim transformatorskim stanicama, lociranim na tom važnom industrijskom području, dobiva se mogućnost dvostrukog napajanja, veća sigurnost pogona i brži razvoj s obzirom na potrebe električne energije.

Izvršena je i rekonstrukcija pratećih pogona, a radi se na izradi glavnih projekata proširenog skladišnog prostora, zaštitne radionice, garaže kao i radionice osnovne i pomoćne djelatnosti.

U slijedeće dvije godine planirana je izgradnja prve TS 110/35/10 kV Varaždin, instalirane snage 80 MVA, za potrebe distribucije.

Takvo postrojenje traži ubrzani razvoj industrije, kao i porast konzuma široke potrošnje. Potrebne su veće količine električne energije za koje sadašnji kapaciteti stanica i vodova nisu dovoljni.

Izgradnja tvornice poliestera, suvremene hladnjače većeg kapaciteta, te drugih pogona i skladišta u novoj jugoistočnoj industrijskoj zoni također požuruju početak gradnje tog velikog elektroenergetskog postrojenja. Većina navedenih industrija ući će u pogon u razdoblju 1977—1980. godine.



Novosagrađena zgrada dispečerskog centra »ELEKTRE« VARAŽDIN

U toku je ugovaranje izvedbenih radova za ovu transformatorsku stanicu. Ukupne investicije tog objekta iznose oko 50 milijuna dinara.

Treba istaknuti da je u 1977. godini izgrađen 110 kV dalekovod od TS Nedeljanec do lokacije buduće stanice i dio veze sa HE »Čakovec« (u gradnji).

Veliki uspjeh varaždinske »Elektre« predstavlja izgradnja nove zgrade dispečerskog centra, koja je 17. prosinca 1971. na svečan način otvorena. Dispečerski centar građen je sredstvima OOUR »Elektre« Varaždin, poduzeća »Elektroopskrba« iz Zagreba, te kreditima Komercijalne banke Varaždin i »Elektre« Zagreb.

Bruto površina novog objekta je 3 750 m². U izgradnju je investirano oko 36,25 milijuna dinara.

U zgradi je osim Dispečerskog centra smješten projektni biro, kompletna energetika, tehnička dokumentacija, prostorije za rad sa strankama, tehnički odjel i samo na prvom katu upravne prostorije. Na vrhu zgrade je uređen i lijepo opremljen restoran društvene prehrane. U dvorištu »Elektre« smještena je TS 10/0,4 kV za napajanje novog objekta.

Poslovanje »Elektre« u 1977. godini završeno je s uspjehom.

O primjeni ZUR-a u OOUR »ELEKTRI« nakon opsežnih rasprava prihvaćen je samoupravni sporazum o osobnim dohocima, kao i drugi akti Zakona o udruženom radu. Samoupravni sporazum o raspodjeli osobnih dohodaka prihvaćen je referendumom. Od 291 radnika za predloženu raspodjelu izjasnilo se 219.

U »Elektri« je prihvaćen prijedlog da se 17. prosinac proglasi Danom poduzeća. Toga dana su prije 82 godine u gradu Varaždinu zasjale prve električne žarulje.

Slaveći Dan poduzeća 17. prosinca prošle godine članovi kolektiva su potpisali povelju bratstva sa srodnim kolektivom »Elektrodistribucijom« iz Kruševca. Članovi oba kolektiva se uzajamno posjećuju. U kolektivu se velika pažnja poklanja društvenom standardu radnika. Društveni život se odvija u okvirima rada sindikalne podružnice. Sindikalna organizacija je aktivno sudjelovala u stvaranju svih akata u okvirima Zakona o udruženom radu.

Za članove sindikata organiziran je prošle godine izlet na Đerdap i posjet Kruševcu. Osim toga, organizirano je više sportskih susreta i sudjelovanja na Radničkim sportskim igrama, i dr.

Povećan je fond knjižnice nabavkom knjiga iz područja književnosti političke i stručne literature.

Aktiv žena »Elektre« uspješno radi. Ovogodišnja proslava Dana žena svećano je proslavljena. Organizirana je izložba sa stotinjak eksponata — slika, goblena, ručnih radova, tapisarije i dr. To je rad članova aktiva. Kao gosti izložbe bili su članovi aktiva žena »Elektre« Čakovec i »Elektre« Koprivnica.

Stambene prilike članova kolektiva dobrim su dijelom riješeni, no i dalje se kupuju novi stanovi, a pojedincima se odobravaju krediti za poboljšanje stambenih prilika.

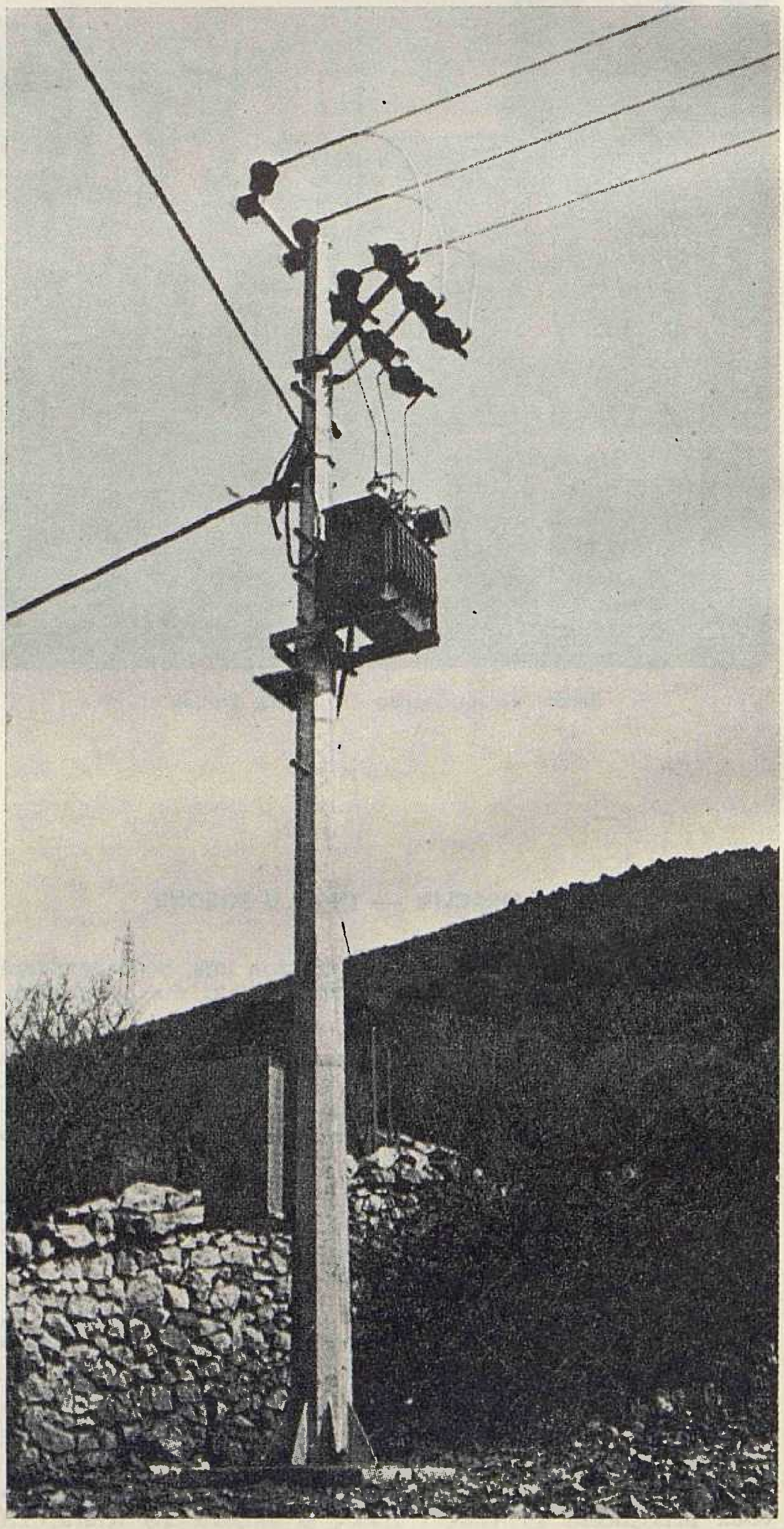
Zaštita na radu provodi se u duhu Zakona, tako da je broj nesreća sveden na minimum.

I. R.

SURADNJA ELEKTRODISTRIBUCIJE I »DALEKOVODA«

Suradnja OOUR »Elektrodistribucija« iz Skrada i zagrebačkog »Dalekovoda« počela je prošle godine. Odnosi se na investicione planove elektrodistribucije Gorskog kotara. Poduzeće »Dalekovod« preuzelo je gradnju novih transformatorskih stanica na željeznorešetkastim stupovima, kao i priključnih 10/20 kV vodova. Tijekom prošle godine izgrađeno je 18 stupnih transformatorskih stanica i 19 vodova, čija je ukupna vrijednost oko 6,8 milijuna dinara.

Najprije su građene stanice na području Gorskog kotara na željeznorešetkastim stupovima snage 160 odnosno 250 kVA, tipa »Energoinvesta«, ali su napuštene zbog nekih nedostataka. Usvojene su tipske stupne stanice što ih proizvodi »Dalekovod«. Konstrukcija stupa ovog tipa konstruirana je za trans-



TS 20(10)0,4 kV na stupu tipa KORS

formator maksimalne snage od 250 kVA. Budući da se na području »Elektrodistribucije« iz Skrada koriste transformatorske stanice manje snage, sporazumno je riješeno da Dalekovod proizvodi novi tip stupa. Novi tip stupa nije rešetkaste konstrukcije već je oblikovan kao osmerokutna cijev, nazvan »K o r s«, visine 7,5 m. Na vrhu stupa montirana je konzola za zavješanje visokog napona i za montažu katodnih odvodnika. Na području Gorskog kotara u 1977. godini izgrađeno 7 komada transformatorskih stanica na »KORS« stupu.

Suradnja »Elektrodistribucije« iz Skrada i »Dalekovoda« nastavlja se i u ovoj godini. Već je počela gradnja dalekovoda 10/20 kV od tvornice u Plešće—Čabar. Izvedbom tog voda omogućuje se lakše prelaženje na 20 kV naponski nivo, a postiže se i sigurnije napajanje područja općine Čabar.

HE »ZAKUČAC 2« — MONTAŽA PRVOG AGREGATA

Radovi na gradnji HE »Zakučac 2«, instalirane snage 260 MW odvijaju se uspješno.

Glavni radovi na radilištima Gata, Zakučac i Radovići završeni su 75 do 80 posto. Najsloženiji posao je probijanje dovodnog tunela dugačkog 9.589 m u morskom masivu na kojem radi građevno poduzeće »Konstruktor« iz Splita. Radovi će biti završeni na vrijeme. Objekti društvenog standarda završeni su u potpunosti.

Uporedo s gradnjom objekata pristupljeno je i montaži pojedinih uređaja i opreme.

Isporučen je veći dio rasklopnog postrojenja, montaža je u toku, a završena je montaža tlačnog cjevovoda. Postavljaju se energetski kabeli, a veći dio pomoćnih pogona je u fazi montiranja. Glavni se posao obavlja na montaži prvog agregata. Radovi dobro napreduju, pa se očekuje završetak montaže najvjerojatnije krajem lipnja ove godine.

Isporučioci strojarske i elektroopreme su uglavnom domaći proizvođači: »Litostroj«, »Rade Končar« i »Metalna« iz Maribora. Ta su poduzeća sa svojim kooperantima i glavni nosioci montažnih poslova.

Ranije planirani rok ulaska u redovni pogon HE »Zakučac 2« 1. siječanj 1979. godine neće se moći održati. Rok je pomaknut na 15. ožujka 1979. godine.

I. R.

TERMOENERGETSKA POSTROJENJA U MAKEDONIJI

Na području SR Makedonije puštena je u probni pogon TE »N e g o t n o«, instalirane snage 210 MW, s godišnjom proizvodnjom oko 1 105 GWh električne energije. To je prvo termoenergetsko postrojenje u Makedoniji koje će koristiti tekuće gorivo.

Većina opreme nabavljena je iz SSSR-a, na osnovi aranžmana s tvrtkom »Tehnoprom—eksporto« iz Moskve.

Osim tog postrojenja pri kraju je i izgradnja TE »Oslomej locirane kod Kičeva, instalirane snage 120 MW. Uz termoelektranu otvoren je i rudnik lignita površinskog kopa iz kojeg će se osiguravati gorivo za pogon termoelektrane.

Planirano je da elektrana uđe u pogon u drugoj polovini ove godine.

Osim toga, otpočela je gradnja TE »Bitola 1« koja treba biti puštena u pogon početkom 1980. Treće termoenergetsko postrojenje u Makedoniji je TE »Bitola 2«, snage 210 MW čija će izgradnja biti završena u 1981. godini. TE »Bitola 1 i 2« koristiti će kao pogonsko gorivo lignit iz rudnika ugljena »Suvodol«.

I. R.

SISTEM DALJINSKOG UPRAVLJANJA

Program sustava daljinskog nadzora i upravljanja u transformatorskim stanicama na području »Elektroprenosa«, Zagreb, nastavlja se realizirati i u 1978. godini. Odobrena su sredstva i plan daljinskog upravljanja za transformatorske stanice:

TS 110/35 kV Nova Gradiška i TS 110/35 kV Virovitica, te

TS 110/30 kV Klara i RP Podsused.

U početku, dok se ne izgradi regionalni dispečerski centar daljinsko upravljanje će se obavljati iz obližnjih transformatorskih stanica s posadom »Elektroprenosa«, i to:

TS 110/35 kV Nova Gradiška i Virovitica iz TS 220/110/35 kV Međurić, dok TS 110/30 kV Klara i RP Podsused iz TS 110/30 kV Rakitje.

I. R.

PLANIRANA GRADNJA TE-TO RIJEKA

Nedavno je donesena odluka za izgradnju termoelektrane — toplane u Rijeci. Na prostoru bivše riječke »Termoelektrane« u Vodovodnoj ulici predviđa »Elektroprivreda« — OOUR Kvarnerske elektrane, izgraditi TE-TO Rijeka. Novo energetsko postrojenje zamišljeno je kao osnovni toplinski izvor za toplifikaciju centralnog dijela grada.

Investicijskim planom je utvrđeno da se uz 120 Gcal/h toplinske energije proizvede i 45 MW električne energije.

Uz proizvodnju topline i električne energije za gradsko područje TE-TO će proizvoditi i tehnološku paru za Tvornicu papira (8 tona/h pare 13 atp i 24 t/h pare od 4 atp). Tehnološku paru koristit će i druga industrijska poduzeća.

TE-TO se sastoji iz glavne pogonske zgrade u kojoj su smješteni: kotlovnica s dva visokotlačna parna kotla i dva steam-blok kotla, toplinska stanica, strojarnica s parnom turbinom i predgrijačko-kondenzacijsko postrojenje. U posebnoj zgradi smjestit će se: uređaji kemijske pripreme vode, crpne stanice, centralne komande i transformatori.

Pogonsko gorivo je teško loživo ulje koje će se dovoditi u TE-TO cjevovodom od glavnog rezervoara sadržaja 5 000 m³.

Glavni dio opreme isporučit će domaći proizvođači tvornice »Rade Končar«, »Jugoturbina« i dr. Izradu glavnog projekta investitor je povjerio »Elektroprojektu« iz Zagreba.

Uskoro će se raspisati natječaj za izvođača glavnih građevnih radova, koji će početi u trećem ovogodišnjem tromjesečju. TE-TO Rijeka bi podkraj 1981. godine trebala ući u pogon.

I. R.

ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ VIŠENAMJENSKIH OBJEKATA

Prema programu regulacije i uređenja sliva Save, dijela sistema srednjeg Posavlja, predviđene su vodne stepenice za stvaranje uspora radi distribucije velikih voda u akumulacije, retencije ili oteretne kanale. Padovi dobiveni na ovim stepenicama mogu se energetski iskoristiti. Takve stepenice predviđene su na Savi, kao višenamjenski objekti i to:

Na hiroenergetskoj stepenici S t r e l i č k o, uzvodno od Siska, s branom, elektranom, brodskom prevodnicom, preljevnim pragom, cestom i drugim objektima predviđena je elektrana instalirane snage 24 MW, s godišnjom proizvodnjom oko 135 do 145 GWh.

Slična hidroenergetska stepenica bila bi i nizvodno od Jasenovca. U tom programu predviđena je i obrana od poplava grada Karlovca sistemom koji se osniva na rasterećenju dijela velikih voda Kupe iznad Karlovca, putem oteretnog kanala K u p a — K u p a.

U čvoru Karlovca značajna je funkcija višenamjenskog objekta vodoprivredno-energetske stepenice B r o d a r c i na Kupi. U sklopu tog objekta predviđena je elektrana s instaliranim protokom 150 m³/s s dvije cijevne proizvodne grupe, svaka snage 4.5 MW, na usporu od 114.5 m n.m. i mogućom godišnjom proizvodnjom od oko 50 GWh.

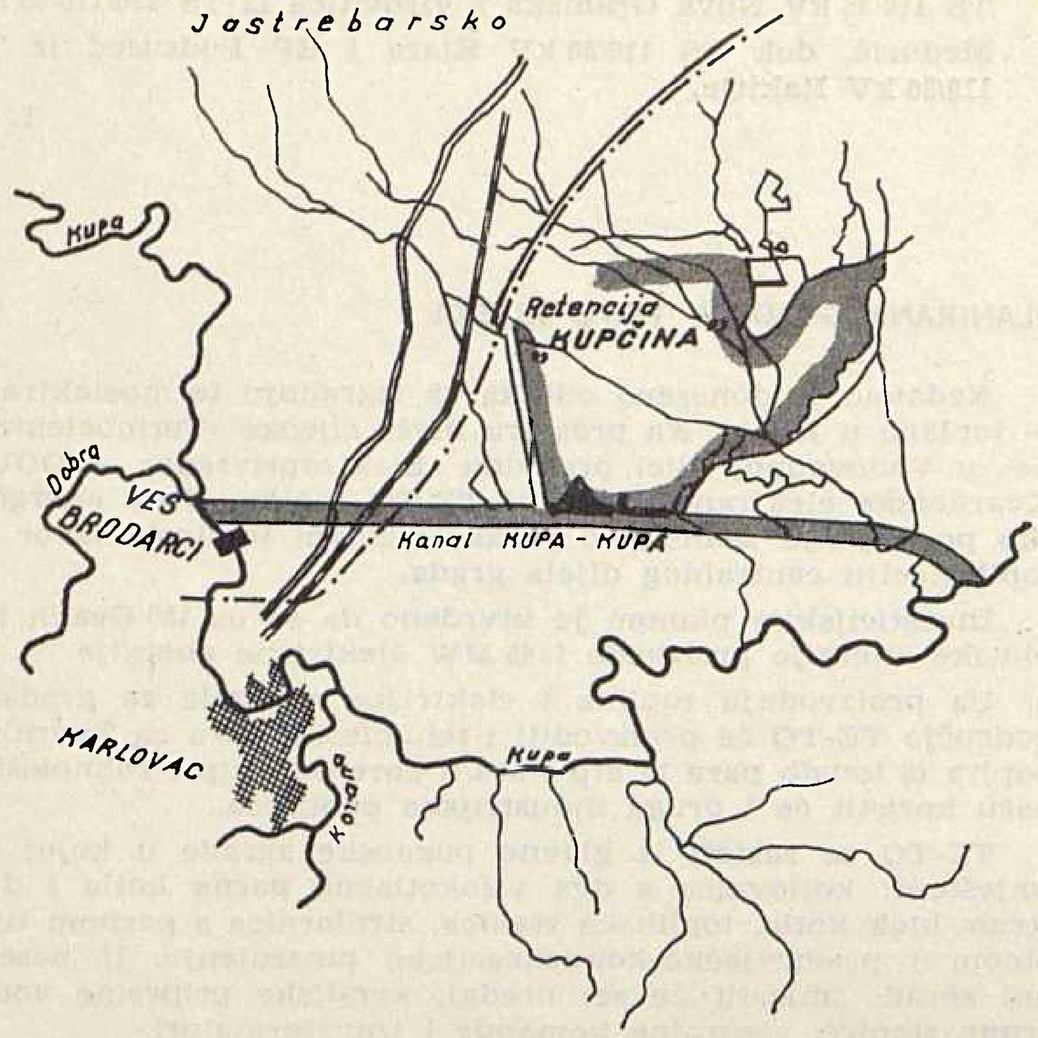
Usporom će se stvoriti akumulacija s korisnim volumenom od 2 hm³, koji će se koristiti za proizvodnju vršne energije, odnosno za pokrivanje vršnih opterećenja konzuma.

Izgradnjom ovog sistema rješava se i pitanje odvodnje zaobalja uzvodno od VES Brodarci, izgradnjom lateralnih kanala i crpnih stanica, čime će se poboljšati uvjeti na tom području i mogućnost boljeg iskorištenja zemljišta za poljoprivredu, i dr.

S objektom VES Brodarci došlo se najdalje. Za taj objekt izrađen je idejni projekt i počeli su radovi na dijelu izrade glavnog projekta. Izvedba projekta je povjerena zagrebačkoj projektnoj organizaciji »Elektroprojekt«.

Prema dinamici realizacije izgradnje, postoje tehničke mogućnosti da se vodoprivredno — energetska stepenica Brodarci izgradi do kraja 1981. godine.

Vodoprivredno — energetsko postrojenje bit će automatizirano s mogućnošću daljinskog upravljanja iz udaljenih centara. Na licu mjesta neće biti posade osim čuvarske službe.



Objekt će zajednički graditi vodoprivreda i elektroprivreda, a općina Karlovac će sudjelovat u tome izgradnjom ceste preko strojarnice i brane.

I. R.

INVESTIRANJA U POSTROJENJA

Radnički savjet OOUR »Elektroprenos« iz Zagreba usvojio je program radova i nabavki opreme koji će se financirati iz sredstava investicionog održavanja za 1978. godinu. Planirana su ulaganja od oko 17,25 milijuna dinara, koja su raspodijeljena po pojedinim pogonima i objektima.

Najveći dio sredstava u iznosu od 5,2 milijuna dinara uložit će se u remont i ličenje dalekovoda, te izmjenu dozemnih užeta i sječu šuma na trasi novih vodova. Predviđena je izmjena uzemljivača na dalekovodima, revizija polja za visoki napon, regulacija mjernih transformatora, ispitivanje i izmjena odvodnika prenapona, izmjena prekidača CGS u TS Bjelovar i izmjena kabela u TS Nedeljanec. Za sve te zahvate utrošit će se oko 2,5 milijuna dinara. Iznos od 2,3 milijuna dinara investirat će se za izmjenu zagona rastavljača.

Ostali dio planiranih sredstava predviđen je za građevne radove u transformatorskim stanicama, održavanje građevnih objekata i upravne zgrade, vozila autoparka i dr.

Istovremeno je Radnički savjet OOUR »Elektroprenosa« prihvatio program radova i nabavki iz sredstava amortizacije za 1978. godinu u iznosu od oko 14,2 milijuna dinara.

Iznos tih sredstava raspoređen je za nabavu alata i opreme, mjernih transformatora radi zamjene, ugradnju uređaja za fiksno uzemljenje, ugradnju sušionika zraka TS Rakitje, Mraclin, Sisak, Jarun, zatim kupnju vozila s teleskopskom korpom, specijalnih alata za ekipu dalekovoda, zamjenu 5 distantnih releja novima LZ 32, zamjenu uklopnih satova, nabavu uređaja za kontrolu mjernih transformatora, kao i nabavu radnih i jalovih brojila za energetska mjerenja.

Izvršit će se rekonstrukcija telefonskih kabela i zamjena jednokanalnih UKV veza u vrijednosti oko 2,55 milijuna dinara.

Nedovršeni radovi na pojedinim objektima predviđeni planom za 1977. godinu bit će završeni tijekom ove godine.

I. R.

ELEKTRIČNI PROIZVODI U EKSPLOZIVNO UGROŽENOM PROSTORU

Savez elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske (SEITH) — Odbor za suradnju s privredom, a u suradnji s Komisijom za ispitivanje »S« uređaja organizirao je: *»II savjetovanje električnih proizvoda, opreme i postrojenja u eksplozivno ugroženim prostorima«.*

Savjetovanje je održano od 11. do 13. travnja 1978. godine u Dubrovniku. Svrha savjetovanja je da se strtučni kadrovi koji projektiraju, proizvode, koriste, održavaju i kontroliraju električne uređaje za upotrebu u prostorijama i prostorima ugroženim eksplozivnim plinovima, parama ili prašinom upoznaju s:

— najnovijim mogućnostima i dostignućima ove tehnike kod nas i u svijetu,

— specifičnom problematikom klasifikacije uređaja i zona opasnosti, te tehničkim podlogama i smjernicama za proračun, konstrukciju, izbor i projektiranje uređaja opreme i postrojenja za eksplozivno ugrožene prostorije i prostore, i

— prijedlozima za nove propise i standarde iz ovog područja.

Navedena problematika obrađena je u 20 referata istaknutih inozemnih i domaćih stručnjaka iz područja proizvodnje i upotrebe takve opreme, elektrotehničkih instituta, republičke elektroenergteske inspekcije, i dr.

Diskutiralo se o svim održanim referatima pa su doneseni i zaključci s kojima će se upoznati zainteresirani stručni krugovi.

I. R.

ELEKTROPRIVREDA
ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU, PRIJENOS I KUPOPRODAJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

ZAGREB, Proleterskih brigada 37 • Telefon: 513-072 i 513-822

Knjige i časopisi

H. HAPPOLDT, D. OEDING: ELEKTRISCHE KRAFTWERKE UND NETZE

Izdavač: Springer — Verlag, Berlin—Heidelberg—New York 1978;

V. potpuno prerađeno izdanje, 673 strane, 508 slika, 87 tablica, format 24 × 16,5 cm, tvrdi uvez, cijena 198 DM ili 99 US dol.

Ovo je V. izdanje vrlo poznate knjige o elektranama i mrežama, čije je prvo izdanje izašlo još prije rata. Knjiga daje pregled cijele tehničke problematike proizvodnje i prijenosa električne energije, pa predstavlja, u neku ruku, elektroprivredni tehnički priručnik, podijeljen u 19 poglavlja.

Nakon uvoda u 1. poglavlju slijedi 2. poglavlje koje obuhvaća općenito proračune trofaznih električnih mreža. U slijedeća dva poglavlja obrađene su termo i hidroelektrane. Tu se govori o principu rada (pojmovi iz termodinamike i hidraulike) elektrana, dispoziciji postrojenja, kotlovima i turbinama. Jedno je poglavlje posvećeno generatorima, a posebno pak njihovoj regulaciji. Dosta je prostora ispunila obrada tipova uzbudnih uređaja i tumačenje principa njihovog rada.

U 7. poglavlju govori se o pomoćnim pogonima elektrana, a 8. o transformatorima kao elementima elektroenergetskog sistema.

U 9. i 10. poglavlju knjige bavi se nadzemnim visokonaponskim vodovima, odnosno kabelima, njihovim konstrukcijama i proračunom konstanata.

U 11. se poglavlju obrađuju postrojenja, a posebno neki elementi kao što su prekidači, rastavljači i mjerni transformatori.

U 12. je poglavlju navedena problematika električnih mreža počevši s najvišim naponskim nivoima pa do mreža niskog napona.

U 13. pak poglavlju provedena je računska obrada trofaznih mreža. U prvom redu su prikazani računski postupci za proračun prilika sistema u kvaru.

Račun tokova snaga u trofaznim mrežama 14. poglavlje obrađuje uz opis metoda računanja.

O strujama kratkog spoja, fizikalnoj slici pojave kratkog spoja u visoko i nisko naponskim mrežama, mehaničkim i termičkim naprezanjima kao i odgovarajućim proračunima govori poglavlje 15.

Problemom uzemljivanja nul-točke transformatora, uzemljivanja općenito i utjecajima na telekomunikacijske vodove bavi se 16. poglavlje.

Prenaponi i koordinacija izolacije izložena je u 17. poglavlju. Obuhvaćeni su dugotrajni, sklopni i atmosferski prenaponi, a obrađeni su i izbor i ugradnja odvodnika prenapona. Posebno je poglavlje posvećeno stabilnosti trofaznog prijenosa, gdje su pregledno objašnjeni pojmovi koji se tiču statističke i dinamičke stabilnosti.

Posljednje, 19. poglavlje, daje kratki pregled visokonaponskog istosmjernog prijenosa.

Na kraju knjige dan je niz korisnih tablica koje mogu vrlo dobro poslužiti pri praktičnim proračunima električnih mreža.

Iza svakog obrađenog poglavlja dan je odgovarajući popis literature.

Kao što se vidi iz ovog pregleda, knjiga je obuhvatila osnovne tehničke probleme kojima se susreću elektroprivredni stručnjaci u svojoj praksi, pa se prema tome može toplo preporučiti. Ona može biti vrlo korisna i za studente elektrotehnike, jer je u njoj obrađena materija vrlo sistematski i sređena pregledno.

B. M.

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

ELEKTRE ZAGREB

TRG KALNIČKIH PARTIZANA 3

Telefon: 74-322, 74-074, 74-100

RADE KONČAR

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

Uvod

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

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

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

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

Automatsko odvajanje voda u kvaru

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

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

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

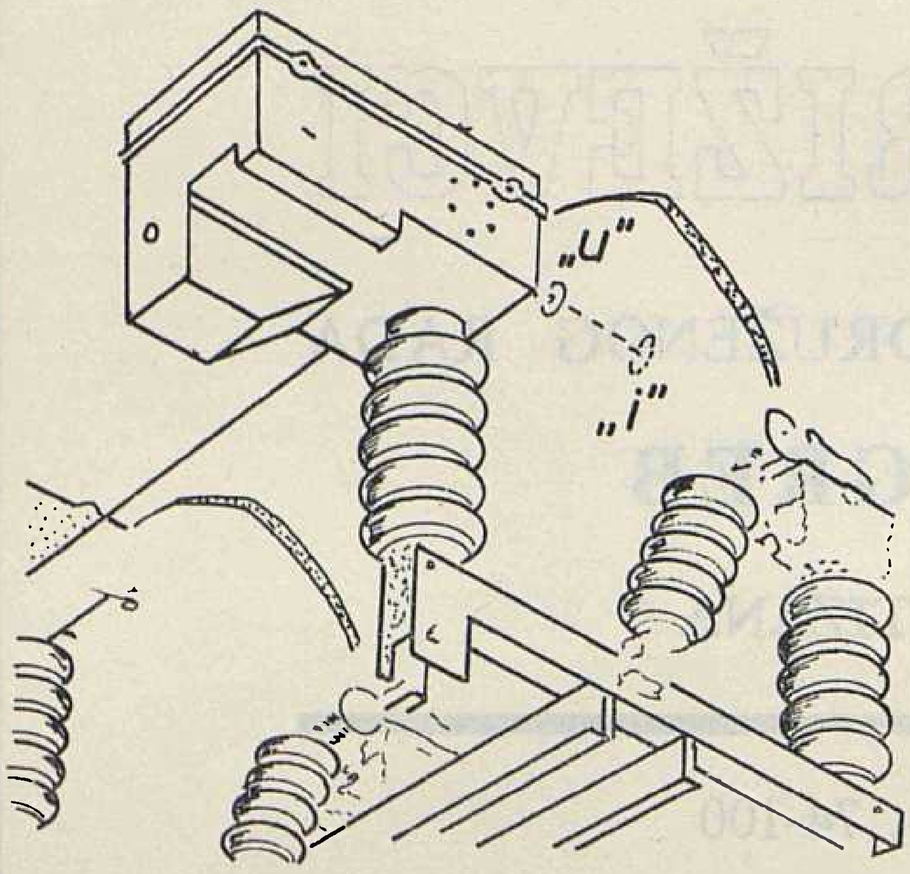
Primjenom ovog uređaja, omogućeno je veoma brzo odvajanje voda u kvaru, čime se osigurava nesmetana opskrba potrošača priključenih na druge krajnje vodove u promatranom konzumnom području.

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

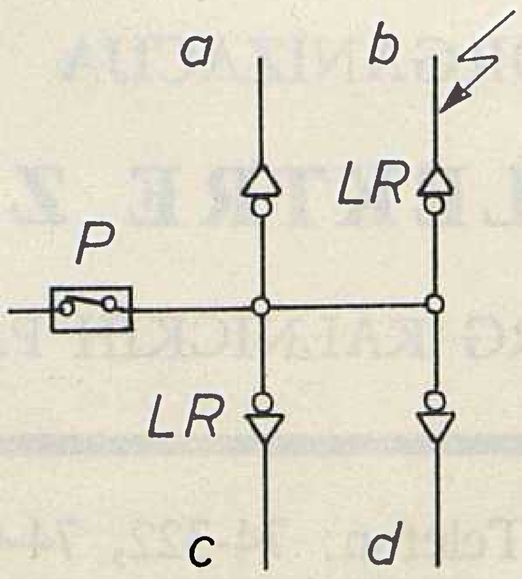
U slučaju pojave kvara na vodu (b), struja kratkog spoja I_k aktivira zaštitu prekidača (P), ugrađenog u TS na početku glavnog voda, koji prekida struju I_k za približno 0,1 — 0,2 sek. od njezinog nastanka.

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

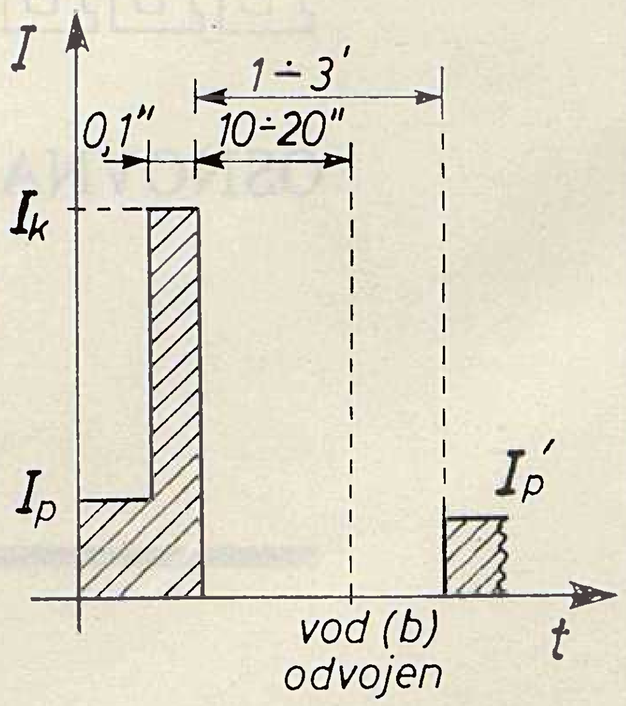
Uklapanjem prekidača, ručno ili automatski nakon pauze od 1 — 3 min., ponovno se nastavlja opskrba



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

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

$$I_p = I_k = 0$$

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

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

Neke mogućnosti primjene uređaja za automatsko odvajanje voda u kvaru

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

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

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

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

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

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

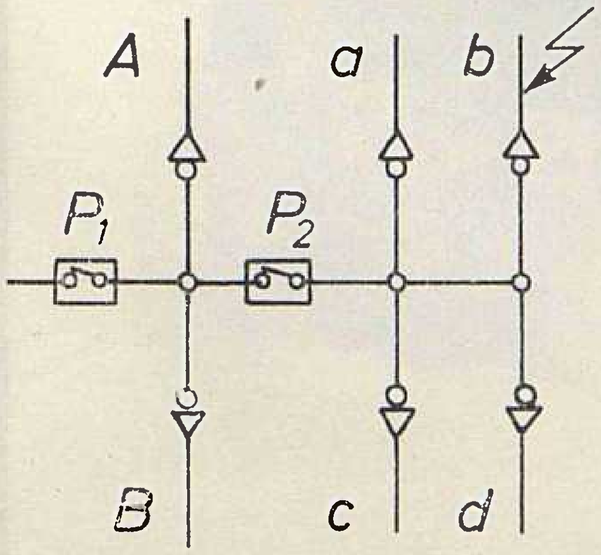
Zaključak

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

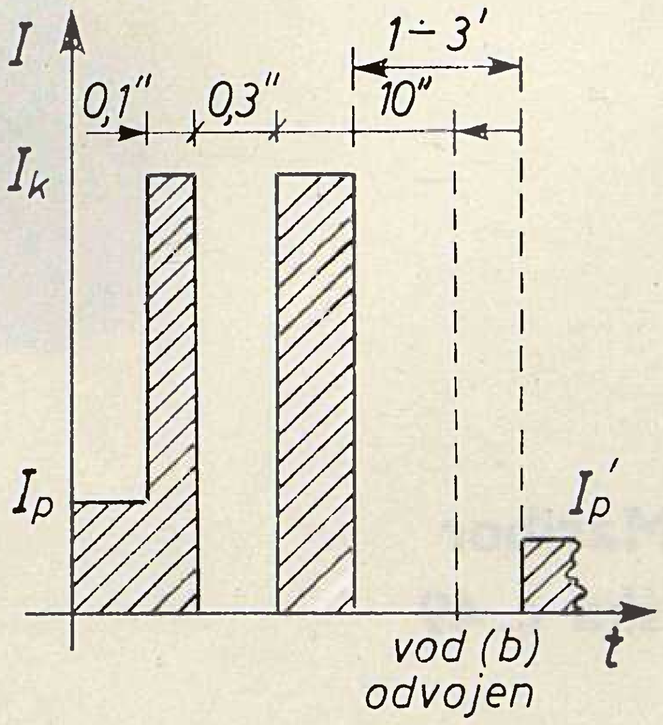
— sigurniju opskrbu el. energijom, radi manjeg broja ispada, jer izvan pogona ostaje samo vod u kvaru,
— kraće vrijeme za pronalaženje i otklanjanje kvara,
— manje troškove za otklanjanje nastalih kvarova,
— manje ljudstva i vozila za održavanje zračnih mreža srednjeg napona.

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

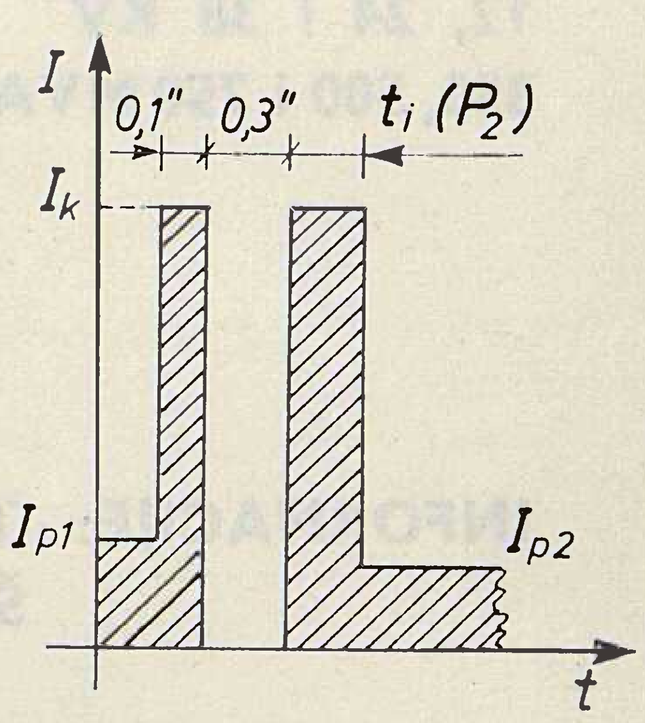
Naslov pisca:
Josip P o l a n c, dipl. ing.
RO »Rade Končar« — Elektrouredaji



Sl. 4.



Sl. 5.

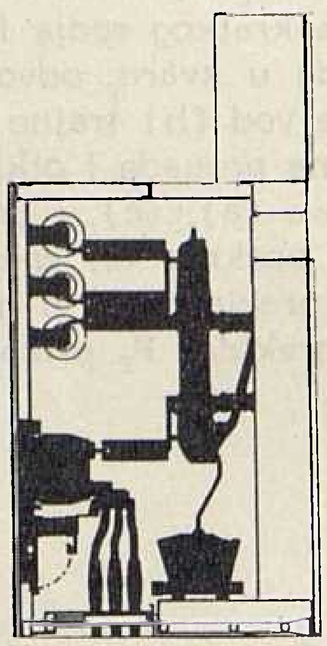


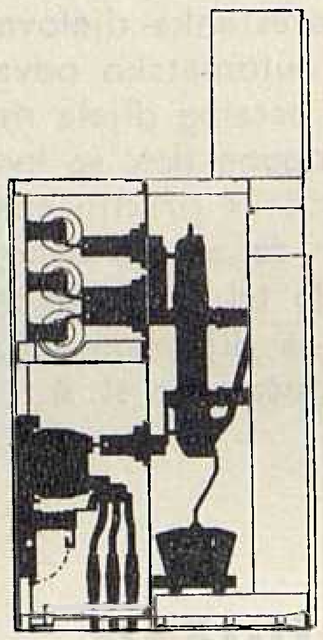
Sl. 6.

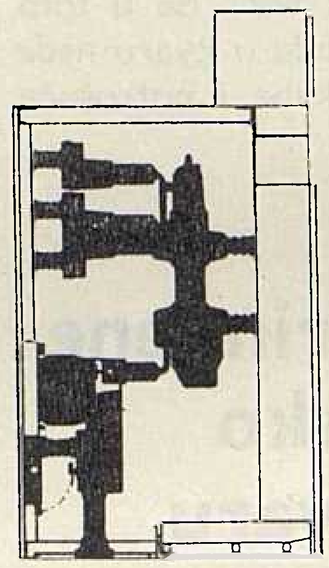
ELKOM

TOVARNA STIKALNIH NAPRAV MARIBOR

TSN

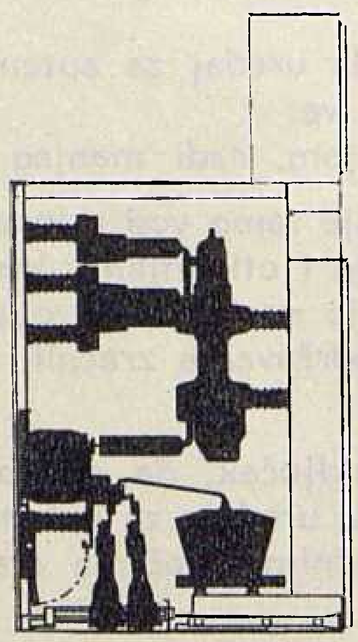


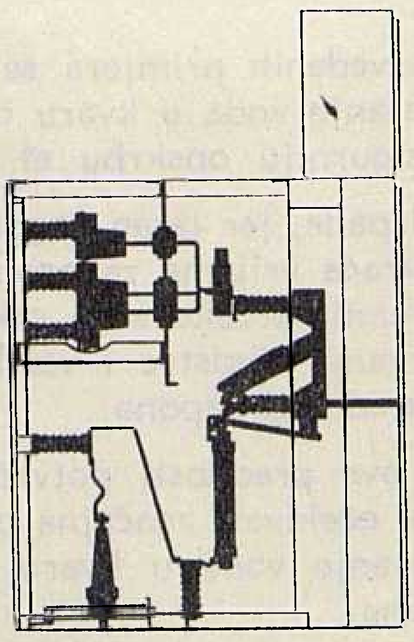




NOVO!

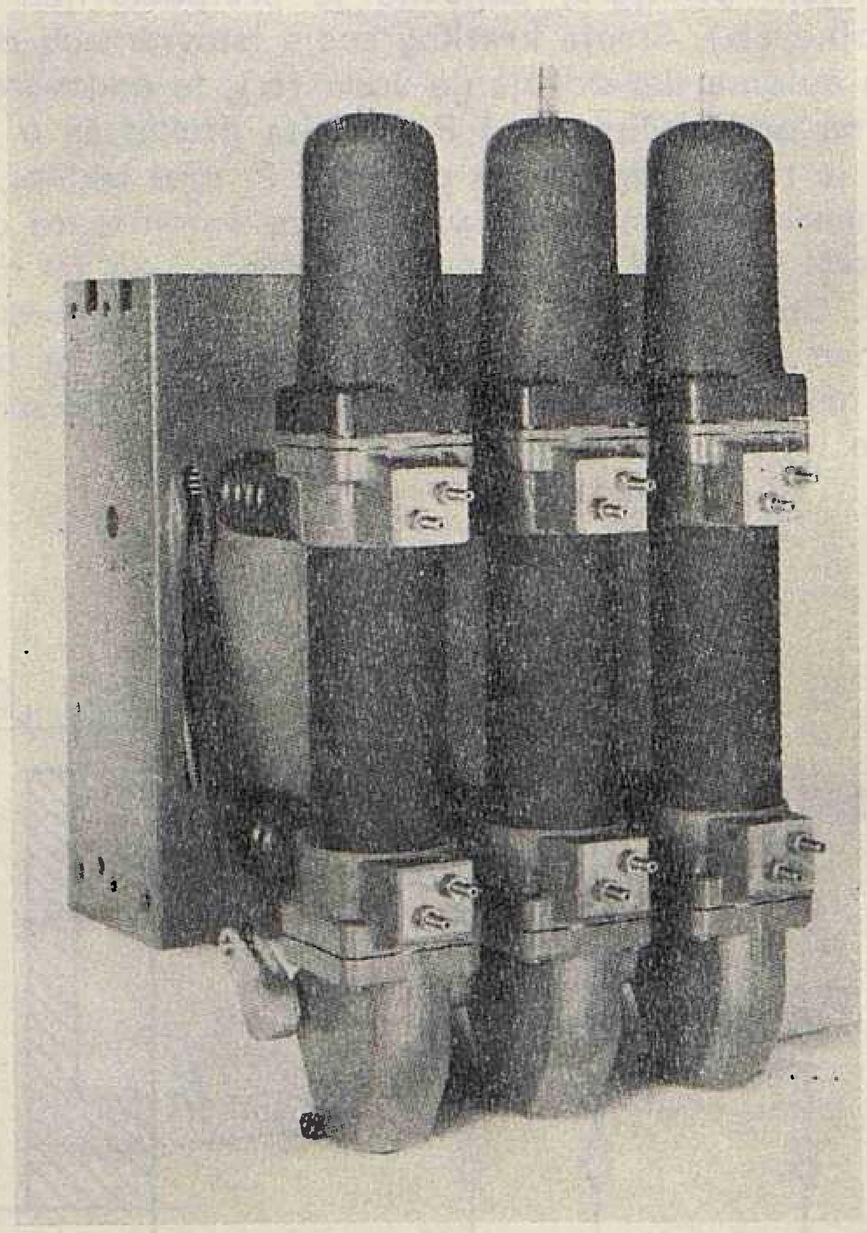
izvlačljive ćelije
12, 24 i 38 KV





NOVO!

Maloulni prekidači
12, 24 i 38 KV
350, 500 i 750 MVA



INFORMACIJE: TSN–Maribor
Šentiljska c. 49

REZULTATI ISPITIVANJA I MJERENJA U MREŽI SKOPJA RADI ODREĐIVANJA FAKTORA ISTODOBNOSTI

Josip Moser, Zagreb

Dani su rezultati mjerenja i faktori istodobnosti u skopskoj mreži na nivou 35, 10 i 0,4 kV napona. Svrha mjerenja je da se dobiju odnosi među opterećenjima, na različitim naponskim nivoima i između različitih vrsta potrošnji.

DK 621.316.1

1. OPĆENITO O MJERENJIMA

Potrebni faktori istodobnosti mogu se odrediti bilo na bazi teorijskih vrijednosti iz ranijih sličnih istraživanja u svijetu i u nas, bilo na bazi računskih vrijednosti kod opterećenja kućanstva, a najtočnije se mogu odrediti mjerenjem u stvarnoj mreži.

U X i XI mjesecu 1976. obavljena su mjerenja u jednom dijelu mreže 35 i 10 i 0,4 kV grada Skopja. Trebalo je dobiti odnose među opterećenjima na različitim naponskim nivoima i između različitih vrsta potrošnje. Bilo je zamišljeno da se provedu istodobna mjerenja na čitavom sistemu napajanja: od kućnog priključka preko n.n. voda, TS 10/0,4, voda 10 kV do TS 35/10 kV. Mjerenja strujnih opterećenja na izvodima 35 i 10 kV u stanicama 35/10 kV trebala su se obaviti daljinski, a za mjerenja u ostalim točkama bili su potrebni posebni mjerioci pomoću mjernih aparata. Ta su mjerenja vrlo opsežna i zahtijevala bi veoma mnogo ljudi, mjernih aparata i mjernih očitanja te mnogo materijalnih sredstava. Zbog toga je predloženi plan mjerenja reduciran na najmanji mogući opseg, ali takav opseg iz kojeg se mogu dobiti određeni rezultati.

2. KRATAK PRIKAZ IZVRŠENIH MJERENJA

Putem procesnog računala u dispečerskom centru »Elektroskopje« izvršena su mjerenja na 10 kV strani transformatora 35/10 kV i u svim 10 kV izvodima u stanicama:

TS 35/10 kV Centralna	3 × 8 MVA
TS 35/10 kV Bit Pazar	3 × 8 MVA i
TS 35/10 kV Industrijska	2 × 8 MVA.

Podaci 15 minutnih očitanja dani su za dane 21.X, 22.X, 23.X, 24.X, 25.X, 29.X, 30.X, 31.X, i 1.XI 1976. Nastojalo se mjerenjima obuhvatiti vremenski raspon od četiri uzastopna dana, i to najčešće petak, subotu, nedjelju i ponedjeljak, čime su obuhvaćena dva radna i dva neradna dana u tjednu.

Nadalje je u svakoj od ovih TS 35/10 kV odabran po jedan 10 kV izvod, čime je definirana i kategorija potrošnje, pa su vršena mjerenja po TS 10/0,4 kV na izvodu. Obavljena su mjerenja za kategoriju industrijske potrošnje u 10 kV izvodu Alkaloid i TS 35/10 kV Industrijska tako da su mjerena strujna opterećenja na dan 21.X i 22.X 1976. godine u ovim stanicama:

— TS 10/0,4 kV Alkaloid I	630 kVA
— TS 10/0,4 kV Alkaloid II	400 kVA
— TS 10/0,4 kV GASP	400 kVA
— TS 10/0,4 kV Makedonski folklor	1000 kVA
— TS 10/0,4 kV Luks	400 kVA
— TS 10/0,4 kV Protivpožaren dom	160 kVA

Izvršena su mjerenja za kategoriju široke potrošnje u 10 kV izvodu N. Čair iz TS 35/kV Bit Pazar. Mjerena su strujna opterećenja na dane 29. X, 30. X, 31. X i 1. XI 1976. godine u ovim stanicama:

— TS 10/0,4 kV Lirija II	400 kVA
— TS 10/0,4 kV Vodovod Pumpa	400 kVA
— TS 10/0,4 kV Čair V	630 kVA
— TS 10/0,4 kV Čair IV	630 kVA
— TS 10/0,4 kV Čair III	630 kVA
— TS 10/0,4 kV Čair VI	630 kVA
— TS 10/0,4 kV Butel X	630 kVA
— TS 10/0,4 kV Čair I	630 kVA

Izvršena su mjerenja u izvodu 10 kV »Stud. dom« iz TS 35/10 kV Centralna, u kojem je kategorija široke potrošnje pomiješana sa stanicama koje napajaju industrijske potrošače. Mjerena su strujna opterećenja na dane 22. X, 23. X, 24. X, i 25. X 1976. godine u stanicama:

— TS 10/0,4 kV Studenski dom	400 kVA
— TS 10/0,4 kV Zdravstveni dom Idadija	400 kVA
— TS 10/0,4 kV V A	400 kVA
— TS 10/0,4 kV V	250 kVA
— TS 10/0,4 kV Fka Treska	1000 kVA
— TS 10/0,04 kV Naselba Treska	400 kVA
— TS 10/0,4 kV 20. maj (Alumina) I	400 kVA
— TS 10/0,4 kV 20. maj (Alumina) II	630 kVA
— TS 10/0,4 kV 20. maj (Alumina) III	2 × 1000 kVA
— TS 10/0,4 kV 20. maj (Alumina) IV	1000 kVA.

Kako je kod izvoda N. Čair i Stud. dom mjerenje vršeno na 10 kV strani transformatora i niskonaponskih izvoda moguće je računati i faktor istodobnosti na nivou 0,4 kV između TS 10/0,4 kV i izvoda 0,4 kV.

Svi rezultati mjerenja, plan mjerenja, shema mreže i prikaz dijelova mreže obuhvaćenih mjerenjima pohranjeni su u SJ III — Razdjelne mreže Instituta za elektroprivredu. Iznijet ćemo samo rezultate obrade i analize mjerenja, tj. računski dobivene faktore istodobnosti na nivou TS 35/10 kV i izvoda 10 kV, faktore na izvodu nivoa 10 kV i TS 10/0,4 kV na pripadajućem izvodu, kao i faktore na nivou stanica TS 10/0,4 kV i niskonaponskih izvoda 0,4 kV.

Prije nego navedemo dobivene rezultate, treba naglasiti da je ovim mjerenjima izvršen velik i naporan broj mjerenja, ali da rezultati odgovaraju samo jednom trenutku. Točnije bismo rezultate dobili da se istim mjerenjima obuhvatio konzum u više godišnjih doba. Ipak, dobivene rezultate moguće je uspoređivati s drugima (teorijskim i računskim) te ih i koristiti u daljenjem radu.

3. REZULTATI PROUČAVANJA FAKTORA ISTODOBNOSTI

Kompletni proračun faktora istodobnosti nije priložen uz ovu studiju, nego se čuva u dokumentaciji SJ III Instituta za elektroprivredu, a ovdje ćemo iznijeti samo konačne rezultate i zaključke koji iz njih proizlaze.

Rezultati računa faktora istodobnosti između TS 35/10 kV i izvoda 10 kV iz istih stanica su:

TS 35/10 kV	Trafo br.	Četvrtak	Petak	Subota	Nedjelja	Ponedjeljak
1. Industrijska	—	0,897	0,836	—	—	—
2. Centralna	III+II	—	0,863	0,907	0,933	0,850
3. Centralna	I	—	0,953	0,881	0,941	0,874
4. Bit Pazar	I+II	—	0,933	0,963	0,952	0,923
5. Bit Pazar	III	—	0,971	0,971	0,983	0,970
Prosjek po danima		0,897	0,911	0,931	0,952	0,904
Sveukupni prosjek svih ovih rezultata je						0,922.

Kako primjećujemo, raspon svih rezultata kreće se od 0,836 do 0,983; ako odvojeno promatramo radne i neradne dane raspon je u:

— radne dane od 0,836 do 0,971
— neradne dane od 0,881 do 0,983;

prosječna vrijednost faktora istodobnosti iznosi u

— radne dane 0,907
— neradne dane 0,941.

To pokazuje razliku u potrošnji kod radnih i neradnih dana. Približno isti rezultat dobit ćemo ako izračunamo prosječne faktore istodobnosti za svaku od TS 35/10 kV, bez obzira na radni ili neradni dan. Vidimo da je za

— TS 35/10 kV Industrijska 0,867
— TS 35/10 kV Centralna 0,900
— TS 35/10 Bit Pazar 0,958.

Konzum TS 35/10 kV Iindustrijska gotovo je isključivo industrijska velepotrošnja, TS 35/10 kV Bit Pazar pretežno je široka potrošnja, a TS 35/10 kV Centralna mješovit konzum.

Ako promotrimo razlike između radnih i neradnih dana kod pojedine stanice, vidimo da je kod:

— TS 35/10 kV Industrijska	radni dan	0,867
	neradni dan	—
— TS 35/10 kV Centralna	radni dan	0,885
	neradni dan	0,916
— TS 35/10 kV Bit Pazar	radni dan	0,949
	neradni dan	0,967

Još bolje se uočavaju razlike između radnog dana i neradnog dana i razlike između pojedinih kategorija potrošnje.

Međutim, za kućanstva računske vrijednosti se kreću između 0, 746 i $0{,}912/f_6$ na str. 227 lit. 1,/a u literaturi i ranijim studijama koje su rađene u Institutu za elektroprivredu uzimane su vrijednosti od 0,80 za faktor istodobnosti između nivoa 35 kV i 10 kV. Kako vidimo. naši računski rezultati su nešto veći od navedenih, pa ćemo usvojiti za daljnji račun dobiveni prosjek 0,922.

Taj prosjek smatramo rezultatom koji je često niži od faktora za neradni dan, a ipak nešto viši od od faktora istodobnosti za radni dan.

Rezultati proračuna faktora istodobnosti između izvoda 10 kV i TS 10/0,4 kV koje se napajaju iz istih izvoda jesu:

Izvod 10 kV	Četvrtak	Petak	Subota	Nedjelja	Ponedjeljak	Prosjek
1. N. Čair	—	0,905	0,907	0,931	0,931	0,919
2. Stud. dom	—	0,847	0,851	0,810	0,856	0,841
3. Alkaloid	0,925	0,918	—	—	—	0,922
Prosjek po danima	0,925	0,890	0,879	0,817	0,894	0,888
Sveukupni prosjek svih ovih rezultata je						0,888

Kako primjećujemo, raspon svih rezultata kreće se od 0,810 do 0,931, a pri tome je raspon kod:

— radnih dana od 0,847 do 0,931
— neradnih dana od 0,810 do 0,931,

a prosječna je vrijednost faktora istodobnosti u

— radne dane 0,897
— neradne dane 0,875.

Opažamo ovdje da je faktor istodobnosti kod 10 kV izvoda N. Čair i Alkaloid gotovo jednaka / a to su izvodi sa pretežno širokom potrošnjom i industrijskom potrošnjom/, dok je kod izvoda 10 kV Stud. dom koji je s mješovitom potrošnjom znatno niža vrijednost faktora istodobnosti. To je i logično jer je potrošnja električne energije, a time i promjena vršnih opterećenja, kod istovrsnije potrošnje veća. Tu imaju ulogu navike stanovništva, radno vrijeme, običaji i niz drugih faktora.

Ovo ćemo još bolje uočiti kod analize rezultata faktora istodobnosti između TS 10/0,4 i niskonaponskih izvoda koje ove stanice napajaju. Najprije ćemo analizirati stanice 10/0,4 kV na izvodu »Stud. doma«, dakle za kategoriju mješovitog potroška, jer na istom izvodu su uz 5 TS 10/0,4 kV iz kategorije široke potrošnje još 4 TS 10/0,4 kV koje napajaju industrijsku potrošnju. U ovu analizu uzete su samo TS 10/0,4 iz kategorije široke potrošnje, jer za stanice industrijske potrošnje nisu uopće potvrđena mjerenja na niskonaponskim izvodima. Pregled dobivenih rezultata je:

TS 10/0,4 kV	Petak	Subota	Nedjelja	Ponedjeljak	Prosjek
1. Stud. dom	0,744	0,706	0,733	0,689	0,718
2. Z. D. Idadija	0,919	0,790	0,791	0,814	0,829
3. V	0,749	0,836	0,806	0,750	0,823
4. V a	0,725	0,748	0,972	0,839	0,795
5. Nas. Treska	0,806	0,894	0,845	0,765	0,846
Prosjek po danima	0,789	0,795	0,829	0,794	
Sveukupni prosjek svih ovih rezultata je					0,794

Kako primjećujemo, raspon svih rezultata kreće se od 0,689 do 0,972; ako odvojeno promatramo radne i neradne dane, raspon je u

— radne dane od 0,686 do 0,919
— neradne dane od 0,706 do 0,972,

prosječna vrijednost faktora istodobnosti u

— radne dane 0,777
— neradne dane 0,812.

Već je uočena razlika između radnih i neradnih dana. Te su razlike kod nekih 0,4 kV izvoda veće, kod drugih manje, ali su uočljive.

Kod TS 10/0,4 kV iz kategorije široke potrošnje dobiveni rezultati su:

TS 10/0,4 kV	Petak	Subota	Nedjelja	Ponedjeljak	Prosjek
1. Lirija II	0,865	0,883	0,869	0,777	0,849
2. Čair I	0,862	0,896	0,883	0,855	0,874
3. Čair V	0,811	0,850	0,900	0,859	0,855
4. Čair IV	0,812	0,845	0,847	0,857	0,840
5. Čair III	0,715	0,841	0,800	0,778	0,784
6. Čair VI	0,837	0,951	0,837	0,873	0,875
7. Butel X	0,862	0,905	0,913	0,863	0,886
Prosjek po danima	0,823	0,882	0,864	0,837	0,852
Sveukupni prosjek svih tih rezultata je					0,852

Kako primjećujemo, raspon svih rezultata kreće se od 0,715 do 0,951; ako odvojeno promatramo radne i neradne dane raspon je u

— radne dane od 0,715 do 0,873
— neradne dane od 0,800 do 0,951,

a prosječna vrijednost faktora istodobnosti u

— radne dane 0,830
— neradne dane 0,873.

Kao zaključak nabrojimo istodobnosti koje smo izračunali

— faktor istodobnosti između nivoa 35 kV i 10 kV 0,922
— faktor istodobnosti između nivoa iznad 10 kV i TS/0,4 kV 0,888
— faktor istodobnosti između nivoa TS 10/0,4 i izvoda 0,4 kV za:
— široka potrošnja u izvodu mješovite potrošnje 0,794
— široka potrošnja 0,852

4. ANALIZA VRŠNOG OPTEREĆENJA SKOPJA

1973. godine vršno opterećenje Elektroskopja iznosilo je 102 MW, a specifično vršno opterećenje po kućanstvu bilo je 1030 W/kuć.

Ukupno vršno opterećenje industrijske velepotrošnje kreće se između 22 i 30 MW.

Ako na osnovi računskih rezultata uzmemo
fi = 0,85,

računsko vršno opterećenje industrijske velepotrošnje 25,4 MW, a vršno opterećenje svih potrošaća iz kategorije ostale široke potrošnje iznosila su sumarno 11,146 MW, odnosno uz faktor istodobnosti od 0,8 iznosila su 8,9 MW, pa jedino nedostaje iznos vršnog opterećenja kućanstva s pratećom širokom potrošnjom, da bismo na nivou Skopja/odnosno TS 220/110 kV odredili da je 1973. god. bilo vršno opterećenje 102 MW.

Da dođemo do vrijednosti vršnog opterećenja kućanstva s pratećom širokom potrošnjom, može se poći od vrijednosti ukupne instalirane snage u kućanstvima.

U lit. 1 ustanovili smo da se za 98745 domaćinstava u 1973. god. može uzeti prosječna instalirana snaga po jednom kućanstvu od 12206 kW/kuć. kao prosječna instalirana snaga u 1975. god. u trenutku anketiranja.

Na prigovor da se s ovom vrijednosti ne može računati za 1973. god. treba naglasiti da je gornja vrijednost za »čisto« kućanstvo u 1975. god., a da je pripadajuća vrijednost za 1973. god. svakako manja. Međutim, 1973. god., uz instaliranu snagu kućanstva, treba imati i dio prateće široke potrošnje koji se svodi na kućanstvo (kao što su manje trgovine, obrt, rasvjeta stubišta, dizala, kotlovnice, kiosci i slično) pa možemo zaključiti da je ova vri-

jednost od 12,2 kW/kuć. dovoljno velika da je uzmemo u obzir.

Prema tome, ukupna istalirana snaga u kućanstvima i pratećoj širokoj potrošnji iznosi 1205281 kW.

Za kućanstva u Skopju izračunati su razni faktori istovremenosti, a u prethodnom poglavlju su neki od njih ustanovljeni mjerenjima. Na osnovi tih rezultata usvojili smo slijedeće faktore istodobnosti i za njih izlaze slijedeća opterećenja:

Usvojeni fi	Opterećenje kućanstava kW
$f_1 = 0{,}25$	301 320
$f_2 = 0{,}45$	135 594
$f_3 = 0{,}67$	90 848
$f_4 = 0{,}85$	77 221
$f_5 = 0{,}89$	68 726
$f_6 = 0{,}92$	63 228
$f_7 = 0{,}98$	61 964
$f_8 = 0{,}99$	61 344

Ako sumiramo dobivene rezultate, onda je slijedeća potrošnja:

Industrijska velepotrošnja	25,4 MW
Ostala široka potrošnja	8,9 MW
Kućanstva i prateća šir. potrošnja	61,0 MW
Ukupno	95,3 MW
Gubici 7%	6,7 MW
Sveukupno	102,0 MW

Dakle, ovim postupkom dobili smo vršno opterećenje pojedinih kategorija potrošnji u redu veličine koji odgovara postignutom vršnom opterećenju.

Dobiveni rezultati bit će nam korisni pri određivanju perspektivnog konzuma Skopja za budućnost, bilo kod globalne analize, bilo kod zonske podjele konzuma.

LITERATURA

Moser J.: Idejno rješenje električne mreže grada Skopja — III Knjiga-Analiza sadašnjeg stanja i dosadašnjeg razvoja potrošnje električne energije u gradu Skopju, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1977.

Naslov pisca:
Josip Moser, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Elektra e k
KOPRIVNICA

OOUR ELEKTRE — ZAGREB

PODUZEĆA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

ELEKTRA — KOPRIVNICA

43 300 Koprivnica — Rade Končara 10 Telefoni: 72-422 i 72-420

TERMOELKTRANA »KOSOVO B« U IZGRADNJI

Dragoljub P i p e r s k i, Priština

Opisano je elektromašinsko postrojenje nove TE Kosovo koje se gradi oko 3 km od postojeće termoelektrane. Elektrana će u prvoj etapi imati dva bloka od po 339 MW, a etapno će se izgraditi do snage od 2 400 MW. Generatori će preko mašinskih transformatora biti direktno vezani na mrežu 400 kV.

DK 621.311.22.004

UVOD

Na Kosovu se gradi termoelektrana »Kosovo B« koja je locirana sa leve strane železničke pruge Kosovo Polje — Beograd, između mesta Obilić i Plemetina. Udaljenost od postojeće termoelektrane »Kosovo A« od 65+125+3 × 200 MW iznosi oko 3 km. U prvoj fazi izgradnje termoelektrana će imati dva bloka od po 339 MW. Termoelektrana treba da se kasnije proširi do ukupnog kapaciteta od oko 2400 MW, pri čemu se u narednoj fazi izgradnje predviđaju blokovi od po 600 MW.

Osnovno gorivo je niskokalorični lignit koji se dobija iz dnevnih kopova Kosovskog ugljenog basena, kojem pripadaju polja: Belaćevac i Sibovac. Transport uglja će se vršiti pomoću trakastog transportnog sistema. Predviđa se deponij uglja koji će imati rezervu za 18 dana (oko 410 000 t).

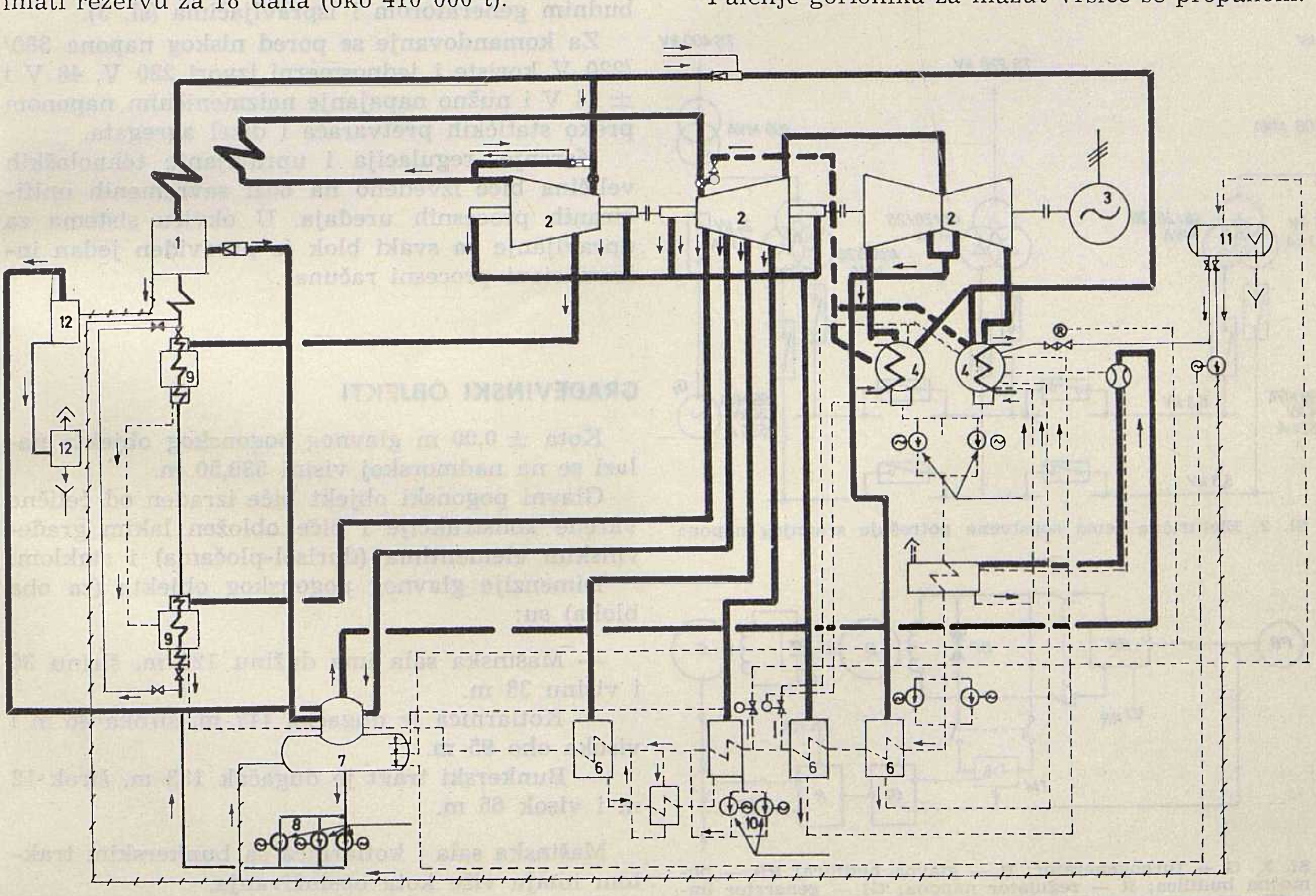
Karakteristike uglja koje će biti uzete za tehničke garancije su:

— ukupna vlažnost 45,0%
— pepeo 14,3%
— vodonik 2,0%
— donja kalorična moć 1 750 kcal/kg.

Lignit ima užu kaloričnu moć između 1 400 kcal/kg i 1 900 kcal/kg. U izuzetnim slučajevima, i to za kraće vremenske periode, kotlovi će moći da rade sa lignitom ekstremnih vrednosti kaloričnе moći 1 250 kcal/kg i 2 000 kcal/kg.

Potpaljivanje vatre u kotlovima, rad i održavanje u pogonskom stanju pod malim opterećenjem biće obezbeđeno teškim i srednjim mazutom čija je donja kalorična moć 9 500 kcal/kg.

Palenje gorionika za mazut vršiće se propanom.



Sl. 1. 1 — kotao; 2 — turbina; 3 — generator; 4 — kondenzattori; 5 — kondenzat-crpke; 6 — zagrejači niskog i srednjeg pritiska; 7 — pojni rezervoari; 8 — pojne pumpe; 9 — zagrejači visokog pritiska; 10 — crpke međukondenzata; 11 — rezervoar demineralizirane vode; 12 — ekspander 6 ATA ekspanzioni sud

Dimni gasovi se po izlasku iz kotlova svakog bloka prečišćavaju pomoću dva elektrostatička filtra i preko zajedničkog dimnjaka izbacuju u atmosferu.

Šljaka i pepeo će se prvih deset godina odlagati na levoj i desnoj obali reke Sitnice, gde se nalazi deponij pepela. Posle isteka ovog perioda šljaka i pepeo će se odlagati unutar dnevnog kopa.

Svaka turbina ima kompletnu termičku pripremu vode i poseban rashladni sistem. Rashladna voda se potiskuje pomoću dve cirkulacione pumpe cevovodom ∅ 2 100 mm u dvodelni kondenzator iz kojeg se preko zajedničkog sifona i čeličnog cevovoda ∅ 1 800 mm odvodi u rashladni toranj gde se prirodnom cirkulacijom vrši hlađenje.

Predviđena specifična potrošnja toplote na izvodima generatora treba da bude 8 080 kJ/kwh (1930 kcal/kwh).

Usvojena je dvobajpasna termička shema (sl. 1).

Snabdevanje elektrane pogonskom vodom vršiće se iz sistema Ibar-Lepenac. Voda će se uzimati iz kanala glavnog voda Pridvorice-Obilić. Kanal je od mesta lokacije elektrane udaljen oko 1 700 m.

Električna energija se predaje mreži preko blok-transformatora 24 kV/415 kV, 400 MVA i razvodnog postrojenja 400 kV. Razvodno postrojenje je locirano na rastojanju od oko 0,7 km od elektrane. U njemu se vrši transformacija 400 kV/ /220 kV. U ovoj fazi izgradnje biće ostvarena veza sa postrojenjem sa tri dalekovoda, dva napona 400 kV za transport proizvedene električne energije i jedan od 220 kV za rezervno napajanje sopstvene potrošnje termoelektrane.

Za srednji napon sopstvene potrošnje usvojen je napon od 6,3 kV. Napajanje sopstvene potrošnje će se vršiti preko transformatora sopstvene potrošnje bloka nominalne snage 48/28/28 MVA i prenosnog odnosa 24 kV/6,6 kV/6,6 kV. Osim toga predviđen je jedan transformator opšte grupe potrošača za oba bloka iste nominalne snage i prenosnog odnosa 220 kV/6,6 kV/6,6 kV.

Snaga svakog od data tri transformatora sopstvene potrošnje dovoljna je za napajanje sopstvene potrošnje jednog kompletnog bloka i kod najviših opterećenja. Električna shema napajanja sopstvene potrošnje data je na sl. 2.

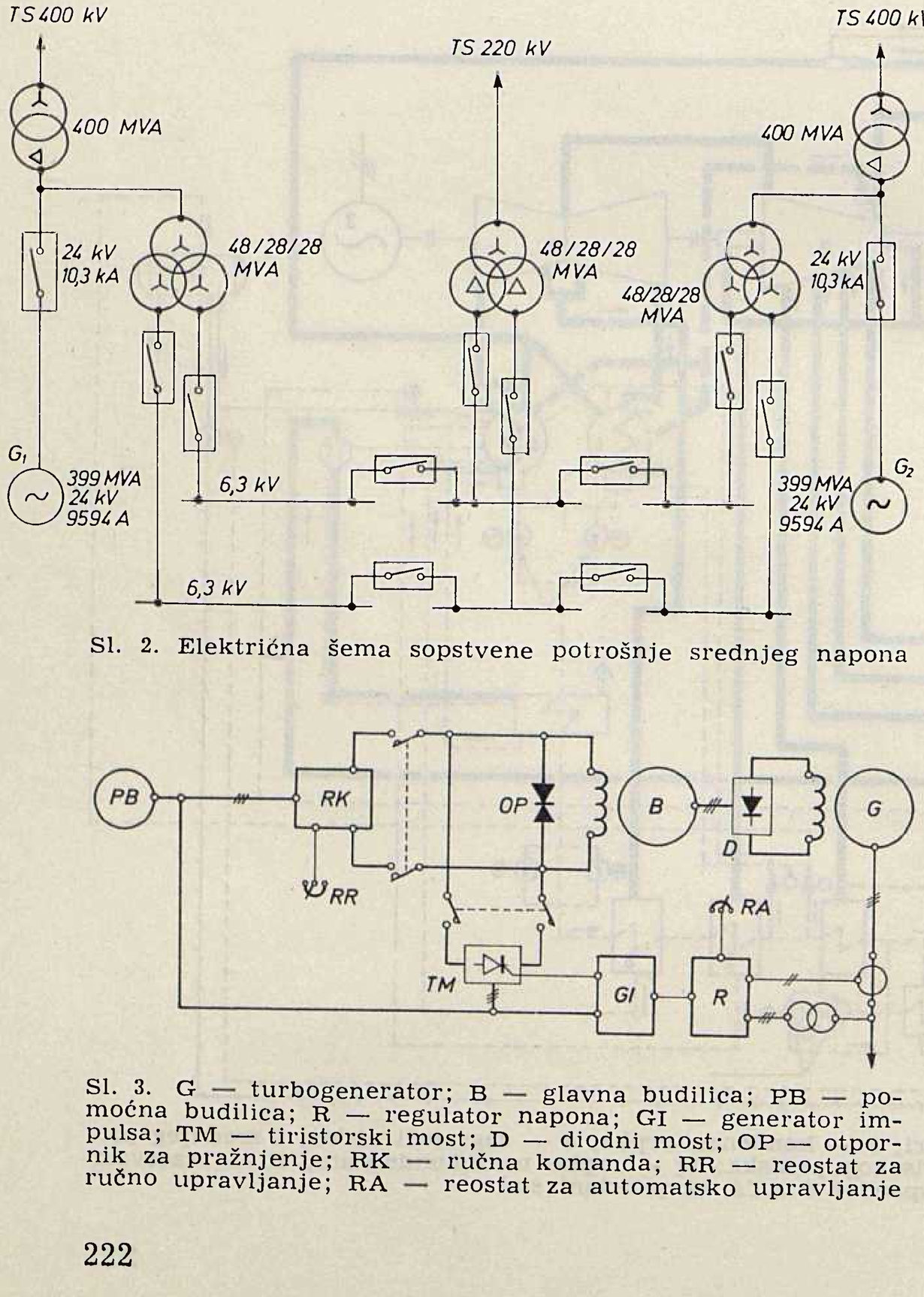
U normalnim uslovima rada pokretanje blokova će se vršiti napajanjem preko transformatora sopstvene potrošnje bloka, odnosno preko glavnog blok transformatora.

Sinhronizacija će se vršiti i preko generatorskog prekidača (rastavljača) na naponu 24 kV i preko prekidača bloka na naponu 400 kV.

Trofazni sinhroni generator ima trajnu nominalnu snagu od 339 MV i izlazni napod od 24 kV. Hlađenje statora vrši se vodom, a rotora vodonikom. Primenjeno je direktno statičko pobuđivanje sinhronog generatora sa glavnim i pomoćnim pobudnim generatorom i ispravljačima (sl. 3).

Za komandovanje se pored niskog napona 380/ /220 V koriste i jednosmerni izvori 220 V, 48 V i ± 24 V i nužno napajanje naizmeničnim naponom preko statičkih pretvarača i dizel agregata.

Merenje, regulacija i upravljanje tehnoloških veličina biće izvedeno na bazi savremenih unificiranih procesnih uređaja. U okviru sistema za upravljanje za svaki blok je predviđen jedan informacioni procesni računar.



Sl. 2. Električna šema sopstvene potrošnje srednjeg napona

Sl. 3. G — turbogenerator; B — glavna budilica; PB — pomoćna budilica; R — regulator napona; GI — generator impulsa; TM — tiristorski most; D — diodni most; OP — otpornik za pražnjenje; RK — ručna komanda; RR — reostat za ručno upravljanje; RA — reostat za automatsko upravljanje

GRAĐEVINSKI OBJEKTI

Kota ± 0,00 m glavnog pogonskog objekta nalazi se na nadmorskoj visini 530,50 m.

Glavni pogonski objekt biće izrađen od čelične varene konstrukcije i biće obložen lakim građevinskim elementima (durisol-pločama) i staklom.

Dimenzije glavnog pogonskog objekta (za oba bloka) su:

— Mašinska sala ima dužinu 125 m, širinu 30 i visinu 38 m.

— Kotlarnica je dugačka 117 m, široka 46 m i visoka oko 95 m.

— Bunkerski trakt je dugačak 133 m, širok 12 m i visok 65 m.

Mašinska sala i kotlarnica sa bunkerskim traktom imaju više kota opsluživanja.

Komandna sala je zajednička za oba bloka i postavljena je na koti ± 11,00 m. Oprema za svaki

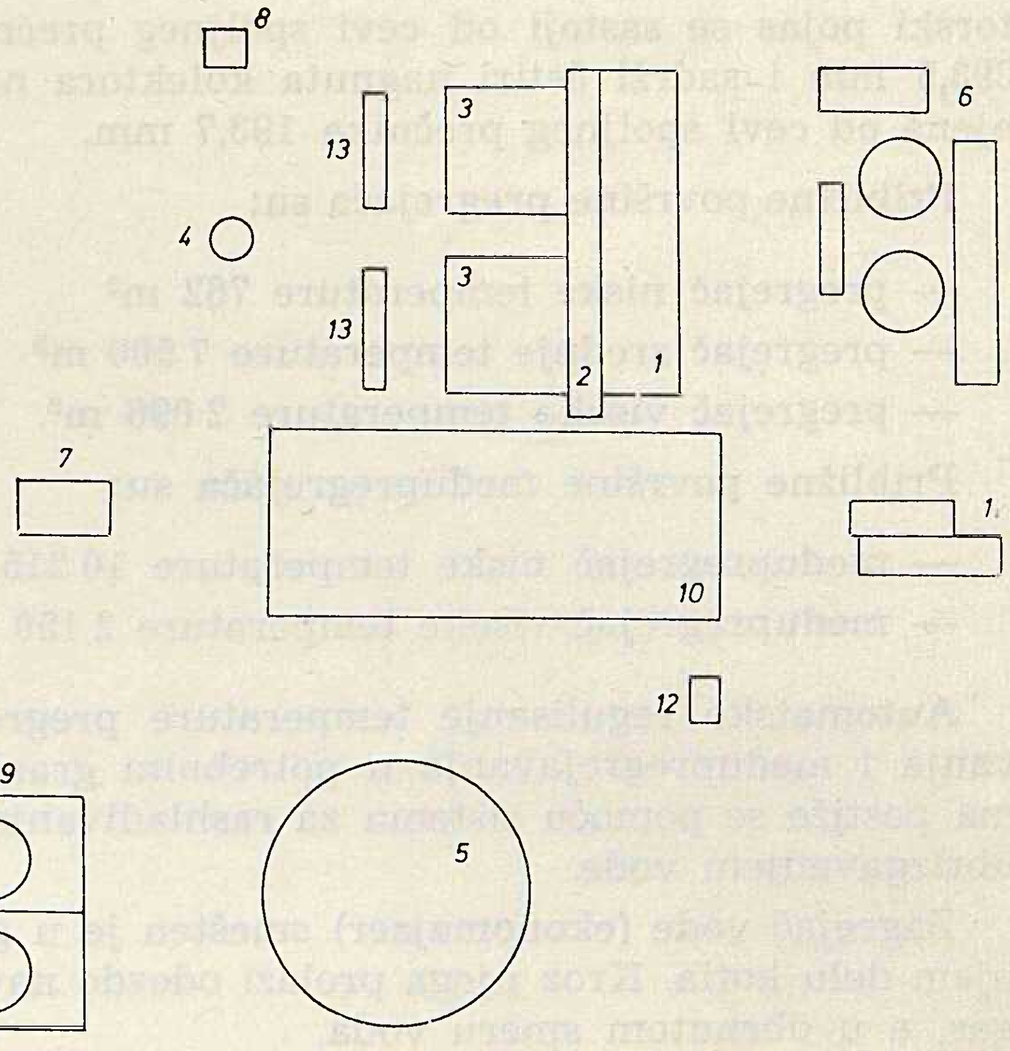
blok biće postavljena simetrično u odnosu prema poprečnoj osi. U sredini će biti elektroploča i zajedničke ploče za oba bloka.

Dimnjak je od armiranog betona, visina 211 m, prečnika otvora u osnovi oko 20 m. Jedan dimnjak je predviđen za oba bloka.

Rashladni toranj je također od armiranog betona, visine oko 132 m. Prečnik u osnovi iznosi 104 m, na najužem delu 69 m i na vrhu 75 m. Toranj je zajednički za oba bloka.

Sem navedenih objekata u ovoj fazi izgradnje biće izgrađeni i svi potrebni pomoćni objekti, i to: hemijska priprema vode, pomoćna kotlarnica, elektrolizna stanica, sistem za dopremu uglja, sistem za otpremu šljake i pepela i dr. Sem toga biće izgrađena administrativna zgrada, restoran, radionice, magacini i mreža putova unutar objekta kao i dva puta između objekta i Ibarske magistrale.

Raspored najvažnijih objekata unutar kruga elektrane vidi se na situacionom planu koji je dat na sl. 4.



Sl. 4. 1 — mašinska sala; 2 — bunkerski trakt; 3 — kotlarnica; 4 — dimnjak; 5 — rashladni toranj; 6 — hemijska priprema vode; 7 — elektrolizna stanica; 8 — pomoćna kotlarnica; 9 — rezervoari mazuta; 10 — radionica i magacin; 11 — upavna zgrada; 12 — crpna stanica; 13 — temelji elektrofiltera

INSTALISANA SNAGA I TIP ELEKTRANE

Prva dva bloka imaju maksimalnu trajnu snagu od po 339 MW.

Elektrana je kondenzaciona blokovskog tipa sa zatvorenim sistemom hlađenja pomoću rashladnih tornjeva.

KOTLOVSKI DEO

Parni kotlovi su sa potpomognutom cirkulacijom izrađeni po licenci Sulzer, toranjskog tipa, sa horizontalnim izmjenjivačima koji se mogu prazniti.

Osnovne tehničke karakteristike su:

— najveća produkcija pod normalnim uslovima rada 1 000 t/h

— najveća produkcija za rad od dva časa 1 050 t/h

— najveća produkcija kod rada sa isključenim zagrejačima visokog pritiska i temperaturom napojne vode od 190 °C 820 t/h

— tehnički minimum bez održavanja vatre pomoću mazuta 370 t/h

— tehnički minimum sa održavanjem vatre pomoću mazuta 260 t/h

— održavanje temperature pregrejane pare od 542 °C ± 5 °C na izlazu iz pregrejača za protok od od 1 000 t/h do 500 t/h

— održavanje temperature međupregrejane pare od 542 °C ± 5 °C na izlazu iz međupregrejača za protok od 1 000 t/h do 650 t/h.

Komora za sagorevanje predviđena je za nisku tačku topljenja pepela i dosta je široko dimenzionisana sa zapreminom između mesta gde počinje pepeljara i prvih horizontalnih izmenjivača od 8 690 m³ što odgovara kaloričnoj moći od 90 000 kcal/m³/h.

Sagorevanjem mazuta radi palenja i održavanja vatre vrši se u dva nivoa sa po 8 gorionika koji su smešteni iznad i ispod gorionika za lignit. Oprema za mazut biće dimenzionisana za kapacitet od oko 30% u odnosu na pun kapacitet kotla.

Instalacija za pripremu goriva sadrži 8 mlinova tipa EVT koji omogućuju dobijanje pulverizovanog kvalitetnog uglja. Kapacitet kotla od 1 000 t/h postiže se sa 7 mlinova, a osmi je u rezervi.

Predviđena je instalacija duvača čađi, tako da se celina kotla može održavati u čistom stanju u toku rada.

Instalacija kotla sadrži i dve rešetke tipa L koje obezbeđuju dogorevanje šljake, čime se smanjuje količina nesagorelih materijala i čisti čistač sa lopaticama od pada krupnih blokova pepela.

Zbog velike neujednačenosti vlažnosti goriva predviđena je recirkulacija hladnih sagorelih gasova što omogućava održavanje temperature smese ugalj — vazduh — gas na izlasku iz mlinova na oko 180 °C.

Ekrani se sastoje od vučenih,, bešavnih cevi od čelika A 38. Zavarene su jedna za drugu u fabrici, tako da obrazuju panoe koji će biti sastavljeni varenjem na gradilištu.

Dimenzije ložišta u ravni su 15,600 m x 15,600 m.

Kolektori za ekrane biće izrađeni od vučenih bešavnih cevi od ugljeničnog čelika A 48. Kolek-

torski pojas se sastoji od cevi spoljneg prečnika 298,5 mm i sadrži četiri nagnuta kolektora načinjena od cevi spoljneg prečnika 193,7 mm.

Približne površine pregrejača su:

— pregrejač niske temperature 762 m²
— pregrejač srednje temperature 7 500 m²
— pregrejač visoke temperature 2 096 m².

Približne površine međupregrejača su:

— međupregrejač niske temperature 10 215 m²
— međupregrejač visoke temperature 2 150 m².

Automatsko regulisanje temperature pregrejavanja i međupregrejavanja u potrebnim granicama postiže se pomoću sistema za rashlađivanje sa ubrizgavanjem vode.

Zagrejač vode (ekonomajzer) smešten je u gornjem delu kotla. Kroz njega prolazi odozdo naviše gas, a u obrnutom smeru voda.

Približna površina ekonomajzera je 21 150 m².

Separator vode i pare je prečnika 800 mm, dug 31 m, a sastoji se od limenih cilindara debljine 65 mm i 80 mm načinjenih od čelika MnMo 52.

Sl. 5. Presek kotla

Svaka od dve linije sadrži regenerativne zagrejače vazduha tipa Ljungstrem sa vertikalnom osovinom. Oni su postavljeni iza kotla na metalnoj konstrukciji kotlarnice.

Osnovne tehničke karakteristike su:

— spoljni prečnik kućišta statora 10 528 mm
— visina kućišta statora 4 540 mm
— ukupna površina 15 133 m².

Instalirana su i dva parna zagrejača vazduha na usisnim kanalima ventilatora svežeg vazduha sa sledećim osnovnim karakteristikama:

— protok vazduha 610 000 Nm³/h
— najmanja temperatura vazduha na ulazu 26 °C
— temperatura vazduha na izlazu 20 °C
— pritisak pare 15 bara.

Kotao je obešen o metalnu konstrukciju koja se sastoji od greda međusobno povezanih traverzama. Stabilnost sklopa ove konstrukcije je obezbeđena pomoću vertikalnih stubova, kosnika i ramova. Vertikalna i horizontalna opterećenja konstrukcije vode se do temelja.

Na sl. 5. dat je presek kotla.

Kotlovi funkcionišu po promenljivim pritiskom od 75 do 186 ata i do protoka 909 t/h. Iznad ovog protoka kotlovi rade pod stalnim pritiskom.

Pokretanje i stavljanje turbine u pogon izvodi se pomoću zaobilaznog pokretača sa 100% kapacitetom protoka pare.

Dve pumpe za dopunsku 100% cirkulaciju obezbeđuju kruženje vode u isparivačima.

U normalnim radnim uslovima i sa ugljem normalnih tehničkih karakteristika para i voda imaju sledeće karakteristike za nominalni kapacitet kotla od 1 000 t/h.

Pregrejana para na izlazu iz pregrejača:

— protok 1 000 t/h
— temperatura 542 °C
— pritisak 186 ata.

Međupregrejana para na izlazu iz međupregrejača:

— protok 925 t/h
— temperatura 542 °C
— pritisak 42,8 ata.

Voda na ulazu u zagrejač vode:

— temperatura 251 °C
— pritisak 212 ata.

Para u separatoru:

— temperatura 365 °C
— pritisak 202 ata.

Protok vode koja se ubrizgava u hla ke:

— u pregrejače 60 t/h
— u međupregrejače 30 t/h.

OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KOTLOVSKIH AGREGATA

Cirkulacione pumpe kotla

Pumpe su vertikalnog tipa, bez zaptivanja, jednostepene, sa vlažnim statorom i motorom ispod pumpe. Osnovne tehničke karakteristike su:

— protok pare za cirkulaciju	1 000 t/h
— protok vode za cirkulaciju	1 360 t/h
— temperatura cirkulacione vode	338 °C
— nominalna snaga motora	490 kW
— nominalna brzina	1 470 o/min
— broj pumpi	2
— broj pumpi u radu	1.

Napojne pumpe kotla

— temperatura vode za napajanje	185 °C
— specifična težina	882 kg/m³
— geometriska visina dovoda na koti	23 m
— kapacitet	500 t/h
— nominalna snaga motora	5 500 kW
— nominalna brzina motora	1 490 o/min
— broj pumpi	3.

Ventilatori svežeg vazduha

Ventilatori su aksijalni sa regulacijom pomoću rotorskih lopatica preko hidraulike. Osnovne tehničke karakteristike su:

— temperatura vazduha	30 °C
— kapacitet ventilatora	645 Nm³/h
— razlika u statičkom pritisku	440 mmVS
— snaga pogonskog motora	2 100 kW
— brzina rotiranja	1 000 o/min
— broj ventilatora po kotlu	2.

Ventilatori dimnih gasova

Ventilatori su sa fiksnim lopaticama. Protok sagorelih gasova podešava se preko regulacionog sklopa koji je smešten na usisnom delu. Ventilatori su smešteni između elektrofiltera i dimnjaka. Tehničke karakteristike su:

— protok dimnih gasova	1 900 000 Nm³/h
— temperatura dimnih gasova	170 °C
— razlika statičkog pritiska	287 mmVS
— snaga pognskog motora	3 000 kW
— brzina rotiranja	600 o/min
— broj ventilatora po kotlu	2.

Ventilatori za recirkulaciju

Ventilatori su smešteni između ventilatora dimnih gasova:

Tehničke karakteristike su:

— protok sagorelih gasova	75 000 Nm³/h
— temperatura sagorelih gasova	170 °C
— razlika statičkog pritiska	100 mmVS
— snaga pogonskog motora	220 kW
— brzina rotiranja	1 500 o/min
— broj ventilatora po kotlu	2.

Mlinovi za lignit

— pojedinačni kapacitet	45 t/h—73 t/h
— rad na vratilu kod punog kapaciteta	13,6 kWh/t
— temperatura na ulazu u mlin	650 °C
— temperatura na izlazu iz mlina	180 °C
— nominalna snaga motora	1 100 kW
— broj obrtaja	1 500 o/min
— broj mlinova po kotlu	8.

Duvači čađi

Ova instalacija služi za održavanje dobrog stanja čistoće grejnih površina, i to posebno ložišta, pregrejača, međupregrejača, ekonomajzera i zagrejača vazduha. Predviđa se:

— 26 duvača za čišćenje ložišta

— 68 duvača za čišćenje pregrejača, međupregrejača i ekonomajzera

— 4 duvača za čišćenje zagrejača vazduha.

Kontrola rada instalacije vrši se preko jedne kontrolne table sa koje se može ostvariti pojedinačan i grupni rad pojedinih duvača sa odgovarajućom signalizacijom.

Elektrofilteri

Oprema za otprašivanje sastoji se od dva elektrofiltera za svaki blok. Svaki otprašivač ima dve zone čije se napajanje vrši pomoću dva generatora visokog napona. Približne tehničke karakteristike za lignit od 1 750 kcal/kg su:

— protok dimnih gasova	1 910 000 Nm³/h
— temperatura dimnih gasova	170 °C
— sadržina prašine na ulazu	30 gr/Nm³
— sadržina prašine na izlazu	0,3 gr/Nm³
— učinak otprašivanja za 30 gr/Nm³ na ulazu	99%
— površina	19 448 m²
— brzina gasova	1,80 m/sec
— vreme zadržavanja	6,11 sec
— broj kanala	68
— visina elektroda	13 m
— aktivna dubina	11 m
— broj generatora	4
— nominalni napon	78 kV
— nominalna struja	2 000 mA
— snaga napajanja	1 350 kVA

TURBINA

Turbina je sa konstantnim pritiskom i jednim vratilom. Sastoji se od kućišta visokog pritiska, jednog kućišta srednjeg pritiska, jednoprotočnog i dvoprotočnog dela niskog pritiska.
Primenjena je sledeća stupnjevita struktura:

— deo visokog pritiska 12 stupnjeva
— deo srednjeg pritiska 12 stupnjeva
— deo niskog pritiska 2 × 5 stupnjeva.

U kućištu visokog pritiska espandira para od ulaznog pritiska do pritiska međupregrevanja. Iz kućišta visokog pritiska izlazeća para se, izuzev oduzete pare za zagrevanje napojne vode, ponovo dovodi u kotao i zagreva u međupregrejaču, zatim ulazi u deo srednjeg pritiska gde se oduzima para za predzagrevanje napojne vode. Preostala količina pare se dovodi do delova niskog pritiska u kojima para espandira do pritiska kondenzato-
Oduzimanja za zagrevanje napojne vode nalaze se iza sledećih stupnjeva:

— iza 12. za deo visokog pritiska
— iza 16., 20., 22. i 24. za deo srednjeg pritiska
— iza 26. za deo niskog pritiska.

Rotorski komplet sastoji se od tri rotora koji su međusobno spojeni fiksnim spojnicama i njihova snaga se zajednički predaje generatoru.

Osnovni tehnički podaci turbine su:

— nominalna snaga 315 MW
— snaga kod maksimalnog kapaciteta kotla 339 MW
— dozvoljeno preopterećenje 352 MW
— pritisak/temperatura sveže pare ispred turbine 181 ata/540 °C
— protok pri nominalnoj snazi 909 t/h
— pritisak pare ispred/iza međupregrevanja 42 ata/37,8 ata
— temperatura pare ispred/iza međupregrevanja 325 °C/540 °C
— ukupna dužina turboagreg. cca 36 m
— širina turboagregata cca 11 m
— težina turbine sa pomoćnim uređajima cca 641 t.

Kondenzatorsko postrojenje

Konstrukciono je rešeno kao površinski kondenzator sa sledećim tehničkim karakteristikama:

— rashladna površina 15 700 m²
— pritisak za nominalnu snagu 0,062 ata
— protok izrađene pare kod nominalne snage i temperature rashladne vode od 23°C 624,7 t/h
— protok rashladne vode 30 000 m³/h
— broj kondenzatorskih cevi 348
— spoljni prečnik cevi 23 mm
— debljina zida 75% od ukupnog broja komada 1 mm
— debljina zida 25% od ukupnog broja komada 1,25 mm
— dužina cevi 9 080 m.

Pumpe za cirkulaciju rashladne vode u kondenzatoru

Cirkulacione pumpe su vertikalne sa koncentričnim potiskivanjem i sledećim osnovnim karakteristikama:

— nominalni kapacitet 11 500 m³/h
— maksimalna temperatura vode 36 °C
— ukupna manometarska visina 20 m
— brzina rotiranja 490 o/min
— nominalna snaga motora 1 200 kW
— nominalna brzina motora 1 485 o/min
— broj pumpi po bloku 2.

Glavne kondenzatne pumpe

Pumpni agregati imaju sledeće osnovne karakteristike:

— protok 800 m³/h
— pritisak 180 mmVS
— broj obrtaja 1 485 o/min
— snaga motora 580 kW
— broj pumpi po bloku 2.

HEMIJSKA PRIPREMA VODE

Dekarbonizacija

Sirova voda iz sistema Ibar-Lepenac dotiče do brzih prečistača. Predviđena su dva brzodejstvujuća prečistača od po 1 500 m³/h i jedan prečistač od 600 m³/h. Ovde se vrši dodavanje aluminijum-sulfata koji je flokulant. Organske supstance se izdvajaju i otiču u donji deo prečistača. Prečišćena voda protiče kroz otvoreni peščani filter i posle toga utiče u bazen za dekarbonizovanu vodu.

Dodatna voda za rashladni toranj oplemenjuje se radi dekarbonizacije krečom i, ukoliko je potrebno, solnom kiselinom.

Cirkulaciona voda rashladnog tornja hloriše se radi sprečavanja razvoja algi u postrojenju za udarno hlorisanje.

Demineralizacija

Dekarbonizovana voda odvodi se otpremnim pumpama u postrojenje za demineralizaciju. To

postrojenje se sastoji od tri linije od 60 m³/h. U fazi katjonizacije katjoni koji su sadržani u vodi, kao kalcijum i magnezijum, zamenjuju se vodonikom. Ako je potrebno, u raspršivaču koji se potom uključuje, oslobođena ugljena kiselina se mehanički izbacuje.

U fazi anjonizacije vrši se razmena ostatka kiseline sa hidroksidnim jonima, posle toga je voda potpuno demineralizovana. Naknadno uključena faza mešnog filtera služi za dalje poboljšanje kvaliteta vode i kao obezbeđenje. Kod postizanja podešene vrednosti provodljivosti posle anjonskog filtera, automatski sledi prebacivanje na drugu liniju. Iskorištena linija se automatski regeneriše.

Otpadne vode regeneracije iz demineralizacije kao i iz pripreme kondenzata, neutrališu se u jami za neutralizaciju pre nego što se ispuste.

Priprema kondenzata

U pripremi kondenzata kvalitet vode iz cirkulacije paravoda se oplemenjuje, posebno kod startovanja i zaustavljanja bloka i kod promene opterećenja. Pored toga služi kao obezbeđenje kod eventualnog propuštanja kondenzatora.

Priprema kondenzata obuhvata za svaki blok jednu liniju od 680 m³/h i sastoji se od jednog kombinovanog peščanog katjonskog filtera i jednog mešanog filtera. Oni će biti izvedeni kao postrojenja za ručno opsluživanje i za eksternu regeneraciju. Smola izmjenjivača će se u tu svrhu izcentrifugirati u mešanom filteru za regeneraciju, a zatim u postrojenju demineralizacije regenerisati.

Uređaj dozatora za hidrazin sa rezervoarom i dve dozirne pumpe upotpunjuju opremu.

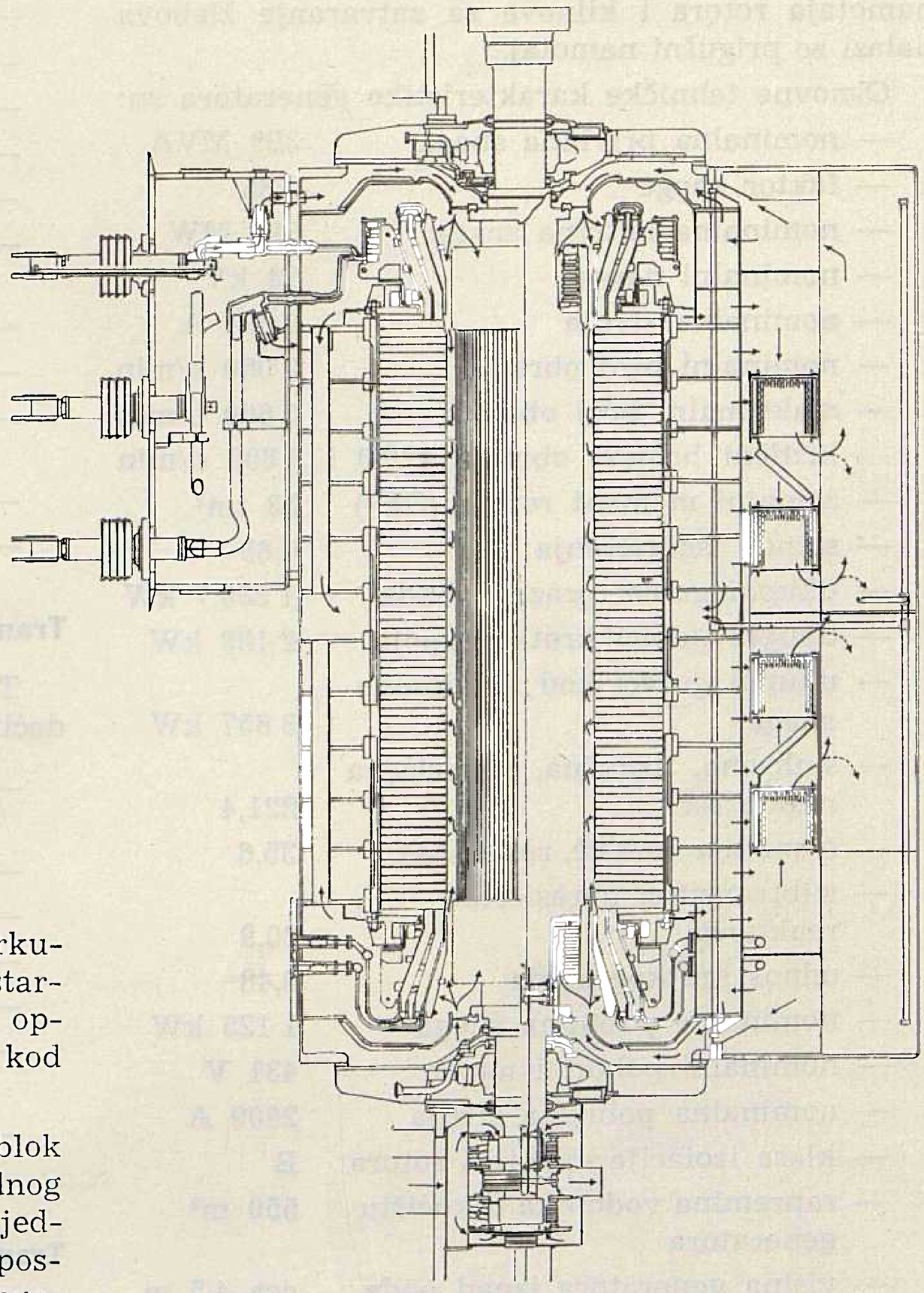
Postrojenje za proizvodnju vodonika

Predviđa se kompletni BAMAG agregat za elektrolizu kapaciteta 8 Nm³/h vodonika i 100% rezervni agregat.

Elektrolizer se pomoću centralnog dovoda puni elektrolitom koji se ravnomerno deli na sve ćelije. Kao elektrolit se koristi kalijumova lužina (325 g KOH/l). Posle neutralisanja azotom uključuje se električna struja i u svim ćelijama se razvija vodonik i kiseonik. Gasovi se preko hladnjaka posle pranja odvode u gasne rezervoare.

Elektrolizeri rade bez pumpi sa automatskom cirkulacijom elektrolita u zavisnosti od proizvodnje gasa.

Čitavo postrojenje radi automatski u trajnom pogonu.



Sl. 6. Presek generatora

GENERATOR I ELEKTRIČNI DEO ELEKTRANE

Generator

Trofazni sinhroni generator je horizontalne konstrukcije sa cilindričnim rotorom. Na sl. 6. dat je presek generatora.

Generator je dvopolni sa direktnim hlađenjem namotaja statora.

Kućište statora je od čeličnog lima zavarene konstrukcije.

Magnetno kolo je od hladnovaljnog dinamo lima visoke magnetne propustljivosti, izvedeno od dvostruko izolovanih segmenata s aksijalnim rashladnim kanalima.

Namotaj statora je izveden kao dvoslojni sa dve Röebelove šipke i Isotenax-izolacijom koja se sastoji od trake od staklene tkanine i finog liskuna s impregnacijom od epoksidne smole.

Telo rotora je načinjeno od kovanog komada koji se dobija od jednog u elektropeći topljenog i po vakuumskom postupku izrađenog čeličnog bloka.

Namotaj rotora sastoji se od pojedinačnih provodnika od bakra sa sadržajem srebra. Između

namotaja rotora i klinova za zatvaranje žlebova nalazi se prigušni namotaj.

Osnovne tehničke karakteristike generatora su:

— nominalna prividna snaga	399 MVA
— faktor snage	0,85
— nominalna aktivna snaga	339 MW
— nominalni napon	24 kV
— nominalna struja	9 594 A
— nominalni broj obrtaja	3 000 o/min
— maksimalni broj obrtaja	3 600 o/min
— kritični brojevi obrtaja	1 350 i 3 800 o/min
— zamajni moment rotora (GD^2)	33 tm^2
— stepen iskorišćenja	0,85
— ukupni gubici praznog hoda	1 230,7 kW
— ukupni gubici kratkog spoja	2 138 kW
— ukupni gubici kod nominalne snage	3 857 kW
— sinhrona, uzdužna, nezasićena reaktansa	221,4
— tranzitna nezasić. reaktansa	35,6
— subtranzitna nezasićena reaktansa	20,9
— odnos kratkog spoja	0,48
— nominalna pobudna snaga	1 125 kW
— nominalni pobudni napon	431 V
— nominalna pobudna struja	2609 A
— klasa izolacije statora i rotora	B
— zapremina vodonika u kućištu generatora	550 m^3
— visina generatora iznad poda	cca 4,5 m
— težina generatora	cca 300 t
— težina rotora generatora	cca 55 t
— težina statora generatora	cca 265 t.

Oklopljene generatorske šine

Veza između generatora i glavnog blok transformatora i transformatora sopstvene potrošnje bloka biće izvedena pomoću oklopljenih generatorskih šina nominalnog napona 24 kV i nominalne struje 9 750 A za deo od generatora do glavnog blok-transformatora, a odvod prema transformatoru sopstvene potrošnje bloka je od 960 A.

Oklopljene sabirne šine sastoje se od aluminijumskih provodnika sa nosećim izolatorima, aluminijumskih oklopa, dilatacionih komada provodnika i oklopa i spojnih delova.

U delu oklopljenih generatorskih šina smešten je generatorski prekidač (24 kV, 10 300 A) koji nije predviđen da isključuje u slučaju kvara.

Glavni blok-transformator

Transformator je trofazni dvonamotajni sa sledećim karakteristikama:

— nominalna prividna snaga	400 MVA
— nominalni primarni napon	24 kV
— nominalni sekundarni napon	410±3% kV
— sprega	YnD5
— hlađenje	OFAF
— napon kratkog spoja	13%
— gubici u gvožđu	360 kW
— gubici u bakru	215 kW
— ukupni gubici bez pomoćnih kola	1575 kW
— gubici pomoćnih kola	54 kW
— težina za transport	cca 255 t
— ukupna težina montiranog transformatora	cca 337 t
— težina ulja	cca 63 t
— težina aktivnog dela	cca 228 t.

Transformator sopstvene potrošnje bloka

Transformator je trofazni tronamotajni sa sledećim karakteristikama:

— nominalna prividna snaga na izlazu	48/28/28 MVA
— nominalni primarni napon	24 kV
— nominalni sekundarni napon	6,6 kV±15%
— sprega	YnDDo
— hlađenje	ONAN/ONAF
— napon kratkog spoja: primar-sekundar	9,75%
— napon kratkog spoja: sekundar-sekundar	19,5%.

Transformator opšte grupe potrošača

Transformator je trofazni tronamotajni sa sledećim karakteristikama:

— nominalna prividna snaga na izlazu	48/28/28 MVA
— nomnalni primarni napon	220 kV
— nominalni sekundarni napon	6,6 kV±15%
— sprega	YnYYo
— hlađenje	ONAN/ONAF
— napon kratkog spoja: primar-sekundar	9,75%
— napon kratkog spoja: sekundar-sekundar	19,5%.

Protivpožarna zaštita transformatora

Transformatori bloka sopstvene potrošnje bloka i opšte potrošnje biće zaštićeni od požara uređajima sa raspršenom vodom. Svaki transformator će biti opremljen jednim autonomnim sistemom.

Razvodna postrojenja elektrane

Razvodna postrojenja nominalnog napona 6,3 kV predviđena su za dinamičku struju od 125 kA i termičku jednominutnu struju od 48 kA. Nominalna struja sabirnica je 3 000 A. Čelije su limene, oklopljene prekidačima izvlačivog tipa.

Razvodna postrojenja niskog napona (380/220 V) i jednosmjerne struje su također limena oklopljena kasetama izvlačivog tipa.

Sva razvodna postrojenja biće smeštena u posebnu centralnu prostoriju na koti ±0,00.

UPRAVLJANJE POSTROJENJEM

Digitalna automatika za upravljanje blokovima organizovana je na hijerarhijskom principu tretiranja logičkih i analognih informacija i hijerarhijskoj organizaciji koja posebno vodi računa o pouzdanosti.

Upravljanje će biti izvedeno na principu funkcionalnih grupa i podgrupa koje razlikuju tri nivoa komandovanja:

— Na najvišem nivou, funkcionalne grupe, posle analize procesa vrši se komandovanje pojedinim podgrupama ili izvesnim mehanizmima.

— Na nivou podgrupe obrađuje se komandovanje uređajima koji sačinjavaju jednu tehnološku celinu. Komande se realizuju sekvencijalno preko logike koja vodi računa o stanju postrojenja i vremenu izvršenja. Greške se nadgledaju za vreme izvršenja programa i ako je potrebno zaustavljaju ga i uvode postrojenje u sigurno stanje. Posle eliminacije greške operator može da preuzme realizaciju programa u smeru nastavljanja ili zaustavljanja.

— Nivo komandovanja izvršnim organima omogućuje manuelno i posebno komandovanje, kao i automatsko komandovanje od nivoa podgrupe. Na ovom nivou deluju blokade i zaštite.

Predviđene su sledeće grupe i podgrupe:

— 2 podgrupe za vazduh — dimne gasove
— 1 podgrupa za napajanje tečnim gorivom
— 16 podgrupa za svaki 16 gorionika za tečno gorivo sa potpaljivanjem

— 8 podgrupa za svaki od 8 gorionika za ugalj
— 2 podgrupe za kotlovske cirkulacione pumpe
1 podgrupa za sigurnosno provetravanje kotla
— 1 pumpa za napojne pumpe
— 1 grupa za zagrejače visokog pritiska
— 1 grupa za podmazivanje i zaustavljanje turbine
— 1 grupa za upravljanje turboagregatom
— 1 grupa za vakumski sistem
— 1 grupa za cirkulacione pumpe kondenzatora
— 1 grupa za kondenzatne pumpe
— 1 grupa za zagrejače niskog pritiska
— 1 grupa za hlađenje
— 1 grupa za kompresore za vazduh za instrumentaciju
— 3 grupe za tretiranje kondenzata
— 1 grupa za tretiranje sirove vode
— 1 grupa za demineralizaciju
— 1 grupa za hemijsko tretiranje.

Informaciona računska mašina

U okviru sistema upravljanja za svaki blok je predviđena jedna informaciona računska mašina koja treba da obezbedi sledeće funkcije:

— nadgledanje analognih signala sa registracijom prekoračenja dozvoljenih vrednosti
— nadgledanje logičkih signala sa promenama stanja i greške
— impulsno merenje električne energije
— perturbografiju za analizu havarija
— bilansiranje i stepen iskorišćenja
— pogonski protokol.

Te će funkcije biti obezbeđene primenom industriskog mini kalkulatora koji može da primi:

— 700 logičkih signala
— 500 analognih signala.

Tretiranje se vrši sa centralnom memorijskom jedinicom od 32 K reči od 18 bita. Memorija može da se proširi do 64 K reči sa modulom od 16 K reči.

U okviru svakog informacionog sistema ulaze: tri štampača, dva monitora (katodne cevi) i dr.

ISPORUKA OPREME I IZVOĐENJE RADOVA

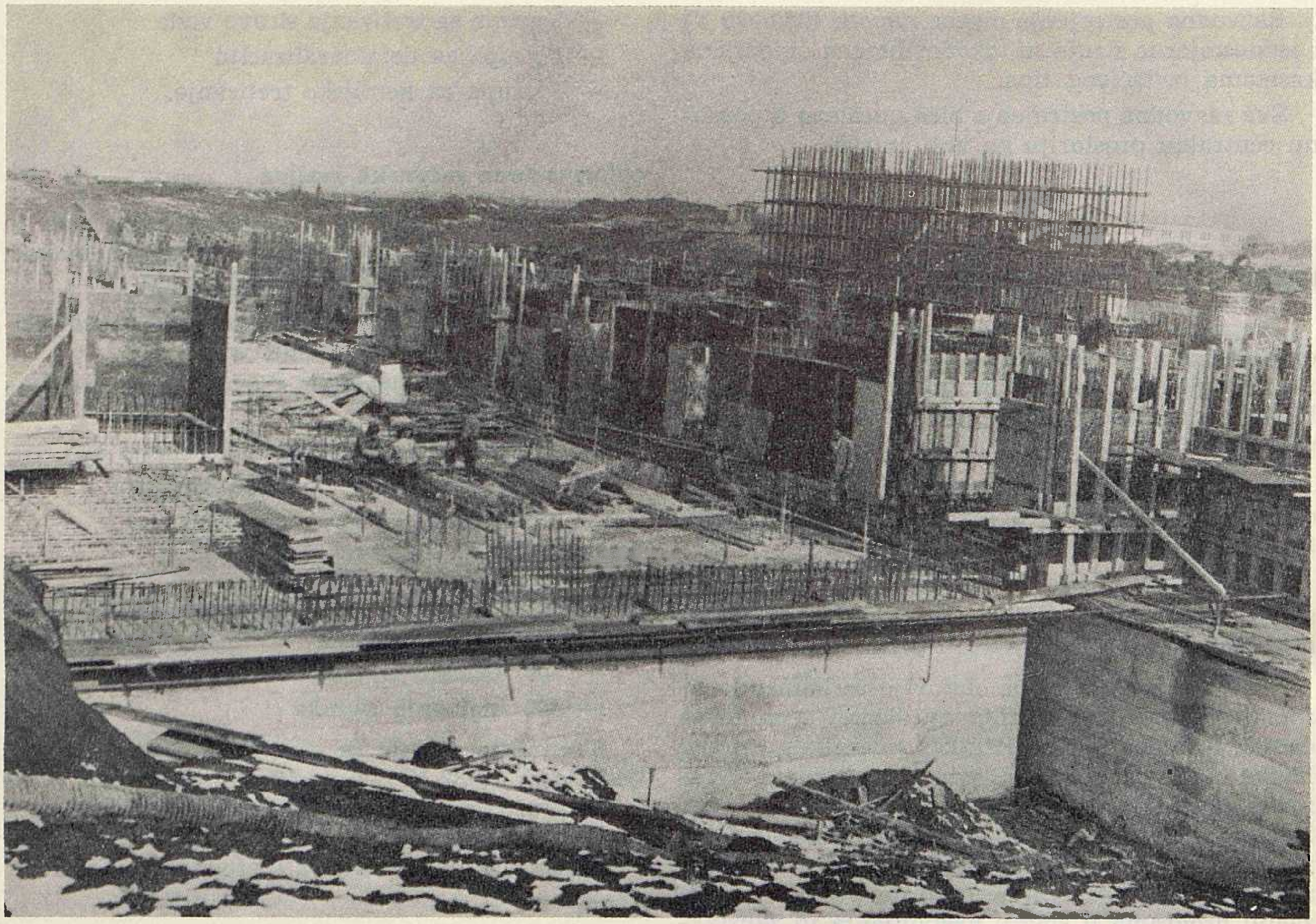
Isporuku opreme vrše francuske firme Stein Industrie i CGEE Alsthom, nemačka firma M.A.N. i domaća industrija.

Stein Industrie isporučuje kotlovsko postrojenje koje sačinjavaju ovi elementi i uređaji: četiri osnovna noseća stuba kotlarnice, cevni sistem kotla sa svim armaturama, pomoćne kotlovske agregate (napojne pumpe, mlinove, cirkulacione pumpe kotla, ventilatore svežeg vazduha i dimnih gasova i dr.), glavni deo elektrofiltera, opremu za merenje i regulaciju kotlovskog postrojenja, mazutno postrojenje i dr.

U okviru kotlovskog dela domaća industrija, koju čine više radnih organizacija (Goša, MIN, Fabrika vagona, Minel, Energoinvest i dr.), isporučuje: čeličnu konstrukciju kotla i elektrofiltera, razne kanale (za vazduh, dimne gasove, aero smešu i dr.), delove mlinova i ventilatora, oplatu kotla, podeste stepeništa i izolaciju kotla i elektrofiltera.

M.A.N. isporučuje turbinsko postrojenje koje obuhvata turbinu, uređaje termičke pripreme vode sa svim cevovodima, kondenzatorom i zagrejačima, pomoćne agregate termičke pripreme vode (kondenzatne pumpe, cirkulacione rashladne pumpe, uljne pumpe i dr.), kompletnu hemijsku pripremu vode, elektroliznu stanicu i dr.

U okviru turbinskog dela jugoslavenska industrija isporučuje sve rezervoare za vodu, rashladne



Termoelektrana »Kosovo B« u izdradnji

cevovode, kranove, metalnu konstrukciju za mašinsku salu i dr.

CGEE Alsthom isporučuje: generator, blok transformator 400 MVA, protivpožarnu zaštitu za sve transformatore, oklopljene generatorske šine, generatorski prekidač, zaštitne releje za postrojenje srednjeg napona i generator, kompletnu opremu za komandnu salu (instrumentaciju, pulteve, vertikalne ploče i dr.), sistem za upravljanje mehanizmima sopstvene potrošnje, informacione računske mašine, statičke pretvarače za nužno napajanje i *dr.*

U okviru ovog dela domaća industrija isporučuje: dalekovodnu opremu 400 kV i ostalu visokonaponsku opremu, transformatore sopstvene potrošnje bloka i opšte grupe od 48 MVA, šinske veze 6,3 kV i 0,4 kV, postrojenja sopstvene potrošnje srednjeg napona i niskog napona, transformatore niskog napona, razvodna postrojenja jednosmjerne struje sa akumulatorima, ispravljačima i drugom pomoćnom opremom, kablove, uzemljenje, uređaje slabe struje i dr.

Glavni nosilac inostranog inženjeringa je firma M.A.N., koja projektuje turbinski deo postrojenja unutar glavnog pogonskog objekta i daje osnovne koncepcije ostalih postrojenja elektrane. Stein Industrie projektuje kotlovski deo postrojenja. Projekat elektrodela jake struje, merenja, regulacije i upravljanja za glavni pogonski objekat vrši CGEE Alsthom. Građevinski projekat glavnog pogonskog objekta i sve projekte za pomoćne objekte radi Energoprojekt iz Beograda, koje je pored toga i konsultant u radu sa stranim partnerima.

Građevinske radove izvode radne organizacije Ramiz Sadiku iz Prištine i Rad iz Beograda.

Montažne radove izvodi više domaćih radnih organizacija.

Naslov pisca:
Dragoljub P i p e r s k i, dipl. inž.
REMHK »KOSOVO« — Priština

O STANDARDIZACIJI SPOJEVA NA PRIKLJUČNOJ LETVICI PODSISTEMA SKLOPNOG POSTROJENJA

Nikola Čupin, Zagreb

Potreba za standardizacijom spojeva na priključnoj letvici ćelija, ormara i sl. pojavljuje se sve više s porastom tvorničke izvedbe postrojenja i s većom primjenom elektroničkog računala u projektiranju sklopnih postrojenja. U radu je, polazeći od zahtjeva izrade priključnih planova (shema vezivanja) na računalu, dan prikaz slučajeva obrade tzv. P-skupova i načina spajanja neposredno ili preko priključne letvice.

DK 621.314

1. UVOD

Pod podsistemima sklopnog postrojenja ovdje se smatraju razvodni ormari, ćelije, polja, sklopni blokovi, relejni stalci itd. u kojima su smješteni aparati glavnog ili pomoćnih strujnih krugova. Svim tim dijelovima sklopnog postrojenja zajedničko je što se mogu u stanovitom smislu smatrati zaokruženim cjelinama koje vrše određenu funkciju unutar cjelokupne funkcije sklopnog postrojenja.

Priključak vodiča pomoćnih strujnih krugova na aparate u tim podsistemima vrši se, u pravilu, posredno preko tzv. priključne letvice (letvice s rednim stezaljakama). Potreba za takvim načinom spajanja raste sve više s osvajanjem postrojenja kao tvornički dogotovljenih proizvoda, tako da podsistemi postaju, slično kao aparati, cjeline koje se vrlo lako montiraju i priključuju. Razlika prema aparatima je u broju stezaljki priključne letvice zbog čega i preglednost, nužno potrebna pri održavanju postrojenja, mora biti veća.

Preglednost se postiže svrstavanjem (sortiranjem) spojeva po unaprijed zadatnom redu sa svrhom da se pri traženju kvara, pri popravcima, izmjenama i sl. što prije pronađe odgovarajući strujni krug. Odatle proizlazi potreba za standardizacijom spojeva koja je nužna i zbog drugog, veoma važnog razloga — primjene računala (kompjutora) u projektiranju sklopnih postrojenja.

Naime, preduvjet za racionalnu primjenu računala je standardizacija u svim područjima: projektiranju, izvedbi i održavanju postrojenja. Tako je ovaj rad proizašao iz pokušaja da se računalo u što vešoj mjeri primijeni u jednoj od aktivnosti projektiranja — izradi priključnih planova (shema vezivanja). Njime se, bez namjere predlaganja odgovarajućeg standarda iz ovog područja, nastoji pridonijeti standardizaciji i sređenosti u ovoj, po izvedbi prilično šarolikoj problematici.

2. PODRUČJA OŽIČENJA

Podsisteme sklopnog postrojenja možemo, s obzirom na izvođenje žičnih spojeva, smatrati područjima ožičenja. Analizom sklopnih postrojenja postavljen je model za izradu priključnih planova na računalu (L.2) prema kojem razlikujemo 3 vrste područja ožičenja:

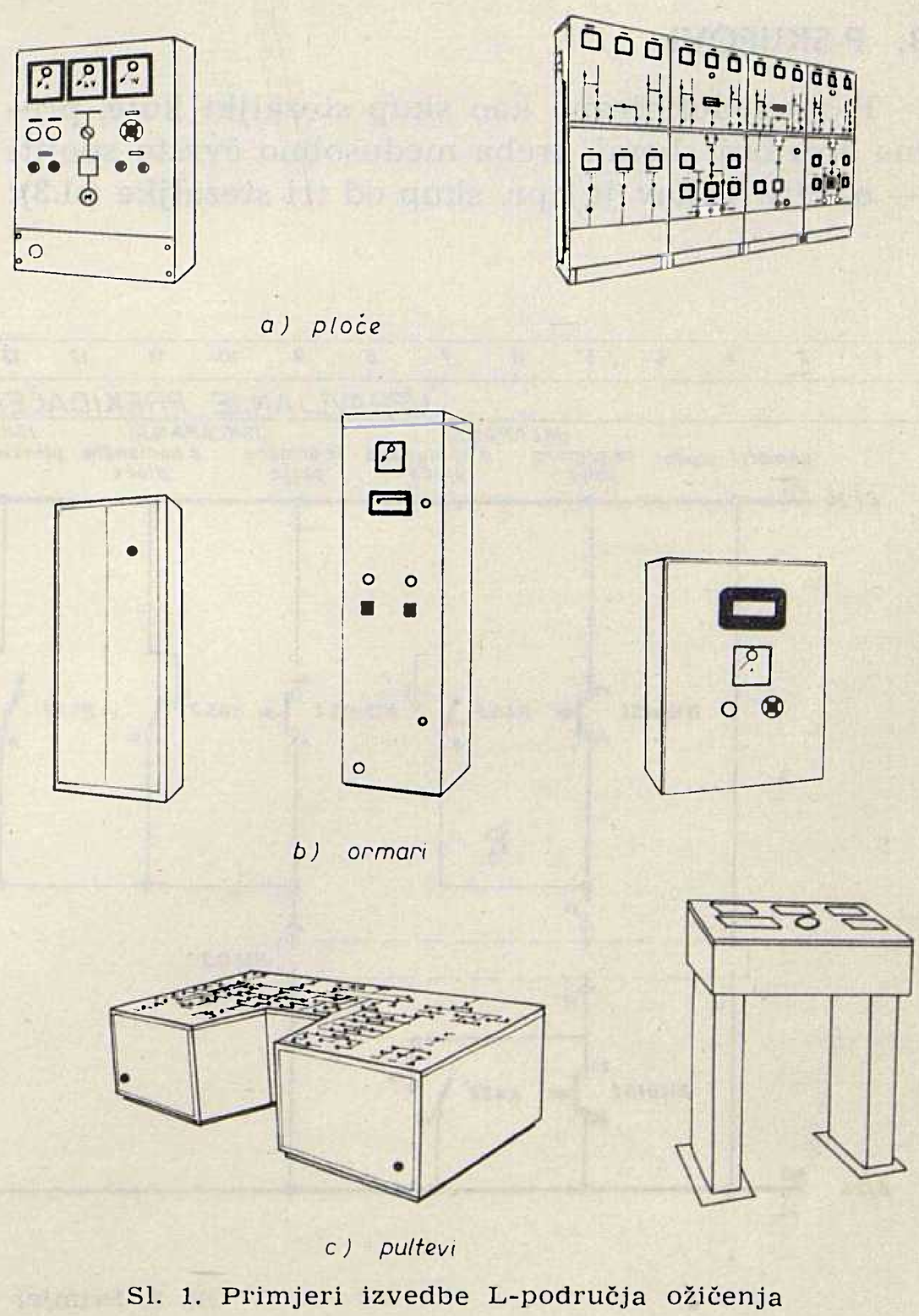
L — područje ožičenja s jednom ili više ravnina

LV — područje ožičenja s više ravnina. U zadnju tzv. V-ravninu preslikavaju se elementi (aparati) visokonaponskog strujnog kruga

X — područje ožičenja s jednom ravninom.

Prva dva područja ožičenja imaju priključnu letvicu u jednoj od ravnina, dok je karakteristika X-područja ožičenja da nema priključnu letvicu, što znači da se vodiči spajaju neposredno na aparate. Time su u obradu uključeni i izdvojeno smješteni aparati (npr. Bucholz—relej).

Primjeri izvedbe L i LV područja ožičenja prikazani su na sl. 1. i 2.

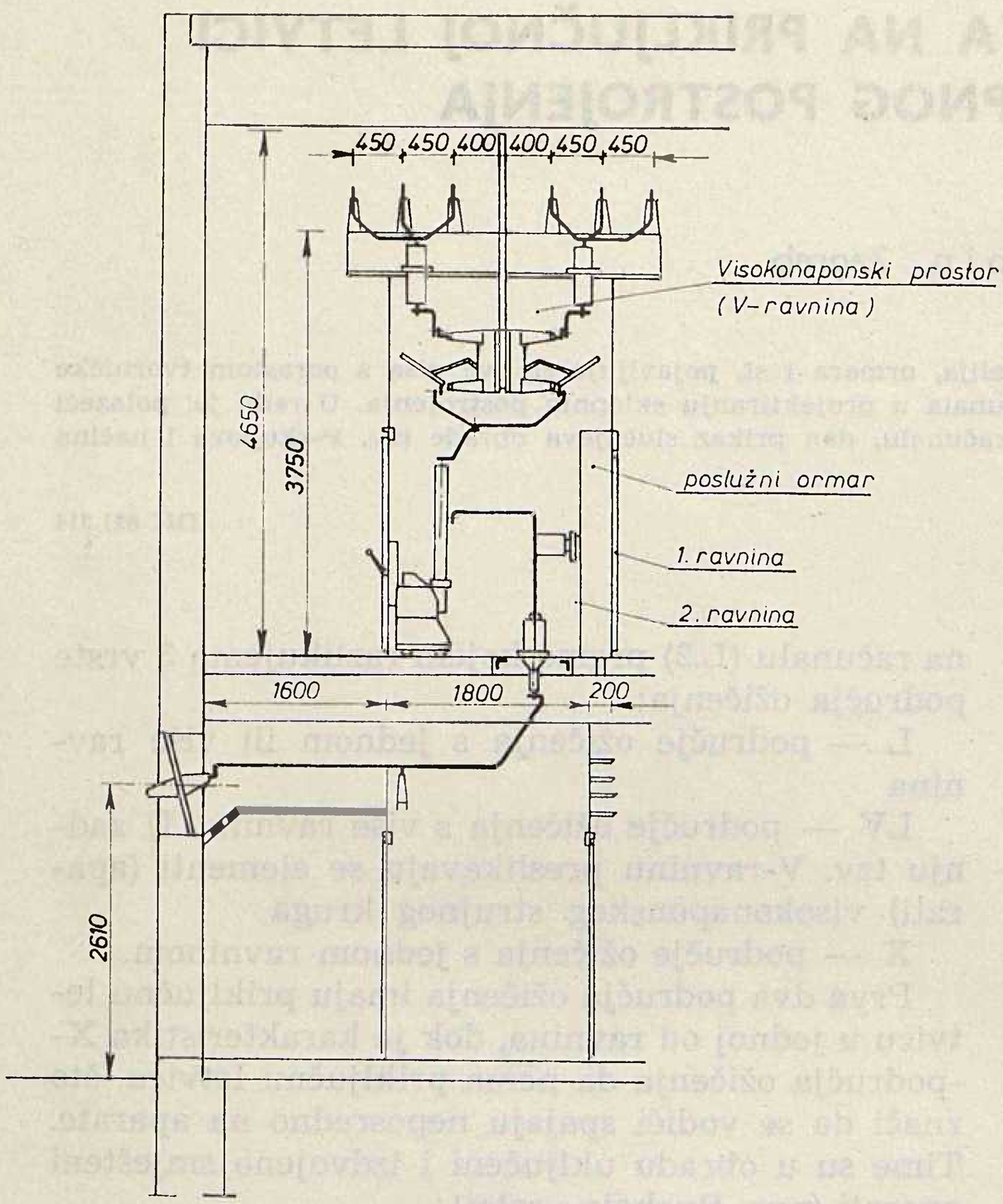


a) ploče

b) ormari

c) pultevi

Sl. 1. Primjeri izvedbe L-područja ožičenja



Sl. 2. Primjer LV-područja ožičenja

3. P-SKUPOVI

P-skup definirano kao skup stezaljki koje, prema strujnoj shemi, treba međusobno čvrsto spojiti — ožičiti. Takav je npr. skup od tri stezaljke (sl.3):

$$P_1 = \begin{Bmatrix} (B12,\ U1,\ S1,\ 14) \\ (B12,\ \ 0,\ Q3,\ P) \\ (0,\ \ K4,\ S2,\ 8) \end{Bmatrix}$$

U oznaci stezaljke, npr. stezaljke (B12, U1, S1, 14), sadržan je podatak o priključku (14), vrsti i broju aparata (S1) i pripadnosti podsistemu, odnosno području ožičenja (B12, U1).

Druga stezaljka u skupu P_1, pripada aparatu Q3 smještenom u V-ravnini područja ožičenja B12, U1 (drugi član je 0), a treća aparatu S2 u području ožičenja K4.

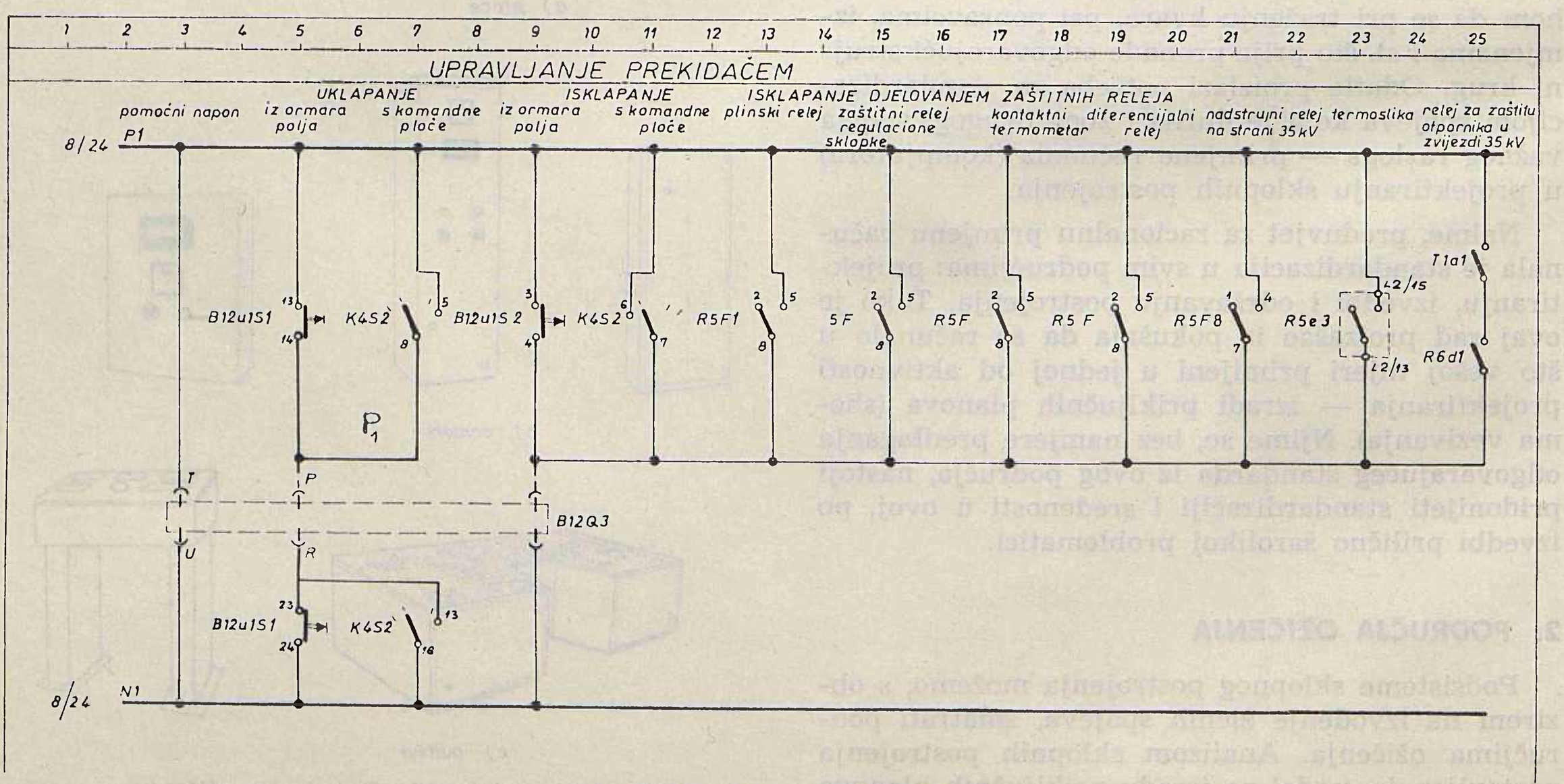
Područje ožičenja B12, U1 pripada vrsti LV a područje ožičenja K4 vrsti L.

Opisana oznaka stezaljke uvedena je za potrebe obrade na računalu (L.2), a u skladu je sa IEC preporukama(L.3).

4. NAČIN OBRADE P-SKUPOVA

Strujna shema daje na pregledan način informaciju o funkciji spojeva između aparata, odakle se može shvatiti funkcioniranje cijelog postrojenja. Međutim, za izvedbu spojeva strujne sheme nisu podobne, zbog čega se rade posebni, za tu svrhu prilagođeni dokumenti — priključni planovi. Njima su na pregledan način prikazani spojevi u postrojenju. Spojevi se dijele na spojeve između aparata i spojeve na priključnoj letvici.

Spojevi se dobiju obradom P-skupova. Budući da o načinu obrade ovise spojevi na priključnoj letvici razmotrit ćemo slučajeve obrade i navesti moguće načine obrade kako bismo istaknuli probleme koji se pojavljuju pri obradi na elektroničkom računalu, kada je isključena subjektivnost odlučivanja čovjeka.



Sl. 3. Primjer strujne sheme

Slučaj S1: Stezaljke u P-skupu pripadaju istom aparatu (sl. 4).

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ U1,\ F1,\ 1) \\ (A1,\ U1,\ F1,\ 2) \end{Bmatrix}$$

Uobičajeni način spajanja jest neposredno spajanje stezaljki bez posredstva priključne letvice (način 1.1 na sl. 4). Ako se u toku pogona žele mjeriti električke veličine u strujnom krugu između stezaljki 1 i 2 aparata F1, spoj će se izvesti preko priključne letvice a obje stezaljke će biti unutrašnji ciljevi (način 1.2).

Ako se aparat nalazi u V-ravnini

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ 0,\ F1,\ 1) \\ (A1,\ 0,\ F1,\ 2) \end{Bmatrix}$$

tada mogu, u slučaju spoja preko priključne letvice, stezaljke biti vanjski ciljevi (način 1.3.).

Napomenimo da pod vanjskim ciljevima smatramo stezaljke aparata (ili stezaljke na letvicama drugih područja ožičenja) što su spojeni na jednu (donju) stranu priključne letvice, a pod unutrašnjim ciljevima stezaljke aparata što su smješteni na drugu (gornju) stranu, pod pretpostavkom da je letvica smještena pri dnu područja ožičenja.

Slučaj S2: Stezaljke u P-skupu pripadaju aparatima na jednoj ravnini.

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ U1,\ F1,\ 1) \\ (A1,\ U1,\ F2,\ 3) \\ (A1,\ U1,\ F3,\ 10) \end{Bmatrix}$$

Uobičajeni i najčešći način spajanja jest kada se spojevi izvode bez posredstva priključne letvice (način 2.1 sl. 5.a).

Ako aparati i priključna letvica nisu smješteni na istoj ravnini i ako ima razloga da se spojevi izvode preko priključne letvice, moguća su dva načina spajanja (sl. 5.b). Kada su aparati smješteni u V ravnini, tj.

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ 0,\ F1,\ 1) \\ (A1,\ 0,\ F2,\ 3) \\ (A1,\ 0,\ F3,\ 10) \end{Bmatrix}$$

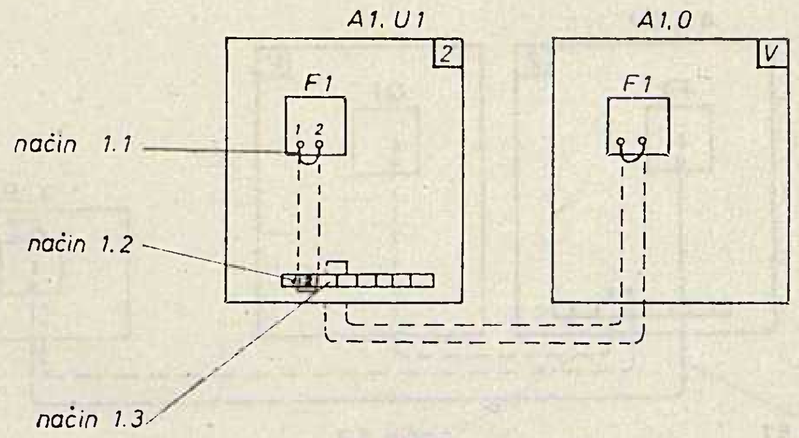
spaja se prema načinu 2.4, a kada su smješteni u običnoj ravnini, prema načinu 2.3.

Slučaj S3: Stezaljke u P-skupu pripadaju aparatima u istom području ožičenja.

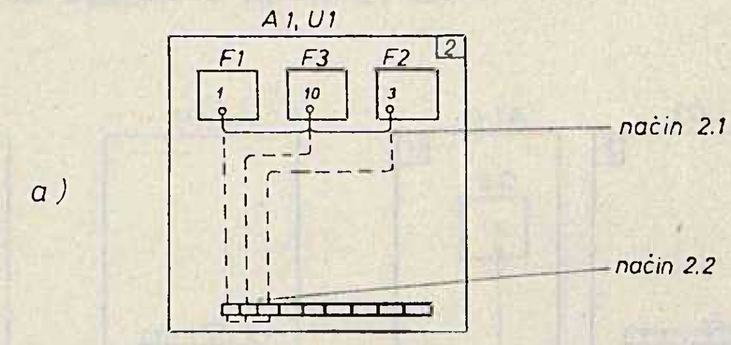
$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ U1,\ F1,\ 1) \\ (A1,\ U1,\ F2,\ 3) \\ (A1,\ 0,\ F3,\ 10) \end{Bmatrix}$$

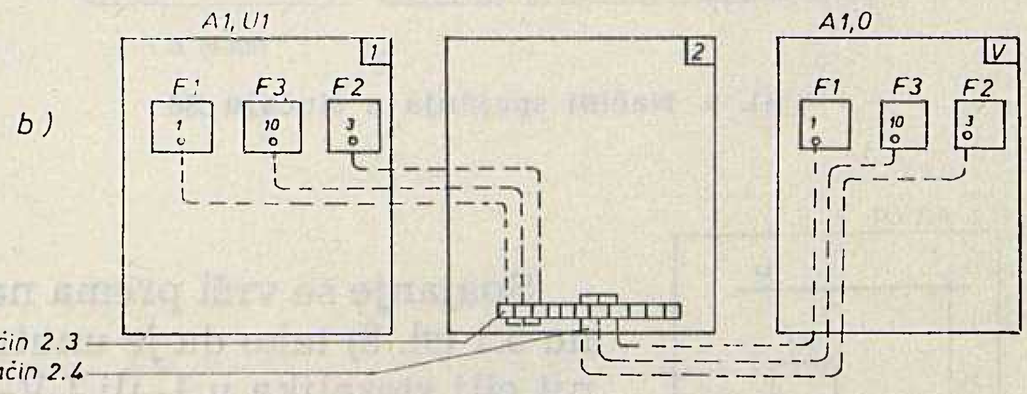
Najopćenitiji je slučaj smještaja aparata kada su aparati smješteni u svakoj od ravnina (sl. 6). Aparate u prvoj i drugoj ravnini možemo spojiti na dva načina: neposredno (način 3.1) ili preko priključne letvice (način 3.2), kada je aparat u prvoj ravnini vanjski, a aparat u drugoj ravnini unutrašnji cilj.

Aparati smješteni u prvoj ili drugoj ravnini spajaju se s aparatima u V-ravnini u pravilu preko priključne letvice i tada je aparat u V-ravnini uvijek vanjski cilj (način 3.3).

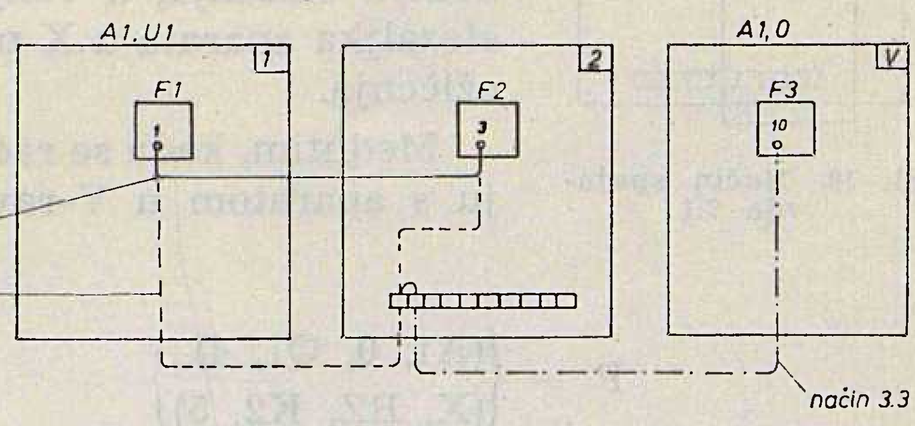


Sl. 4. Načini spajanja slučaja S1

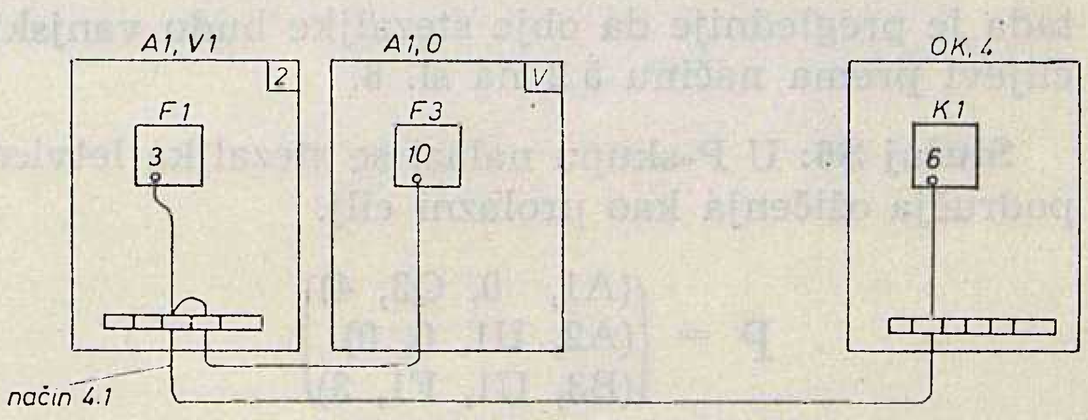




Sl. 5. Načini spajanja slučaja S2



Sl. 6. Načini spajanja u slučaju S3



Sl. 7. Načini spajanja slučaja S4

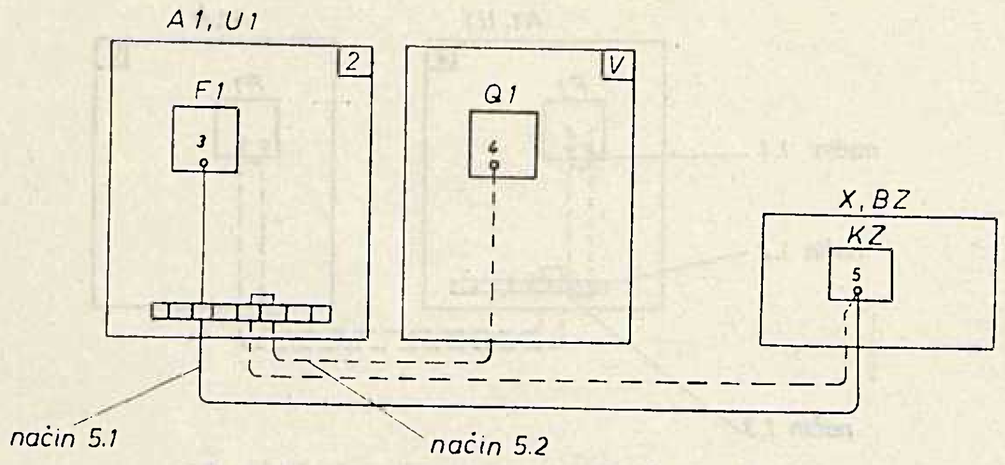
Slučaj S4: Stezaljke u P-skupu pripadaju aparatima smještenim u više L ili LV područja ožičenja.

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ U1,\ F1,\ 3) \\ (A1,\ 0,\ F3,\ 10) \\ (0,\ K4,\ K1,\ 6) \end{Bmatrix}$$

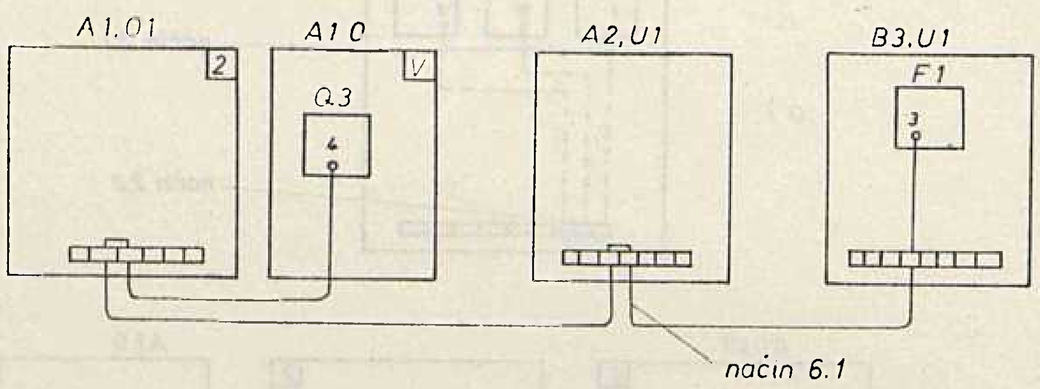
U ovom slučaju postoji samo jedan način spajanja (način 4.1 na sl. 7): vanjski ciljevi su stezaljke na letvici drugih područja ožičenja i stezaljke aparata u V-ravnini, a unutrašnji ciljevi aparati u ostalim ravninama obrađivanog područja ožičenja.

Slučaj S5: Skup P sadrži stezaljku aparata smještenog u X-području ožičenja.

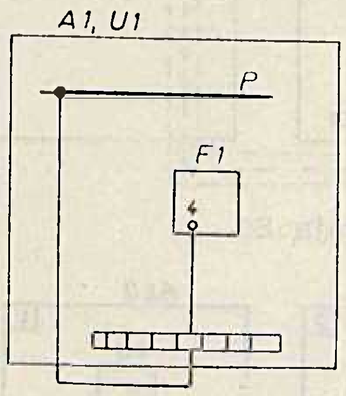
$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ U1,\ F1,\ 3) \\ (X,\ BZ,\ K2,\ 5) \end{Bmatrix}$$



Sl. 8. Načini spajanja u slučaju S5



Sl. 9. Načini spajanja u slučaju S6



Sl. 10. Način spajanja 7.1

Spajanje se vrši prema načinu 5.1 (sl. 8) tako da je unutrašnji cilj stezaljka u L ili LV-području ožičenja, a vanjski cilj stezaljka aparata u X području ožičenja.

Međutim, kada se radi o spoju s aparatom u V-ravnini

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ 0,\ Q1,\ 4) \\ (X,\ BZ,\ K2,\ 5) \end{Bmatrix}$$

tada je preglednije da obje stezaljke budu vanjski ciljevi prema načinu 5.2 na sl. 8.

Slučaj S6: U P-skupu nalazi se stezaljka letvice područja ožičenja kao prolazni cilj.

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ 0,\ Q3,\ 4) \\ (A2,\ U1,\ 0,\ 0) \\ (B3,\ U1,\ F1,\ 3) \end{Bmatrix}$$

Stezaljka letvice se u ovom slučaju nalazi na letvici područja ožičenja A2, U1. Za razlikovanje od stezaljke aparata u njezinoj oznaci je treći i četvrti član nula (A2, U1, 0, 0). Takva stezaljka se kao »prolazni cilj« koristi kada, zbog malog broja spojeva između područja ožičenja A1, U1 i B3, U1, nije opravdano polagati kabele, već se spoj izvodi posredno preko područja ožičenja A2, U1, čija je stezaljka na letvici u tom slučaju prolazni cilj.

Spajanje se izvodi, prema načinu 6.1 na sl. 9, tako da su stezaljke na letvicama uvijek vanjski ciljevi.

Slučaj S7: U P-skupu se nalazi stezaljka sabirnice pomoćnog napona.

$$P = \begin{Bmatrix} (A1,\ U1,\ P,\ 0) \\ (A1,\ U1,\ F1,\ 4) \end{Bmatrix}$$

Stezaljka sabirnice pomoćnog napona ima također posebnu oznaku, jer sabirnica pomoćnog napona nije aparat. Na mjestu vrste i broja aparata (treći član) dolazi oznaka sabirnice, u našem slučaju P, a na mjestu priključka dolazi nula, tako da je oznaka stezaljke na sabirnici pomoćnog napona P koja je smještena u području ožičenja A1, U1: (A1, U1, P, 0). Spajanje se vrši tako da je sabirnica pomoćnog napona uvijek vanjski cilj (način 7.1, sl. 10).

Slučaj S8: U P-skupu se nalazi stezaljka mjernog transformatora.

U srednje i visokonaponskim postrojenjima mjerni su transformatori uvijek smješteni u V-ravnini, a kod niskonaponskih postrojenja, gdje nema V-ravnine (uvijek se radi o L područjima ožičenja), mjerni transformatori su smješteni, zajedno s ostalim elementima glavnog strujnog kruga (prekidačima, sklopnicima, osiguračima itd.), u jednu od ravnina.

U svim slučajevima stezaljke mjernih transformatora su vanjski ciljevi priključne letvice.

5. VANJSKI I UNUTRAŠNJI CILJEVI

Pri obradi spojeva na priključnoj letvici pomoću elektroničkog računala valja unaprijed poznavati pravilo određivanja vanjskih i unutrašnjih ciljeva. Radi iskorištenja obje strane priključne letvice, poželjno je da broj vanjskih i unutrašnjih ciljeva bude jednak, jer je u tom slučaju broj stezaljki na priključnoj letvici minimalan.

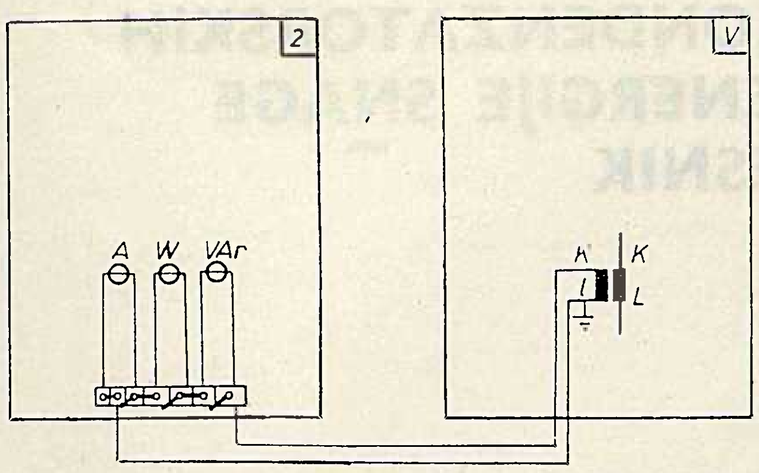
Drugi zahtjev koji je također potrebno razmotriti jest maksimalna preglednost spojeva.

Očito je da je oba zahtjeva: minimalan broj stezaljki i maksimalna preglednost spojeva teško ispuniti, jer ovaj drugi traži kruto pridržavanje jednom postavljenog pravila za određivanje vanjskih i unutrašnjih ciljeva. Dajući zahtjevu za preglednost spojeva veće značenje, ali uzimajući u obzir i težnju za što manjim brojem stezaljki, došli smo do prijedloga pravila za određivanje vanjskih i unutrašnjih ciljeva kojeg smo se pridržavali i pri definiranju načina obrade pojedinih slučajeva opisanih u prethodnoj točki.

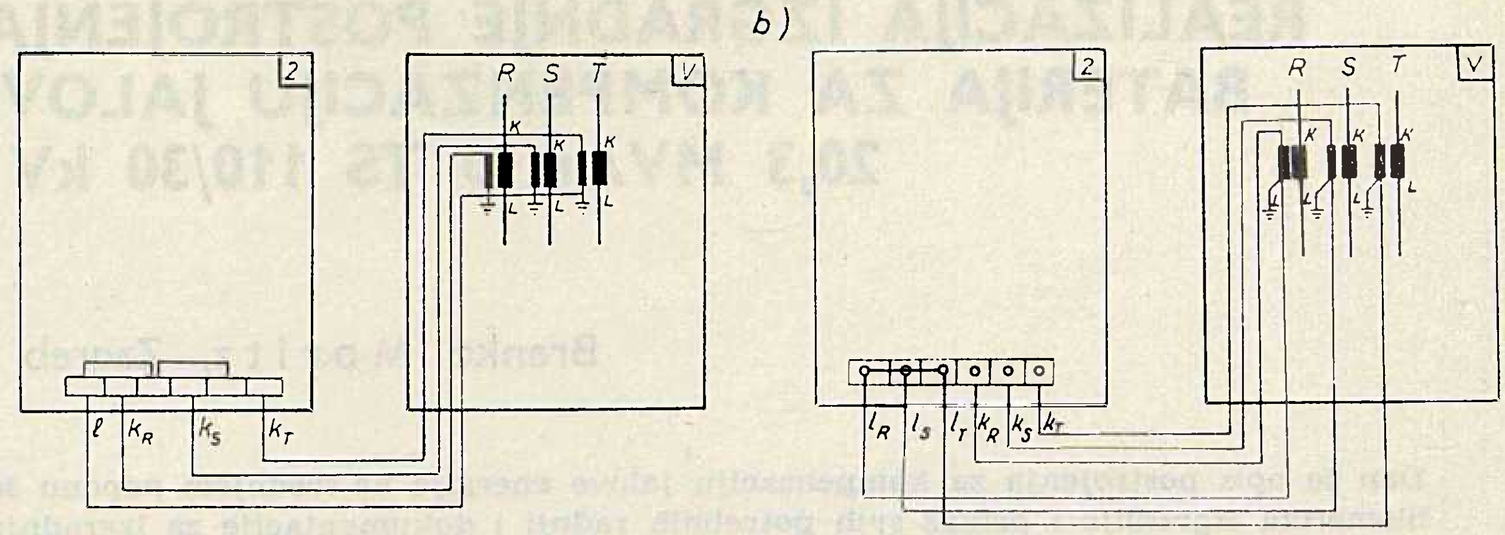
P r a v i l o.

Vanjski ciljevi priključne letvice su:

1. priključne letvice drugih područja ožičenja, odnosno njihove stezaljke (vanjski ciljevi 1. vrste),
2. aparati u V-ravnini istog područja ožičenja (vanjski ciljevi 2. vrste),
3. aparati u X-područjima ožičenja (vanjski ciljevi 3. vrste),
4. strujni i naponski tarnsformatori (vanjski ciljevi 4. vrste),
5. aparati u ravnini na kojoj nije smještena priključna letvica kod načina spajanja 3.2 (vanjski ciljevi 5. vrste),
6. sabirnice, ili dovod, pomoćnog napona.



Sl. 11. Stezaljke za ispitivanje strujnog kruga strujnog transformatora u toku pogona



Sl. 12. Svrstavanje stezaljki strujnih transformatora: a) za slučaj zajedničkog kraja namota (1) — b) za slučaj dovođenja svih početaka i krajeva na priključnu ljestvicu

VANJSKI CILJEVI			KOMANDNI ORMAR R1U1		B 1U 1			UNUTRAŠNJI CILJEVI			
OBJEKAT	PODACI BROJ	NAZIV	KABELA PRESJEK	PRIKLJUČAK NA	OZNAKA STEZ.	VODIČA	STEZALJKA VRST BROJ	MEĐU SPOJ	PRIKLJUČAK NA	STEZ.	PRESJEK MM2
				POMOĆNI NAPON							
KOMANDNA PLOČA KS	3 PP	41	8X2,5	OK 5	7	P1	1		E 2 7		2,5 6/ 04
				A 3	T	P1	2		D 3 4		2,5 6/ 04
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	9	N1	3				2,5 6/ 05
				A 3	U	N1	4		D 111		2,5 6/ 05
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	10	P2	5				2,5 6/ 06
				A91	13	P2	6		B 2 3		2,5 6/ 06
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	11	N2	7		B 5U2		2,5 6/ 07
DOVOD						N2	8		D 9 B		2,5 6/ 07
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	13	MS	9				2,5 6/ 08
				A91	15	MS	10				2,5 6/ 08
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	14	TS	11				2,5 6/ 09
				A91	17	TS	12				2,5 6/ 09
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	15	A1	13				2,5 6/ 10
				A 3	J	A1	14				2,5 6/ 10
KOMANDNA PLOČA KS				OK 5	16	200	15				2,5 12/ 55

Sl. 13. Izlazna lista računala

Unutrašnji ciljevi su:

— aparati u svim ravninama L i LV područja ožičenja, osim V-ravnine i ravnine u kojoj nije smještena priključna letvica pri načinu spajanja 3.2.

6. SVRSTAVANJE SPOJEVA NA PRIKLJUČNOJ LETVICI

Cilj svrstavanja (sortiranja) spojeva na priključnoj letvici jest povećanje preglednosti spojeva, olakšavanje spajanja višežilnih kabela te omogućavanje mjerenja i ispitivanja za vrijeme pogona.

Svrstavanje se vrši prema:

1. vrsti strujnog kruga (pomoćni napon),
2. vanjskim ciljevima 1. vrste čime se olakšava spajanje kabela. Ovo svrstavanje se vrši unutar svake vrste strujnog kruga,
3. vanjskim ciljevima 4. vrste.

Kod svrstavanja spojeva prema ciljevima 4. vrste, tj. priključcima sekundarnog strujnog kruga strujnih i naponskih transformatora, obično se počeci i krajevi namota smještaju jedan pored drugog, tj. na susjedne stezaljke, iako ne pripadaju istim P-skupovima. Taj običaj se napušta ako se umeću posebne stezaljke za ispitivanje u toku pogona (sl. 11), kada se radi o bloku od tri strujna transformatora u području ožičenja (sl. 12) i u još nekim slučajevima.

Na sl. 13. prikazana je izlazna lista iz računala s opisanim svrstavanjima prema vrsti strujnog kruga, vanjskim ciljevima 1. vrste i vanjskim ciljevima 4. vrste prema sl.12a.

LITERATURA

1. N. Čupin: Korištenje računala u prajektiranju pomoćnih strujnih krugova, XII. stručno savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Budva 1975.
2. N. Čupin: Prilog projektiranju rasklopnih postrojenja pomoću računala (disertacija), ETF Zagreb, 1977.
3. IEC-propisi
4. Fleck, Kulik: Hochspannungs-und Niederspannungsschaltalagen, W. Girardet Essen, 1975.

Naslov pisca:
dr Nikola Čupin, dipl. inž.
»Rade Končar« OOUR Elektrotehnički institut

REALIZACIJA IZGRADNJE POSTROJENJA KONDENZATORSKIH BATERIJA ZA KOMPENZACIJU JALOVE ENERGIJE SNAGE 20,3 MVAr U TS 110/30 kV RESNIK

Branko Moritz, Zagreb

Dan je opis postrojenja za kompenzaciju jalove energije na srednjem naponu 30 kV u TS 110/30 kV RESNIK. Iznesena je problematika izgradnje i prikaz svih potrebnih radnji i dokumentacije za izgradnju objekata do stavljanja u eksploataciju.

DK 621.318

1. UVOD

U nizu od 10 transformatorskih stanica koje su obuhvaćene za kompenzaciju jalove energije na području »Elektroprenosa« Zagreb s ukupnom snagom od 137,75 MVAr nalazi se i TS 110/30 kV Resnik.

Raspored objekata i snaga kondenzatorskih baterija za kompenziju određen je na osnovi elaborata »Instituta za Elektroprivredu« — Zagreb (L.1), te izbora i veličine uređaja za kompenzaciju u visokonaponskoj mreži »Elektroprenosa«, Zagreb — elaborata »Elektroprenosa«, Zagreb (L.2).

TS 110/30 kV Resnik I etapa građena je od 1956. do 1958. s transformacijom 110/30 kV snage 2 × 60 MVA.

Sada je u TS 110/30 kV Resnik instalirana kondenzatorska baterija ukupne snage 20,3 MVAr, na 30 kV strani. Kompenzacija jalove energije moguća je u četiri stupnja 0 — 6,1 — 14,2 — 20,3 MVAr.

2. OPIS POSTROJENJA KONDENZATORSKIH BATERIJA

Snaga kompenzacije u ovoj transformatorskoj stanici podijeljena je u dvije kondenzatorske baterije. Jedna snage 14,2 MVAr, a druga snage 6,1 MVAr. One su smještene na otvorenom, zasebno ograđene od ostalog postrojenja i međusobno odijeljene ogradom.

Baterije su na temeljima niske izvedbe (600 mm). Sva čelična konstrukcija je vruće pocinčana. Cijela ploha poda je asfaltirana.

Svaka od baterija priključena je posebnim kabelom na linijski rastavljač s noževima za uzemljenje montiranim u prizemnom dijelu ćelije 30 kV postrojenja. Nakon linijskih rastavljača obje baterije su priključene preko prekidača putem dvaju sabirničkih rastavljača na dva sistema sabirnica kao i sve ostale ćelije 30 kV.

Upravljanje kondenzatorskim baterijama je automatski i ručno, a obavlja se izbornom preklopkom.*

U kasnijoj etapi predviđa se daljinsko upravljanje, koje će biti izvedeno iz položaja automatskog upravljanja.

Da bi se kod prekapčanja kondenzatorskih baterija izvršilo sigurno pražnjenje kondenzatora, isključenje linijskog rastavljača (a3 ili a4) koji svojim isključenjem automatski uzemljuje kondenzatorsku bateriju ide s vremenskim zatezanjem od 10 sek putem vremenskog relea (d1). Za pražnjenje baterija služe tri naponska transformatora dvopolno izolirana (f6), spojena u trokut.

Za kontrolu sigurnog uključenja pojedinog stepena snage služe i 2 ampermetra.

2.1. Karakteristike opreme

2.1.1. Isporuka LILJENHOLMENS KABEL FABRIK — STOCKHOLM

KONDENZATORSKE BATERIJE TIP CHF	I	II
Nazivni napon	31,5 kV	31,5 kV
Dozvoljeni granični napon	34,6 kV	34,6 kV
Nazivna snaga	14,2 MVAr	6,1 MVAr
Dozvoljena granična snaga	18,1 MVAr	7,9 MVAr
Nazivna struja	267 A	115 A
Dozvoljena granična struja	338 A	145 A
Broj kondenzatora	63	27

KONDENZATORSKE JEDINICE TIP CHF 101 (elementi baterija)	
Nazivni napon	$10{,}5/\sqrt{3} = 6{,}06$ kV 50 Hz
Nazivna snaga	225 kVAr
Nazivni kapacitet	19,5 μF
Nazivna struja	37,1 A
Dozvoljena granična struja	48,2 A
Temperatura	— 40, + 50°C
Ispitni napon i trajanje	27,3 kV = 10 s

2.1.2. 30 kV oprema

(a0) — Prekidač AEG, tip 1035 — 30/1250-100 30/36 kV, 1 250 A, 1 000 MVA, pneumatski, radni tlak 20 $^{-1}_{+2}$ bar-a, rezervoar zraka volumena 170 l za jedan ciklus uključenja.

(a1, a2) — Sabirnički rastavljač AEG tip TG 506/30 N
30/36 kV, 630 A, 50 KAs, 20 kAef. s pneumatskim zagonom 20 bara.

(a3, a4) — Linijski rastavljač za pojedine stupnjeve AEG tip TG 506/30 kao gore, samo s noževima za uzemljenje.

* Automatsko upravljanje omogućeno je putem jedne grebenaste preklopke (b 5) ručno — 0 — automatski i četiri tastera (b0, b1, b2 i b3) u kombinaciji sa 4 lampice (h0, h1, h2 i h3), te jedne relejne kombinacije za automatsko upravljanje (U1).

(f1) — Strujni transformatori AEG tip SYE 30 c 600/5/5 A, 30/30 VA, kl. 1 M5/10P10 60/150 kA. za mjerenje i nadstrujnu zaštitu.

(f2, f3) — Isto kao gornji, samo 2 × 200/5/5 A po jedan u fazi svake baterije za priključak ampermetra i termičke zaštite.

(f4, f5) — Strujni transformator AEG tip GIF 30 A za vanjsku montažu 25/1 A, 30 VA, kl. 1 M5, 2,5/6.25 kA u nul-točki između dviju poluzvijezda svakog stupnja za priključak zaštite od nesimetrije.

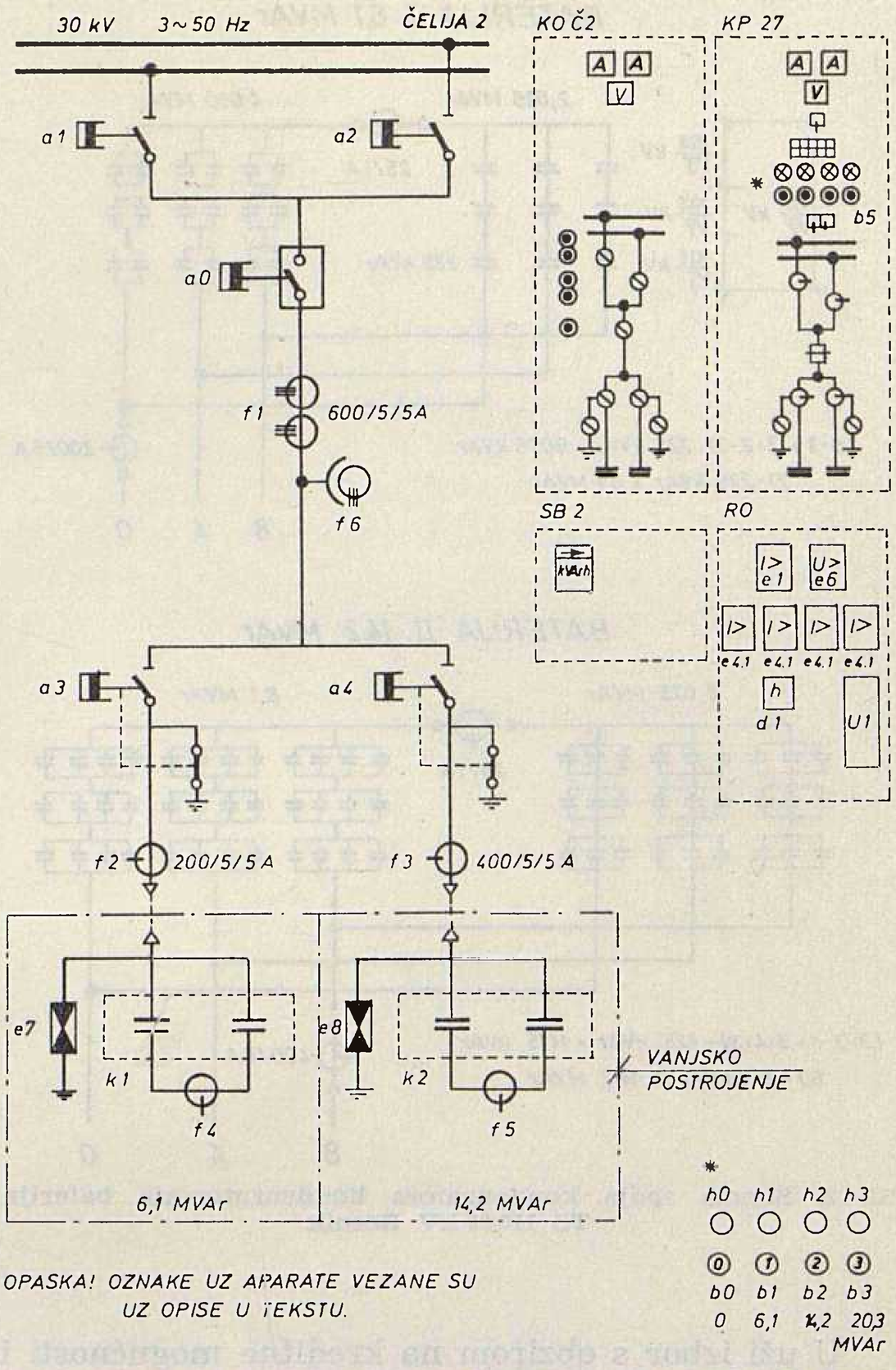
(f6) — Naponski transformator AEG tip Zy30 b 35000/100 V, 200 VA kl. 1. za pražnjenje kondenzatorskih baterija i priključak nadnaponske zaštite.

Napomena: Sva navedena 30 kV oprema ima izolatore na bazi araldita.

(e7, e8) — Odvodnik prenapona AEG tip AMS 36 kV 10 kA s brojačem pražnjenja putem preslikavanja.

— Kabel 35 kV »Svetozarevo« tip IPZ 013 3×150 mm²

— Kabelske glave TEP Zagreb tip KGV35 sa staklenim izolatorom.



Sl. 1. Jednopolna shema kondenzatorske baterije TS 110/30 kV Resnik

2.1.3. Zaštita i automatika AEG

(e1) — Nadstrujna tip RSZ 3td, 5 A s termičkim djelovanjem 3/3,8 — 6 A, magnetskim brzim isključenjem 20 — 60 A, 0,3 — 3 sek.

(e4. 1, e4. 2, e5. 1, e5, 2) — Zaštita od nesimetrije nadstrujni relej tip Rsd 10 — 40/20 — 80 mA svaki stupanj po dva relea, jedan za signalizaciju, a jedan za isključenje.

(e6) — Nadnaponski relej naponski vremenski tip RUZd 100-160 V (1,0 — 1,6 Un), 0 — 30 sek.

— Relejna kombinacija RH1 5000, 220 V istosmjerno za automatsko upravljanje stupnjevima izbora snaga baterije.

(d1) — Vremenski relej Rzybl 0 — 30 sek za vremensko zatezanje pri automatskom prekapčanju radi pražnjenja baterija.

Sva oprema smještena je u jednom posebnom ormariću dimenzija (š) 600 × (d) 400 (v) 2 200 mm praktično građen da ima pristup samo s prednje strane, a kabelske priključke samo s donje strane, što omogućava vrlo veliku prilagodivost u smještaju, a to je osobito važno kod ostalih stanica. U TS Resnik uklopio se po visini i dubini uz stalak brojila.

2.1.4. Mjerenja

Za mjerenje proizvedene jalove energije ugrađeno je jedno brojilo jalove energije LANDIS & GYR tip ML 18φldhr3. U TS Resnik je izvedena kompletna rekonstrukcija mjernog obračunskog sloga na 30 kV, transformacije 110/30 kV, radi obračuna jalove energije i snage / (L.5).

Ostala kontrolna mjerenje napona i struja vidljiva su iz jednopolne sheme sl. 1.

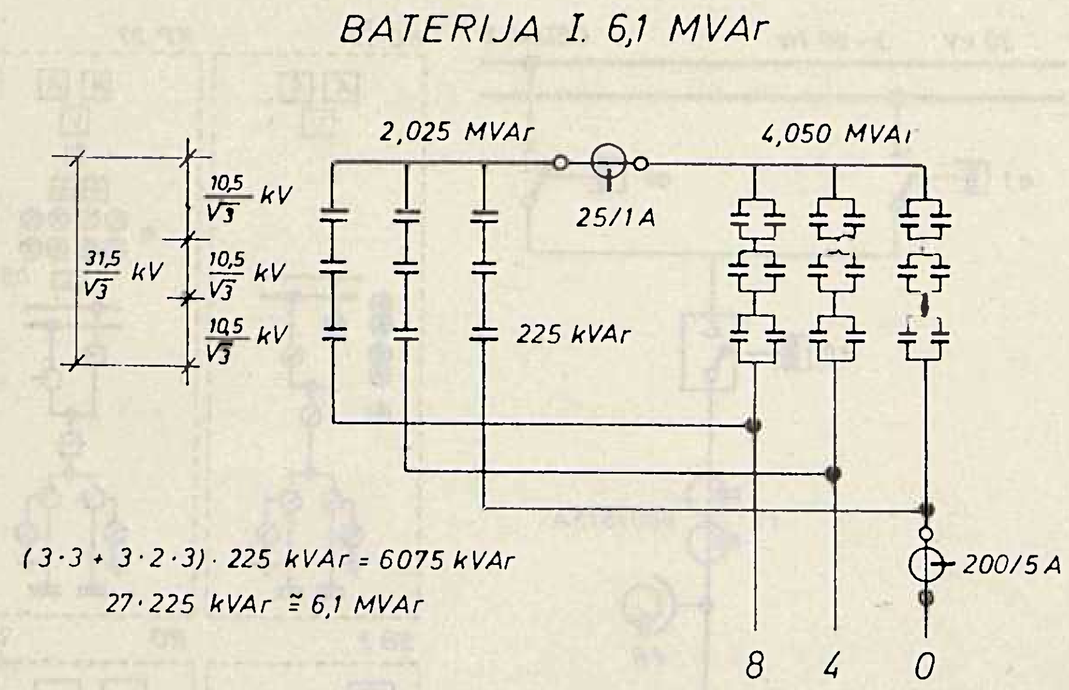
2.1.5. Signalizacija — kabeli

Za lokalnu signalizaciju ugrađena je relejna kombinacija »AEG« sa 10 signalnih relea tipa RAK 30 W tipa s padajućom markicom na prednjoj strani komandne ploče.

U vanjskom postrojenju položeni su kabeli PP41, a unutarnjem dijelu PPOO.

3. PRIPREMNI RADOVI, DOKUMENTACIJA

Na osnovi u uvodu navedenih studija u prosincu 1972. godine izrađen je prvi investicioni program, koji je u veljači 1973. prihvatio Radnički savjet. U toku 1973. i 1974. izvršeno je prikupljanje ponuda.



Sl. 2. Shema spoja kondenzatora kondenzatorskih baterija TS 110/30 kV Resnik

U uži izbor s obzirom na kreditne mogućnosti i tehničku izvedbu došle su tvrtke »SSW«, »AEG«, »BICC« i »ISKRA«, te su naši predstavnici obišli tvornicu i objekte koje su one opremile svojim kondenzatorskim postrojenjima.

U konačnoj konkurenciji ostale su tvrtke BICC, Konzorcij AEG — LJILJENHOLMENS i SSW.

U prosincu 1974. isporuka je ustupljena konzorciju »AEG« — LJILJENHOLMES« kao najpovoljnijem ponuđaču s financijske i tehničke strane.

Ukupna investicija po programu za sve objekte iznosi 46 211 000 dinara od čega inozemni kredit 12 610 000 dinara.

Troškovi izgradnje kompenzacije u TS 110/30 kV Resnik iznose ukupno 4 796 000 dinara bez ostalih troškova 3 652 000 dinara.

Troškovi izgradnje po MVAr, bez ostalih troškova, iznose 179 900 dinara, a zajedno s ostalim troškovima 236 260 d/MVAr.

Projektni zadatak izrađen je u veljači 1975. godine čemu su prethodile makrolokacije i mikrolokacije pojedinih dijelova postrojenja kompenzacije.

Izrada dokumentacije inozemnog partnera, i domaćih projektanata je kasnila.

Ovdje smo se sreli s više problema. Projektantima su kompenzaciona postrojenja bila novo područje, projektiranje je došlo u intenzivnoj izgradnji i projektiranja niza objekata, tako da je bio problem kapaciteta projektnih organizacija i konačno u pogledu dobivanja i prikupljanja pojedinih dokumenata za dobivanje dozvole za građenje.

Uz glavne projekte za građevinski i elektrostrojarski dio trebalo je prikupiti slijedeću dokumentaciju:

— građevnu dozvolu postojećeg objekta.

— potvrdu komunalnog organa općine dane u smislu odredbe člana 163. Zakona o prostornom uređenju i korištenju građevinskog zemljišta (N. N. br. 14/73) da je dokumentacija izrađena u skladu s urbanističkim rješenjem (urbanističkim uvjetima građenja),

— ocjenu inspektora rada da je izrađena projektna dokumentacija u skladu s normativima zaštite pri radu,

— mišljenje SUP-a kojim se utvrđuje da su u navedenoj tehničkoj dokumentaciji predviđene propisane mjere i normativi zaštite od požara,

— dokaz o vlasništvu zemljišta (izvadak iz zemljišne knjige i kopiju katarskog plana),

— potvrdu SDK o osiguranim sredstvima,

— te uplati takse.

Na osnovi navedene investiciono-tehničke dokumentacije, dokumenata i ovjera projekata dobivena je građevna dozvola u rujnu 1976.

4. IZVOĐENJE RADOVA

Građevni radovi ustupljeni su poduzeću »Gramont«. Isporuka čelične konstrukcije »Dalekovoda« — Zagreb, a isporuka ALMg ograde »IMPOL-u« — TOZD MONTAL.

Radovi su započeli tek u veljači 1977, a završili u lipnju iste godine. Izvođenje elektromontažnih radova ustupljeno je poduzeću »DALEKOVOD«, Zagreb.

Na završnom dijelu montažnih radova prema ugovoru o isporuci opreme bio je prisutan i predstavnik isporučioca opreme.

Montažni radovi vršeni su od kolovoza do listopada 1977.

Uz više problema koji su se javili u toku ispitivanja i zatim povoljno riješeni javio se i problem u vezi mrežne tonfrekventne komande (MTK). Taj je problem ostao i danas, a sastoji se u slijedećem:

Za prekapčanje tarifa konzumnog područja distribucije iz TS 110/30 kV Resnik na 30 kV ugrađene su dvije MTK.

U toku ispitivanja kondenzatorskih baterija jedan uređaj MTK bio je u kvaru.

Za vrijeme malog opterećenja transformatora u pogonu su bile obje kondenzatorske baterije, tj. 20,3 MVAr, te su u momentu prebacivanja tarife pomoću MTK kondenzatorske baterije apsorbirale cijeli impuls i brojila u gradu nisu prebacila tarifu.

Ispitivanjem i razgovorima s predstavnicima distribucije (»Elektre«, Zagreb) i isporučiocima opreme MTK tvrtka LANDIS & GYR) konstatirano je da je MTK građen tako da može raditi ispravno samo ako kompenzacija u TS ne prijeđe po snazi 20% stvarnog opterećenja transformacije. U toku su mjerenja i rješavanja rekonstrukcije na uređajima MTK kako bi se eliminirao taj problem.

Svakako treba ga riješiti tako da kondenzatorska baterija može raditi kao izvor jalove energije sa punim kapacitetom 20,3 MVAr bez obzira na teret transformacije u TS 110/30 kV RESNIK, jer može ta energija biti prenesena 110 kV dalekovodima i u susjedna područja.

Ovdje je važno i istaknuti da je u toku priprema za izbor snaga kondenzatorskih baterija u pojedinim objektima od distribucije (»Elektre«, Zagreb) tražena i odbivena suglasnost za ugradnju kompenzacije u TS 110/30 kV Resnik ukupne snage 24 MVAr, što je više od ugrađene snage.

5. ISPITIVANJE I POTREBNA DOKUMENTACIJA ZA STAVLJANJE U EKSPLOATACIJU

Za tehnički pregled je trebalo izvršiti ili prikupiti:

— pregled Inspektorata rada da je objekt izveden po odobrenom postupku nije bio potreban. Naime, posjedovali smo rješenje na projektnu dokumentaciju od »Inspektora rada« da nije potrebno pokrenuti postupak;

— »Institut za sigurnost« izvršio je pregled izvedenih radova i dao atest da je objekat izveden po odobrenoj dokumentaciji. (po novom Zakonu o zaštiti od požara NN 52/77. to ne treba jer predstavnik SUP-a to ocjenjuje kao član komisije za tehnički pregled);

— tvorničke ateste odnosno protokole o ispitivanju za svu ugrađenu opremu;

Sva oprema je bila kvalitetno preuzimana kod proizvođača uz prisutnost naših predstavnika.

S obzirom na to da su to bili atesti i ispitni protokoli na stranom jeziku traženo je da se za iduće objekte izvrše nostrifikacije te dokumentacije.

— ateste za beton, čeličnu konstrukciju i pocinčanje,

— građevnu knjigu i građevni dnevnik;

— montažni dnevnik;

Radi ispravnosti izvršene montaže trebalo je dokazati zapisnicima da su obavljena sva ispitivanja i provjerene i podešene sve predviđene zaštite.

Izvršeno je mjerenje i kontrola da je spojeno uzemljenje postrojenja kondenzatorskih baterija sa postojećim uzemljivačem.

Radi ispitivanja funkcionalnosti i sigurnosti i dokaza kvalitete opreme u cijelosti nakon izvršene montaže izvršeno je slijedeće:

— ispitivanje smanjenih razmaka,

— ispitivanje kabela i kabelskih glava nakon montaže 86 kV istosmjernim naponom 15' po fazi prema JUS. NC. 5. 025/1976,

— ispitivanje funkcionalnosti u uvjetima ručnog i automatskog rada postrojenja,

— Vanjska kontrola da bi se uvjerilo da je sve besprijekorno montirano i da je u stanju spremnosti za uključenje,

— kontrola simetrije pojedinih faza kondenzatorskih baterija,

— mjerenja pojedinih kapaciteta svih ugrađenih kondenzatora nakon montaže mjernim mostom ASEA tip KA2. Rezultati su upisani u tabelu uz ispitne rezultate u tvornici, a služit će kao baza za kasnije usporedbe, kod mjerenja u slučaju kvara (proboja pojedinog kondenzatora u toku eksploatacije),

— ispitivanje izolacije baterija i postrojenja 30 kV izvršeno je montažnim induktorom Magger napona 5 000 V,

— podešenje i ispitivanje slijedećih zaštita: nadstrujne, nadnaponske, termičke, nesimetrije signal i izbacivanje obih baterija, tlačnog releja,

— provjera signalizacije od ukupno 10 signala (nesimetrije, ispadi, termičko itd.).

— mjerenja prenapona zbog sklapanja kondenzatorskih baterija. (ispitivao »Institut za elektroprivredu«),

Sva navedena ispitivanja obavljena su u prisutnosti predstavnika tvrtke »AEG«, isporučioca opreme.

Ovdje nisu dani niti komentirani posebno rezultati ispitivanja, jer će biti obrađeni u posebnom članku.

Na osnovi predočene dokumentacije, plaćene takse i pregleda, te ocjene komisije za tehnički pregled dobivena je 30. XII 1977. dozvola za upotrebu, od kojeg dana je i kondenzatorska baterija u pogonu.

LITERATURA

1. Dipl. ing. Markovčić B. Elaborati: Problem jalove snage i njena kompenzacija u mreži SRH (I i II dio) — Institut za elektroprivredu, Zagreb
2. Dipl. ing. Lastrić N. Elaborat: Kompenzacija jalove snage u visokonaponskoj mreži »Elektroprenosa«, Zagreb — I dio — »Izbor, vrste i veličine uređaja za kompenzaciju« — »Elektroprenos«, — Zagreb
3. Dipl. ing. Lastrić N.: Kondenzatorske baterije za kompenzaciju jalove energije u postrojenjima »Elektroprenosa«, Zagreb
Referat sa VI savjetovanja o prenosu električne energije u SFRJ (1976).
4. Dipl. ing. Lastrić N.: Ispitivanje kondenzatorskih baterija u transformatorskim stanicama »Elektroprenosa«, Zagreb
Referat za ovo (VII) savjetovanje
5. Dipl. tehn. Logarić T.: Način mjerenja jalove energije i snage u postrojenjima »Elektroprenost«, Zagreb u kojima je ugrađena kompenzacija sa sabirnicama srednjeg napona.
Referat sa VI savjetovanja o prenosu električne energije u SFRJ (1976)
6. Investiciono-tehnička dokumentacija.

Naslov pisca:
Branko Moritz, dipl. el. tehn.
»Elektroprenos« Zagreb

PROBLEMATIKA IMPREGNACIJE DRVENIH STUPOVA

Mladen Šicel, Zagreb

Prikazana je problematika impregnacije drvenih elektrovodnih stupova s osvrtom na dosadašnja iskustva i danas primjenjivane postupke.

DK 621.315.2

UVOD

Neke analize i praktična iskustva u distribuciji SR Hrvatske pokazali su da je prosječna dob trajanja impregniranih drvenih stupova ugrađenih u posljednjih petnaestak godina nedopustivo malena, tj. 6—8 godina, dok je to u velikom dijelu svijeta 15 i više godina.

Danas se drvo troši za razne namjene u velikim količinama, pa se procjenjuje da se u SFRJ godišnje posiječe oko 20000000 m³ drvene mase, što je približno jednako prirastu šumskog fonda. Ako se drvo u budućnosti ne bude racionalno iskorištavalo i svuda gdje je moguće primjenjivala zaštita protiv raznih vrsta štetočina, uskoro ćemo morati uvoziti znatne količine.

Nije potrebno posebno naglašavati što takav neracionalni način iskorištavanja šuma znači za cjelokupnu privredu SFRJ, pa se nužno nameće analiza uzroka ovakvog stanja.

Drvo koje se upotrebljava za elektrovodne stupove stalno je izloženo djelovanju štetnih vanjskih utjecaja, pa se brzo uništava jer mu se bitno mijenjaju svojstva.

Vanjski utjecaji mogu biti biološki ili kemijski. Biološki uzorčnici propadanja drva su razne vrste gljiva, kojima određeni sastojci drva služe kao hrana, te ga u povoljnim prilikama gotovo sasvim uništavaju i izmijene. Prema tome, gljive treba ubrojiti ili svrstati među najopasnije razarače svih vrsta i oblika drva.

Nešto manje su opasni insekti kojima također razni dijelovi služe kao hrana, jer oni napadaju najviše mekane dijelove drva.

Ako se želi vijek trajanja drvenih stupova produžiti, drvo se treba obraditi raznim kemijskim sredstvima koja su otrovna za gljive i insekte. Ta zaštita provodi se postupkom tzv. osnovne i dodatne impregnacije, koji će biti u nastavku detaljnije obrađeni.

Za izradu drvenih elektrovodnih stupova upotrebljavaju se ove vrste drveta:

a) lišćari: hrast, bagrem i kesten

b) četinari: bor, smreka, jela, i ariš.

Lišćari se ne moraju impregnirati, a za četinare je postupak impregnacije obavezan.

Među četinarima značajan je bor, koji u pogledu trajnosti, a naročito s obzirom na efikasnost i mogućnost provođenja impregnacije značajno nadmašuje sve ostale vrste.

Kako su kod nas, a i drugdje u svijetu borove šume manje zastupljenje, danas se pretežno za izradu stupova upotrebljava smreka i jela, iako su baš te dvije vrste s obzirom na mogućnosti provođenja impregnacije najnepogodnije.

Obje vrste imaju naime takvu anatomsku građu da kod određenog sadržaja prirodne vlage dolazi do promjena u strukturi stanice, a posljedica je zatvaranje prirodnih putova za ulaz otopine konzervansa dublje u unutrašnjost drva.

OSNOVNA IMPREGNACIJA STUPOVA

Osnovna impregnacija stupova provodi se u 90% slučajeva kod smrekovih i jelovih stupova u odnosu na borove kojih ima oko 10% kod ukupnih količina.

Zaštitna sredstva kojim se danas impregniraju stupovi jest smjesa na bazi anorganskih soli, a najpoznatija sredstva danas u Evropi su Wolmanit CB i Bazelit CFK.

Wolmanit CB ima ove karakteristike: 13 dijelova kroma, 8,4 dijelova bakra, 4,3 dijelova bora.

— pH područje vodene otopine kreće se od 2,2 do 4,

— najmanja moguća koncentracija soli Wolmanit CB za impregnaciju iznosi 4%, a najmanja količina upijanja otopine soli za smreku i jelu 190 kg/m³ mjereno na vlagi nakon impregnacije ili 210 kg/m³ mjereno vodomjerom,

— maksimalna topljivost Wolmanita CB u vodi temperature 20°C iznosi 20%,

— temperaturno područje kod otapanja Wolmanita CB kreće se od 15 do 50°C, a kod impregnacije temperatura se smije kretati od 5 do 30°C,

— maksimalni iznos netopljivog dijela računajući na cijelu količinu soli 1%.

Najmanja dozvoljena količina upijanja suhe soli Wolmanita DC na m³ kod jelova i smrekova drveta iznosi 8,5 kg/m³ mjereno vodomjerom, a 7,4 kg/m³ mjereno vagom.

Karakteristike soli Bazilita CFk su slijedeće: 25,2 dijela kroma, 8,17 dijela bakra, 14,65 dijela fluora.

— pH područje vodene otopine iznosi 3—4,

— minimalna količina upijanja 3%-tne otopine

Bazilita CFk pri zaštiti stupova iznosi 190 kg/m³ mjereno vagom, što se dobiva vaganjem impregniranih stupova ili 210 kg/m³ prema podacima iz vodomjera,

— minimalna moguća koncentracija vodene otopine Bazilita CFk za impregnaciju stupova iznosi 3%,

— topljivost soli pri temperaturi 5°C iznosi 20%,

— temperaturno područje otapanja soli može biti od 5 do 40°C, a kod impregnacije stupova 5-30°

— maksimalni netopljivi ostatak prilikom otapanja u vodi s obzirom na cijelu količinu iznosi 2%,

— minimalna dozvoljena količina upijanja soli za smrekove i jelove stupove iznosi 6,3 kg/m³, a 5,7 kg/m³ iz dodataka dobivenim vaganjem.

Koncentracija vodene otopine Wolmanita CB za impregnaciju smreke i jele mora iznositi od 4,5 do 5%, a za impregnaciju ariša i bora 4%.

Otopina konzervansa upija uglavnom tzv. bjeljika, koja je kod smreke i jele dosta tanka, a osim toga prilikom obrade stupova najveći dio bjeljike se ukloni, pa prodor ili penetracija konzervansa iznosi oko 1 cm.

Impregnacija borovih i arišovih stupova izvodi se po postupku punog upijanja prema dijagramu toka koji je prikazan na sl. 1, a impregnacija smrekovih i jelovih stupova prema sl. 2.

Kod postupka impregnacije prirodna vlaga izvlači se na principu vakuuma, a zatim se pod pritiskom ubrizgava konzervans.

Drveni stupovi su najugroženiji u zoni zemlja — zrak, pa se do danas u svijetu na tom dijelu stupa izvede pojačana zaštita, gdje se radi dubljeg prodiranja konzervansa stupovi buše, tj. perforiraju.

Poznata su dva načina perforiranja:

a) postupak vrtenja sitnih rupa,

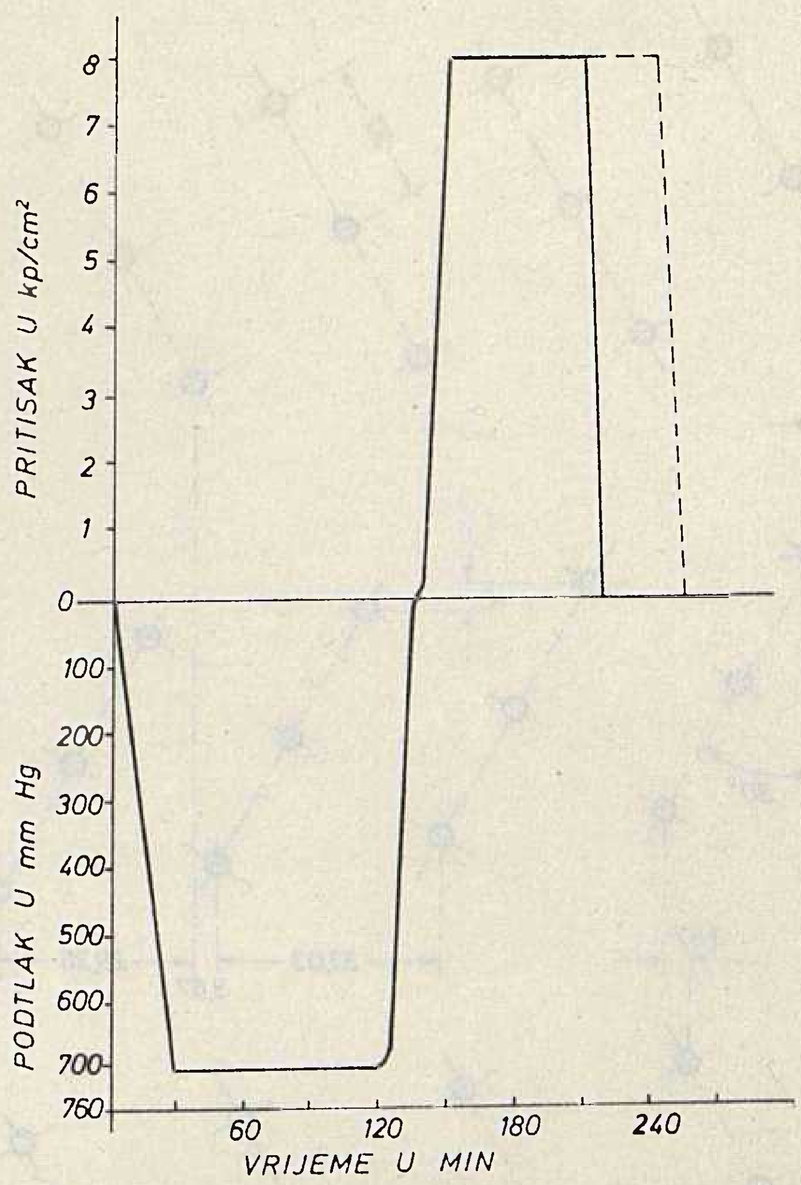
b) postupak ubadanja noževa.

a) Kod postupka vrtenja sitnih rupa stup se na dužini od otprilike 90 cm u zoni zemlja — zrak izbuši sitnim svrdlima ∅ 3 mm i dužine 3-4 cm. Kod ovog načina točno je propisano na kojim mjestima se rupe mogu bušiti s obzirom na duljinu stupa, što se vidi na sl. 3.

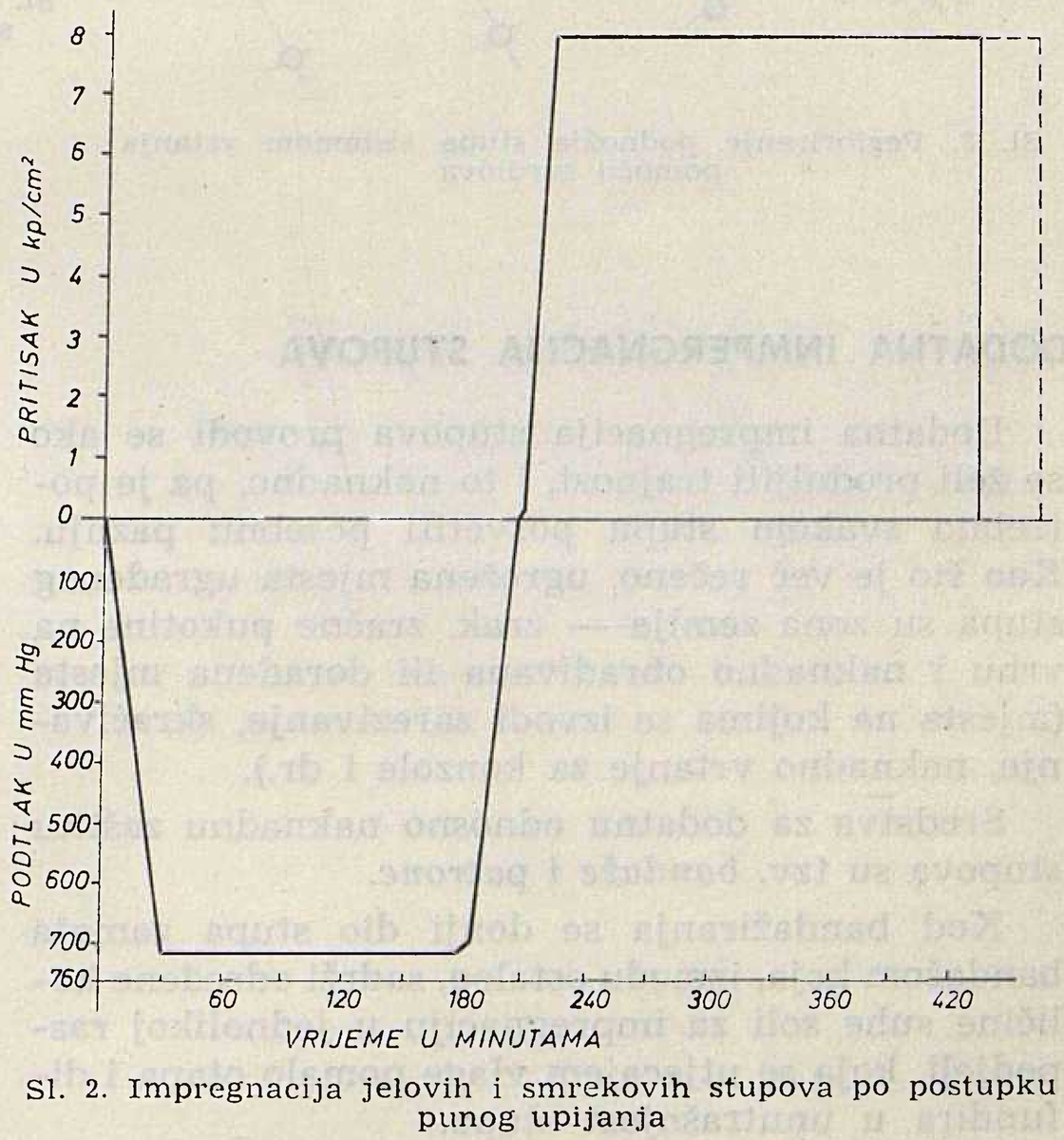
Perforirana zona mora biti 40 cm iznad zemlje, a ostatak u zemlji, a penetracija otopine konzervansa iznosi na perforiranim mjestima oko 4 cm. Stup tim postupkom nije mehanički oslabljen kao što su pokazala testiranja u Švicarskoj i SR Njemačkoj.

b) Kod sistema ubadanja pomoću posebno konstruiranih noževa vrši se ubadanje okomito na os stupa, ali u smjeru vlakanaca, kao što je shematski prikazano na sl. 4.

Dužina uboda iznosi 3 cm, dubina također 3 cm, a razmak između uboda u okomitom i vodoravnom smjeru točno je određen. Duljina perforirane zone na stupu iznosi 90 cm, a pri tome je 40 cm zone



Sl. 1. Impregnacija borovih i arišević stupova po postupku punog upijanja



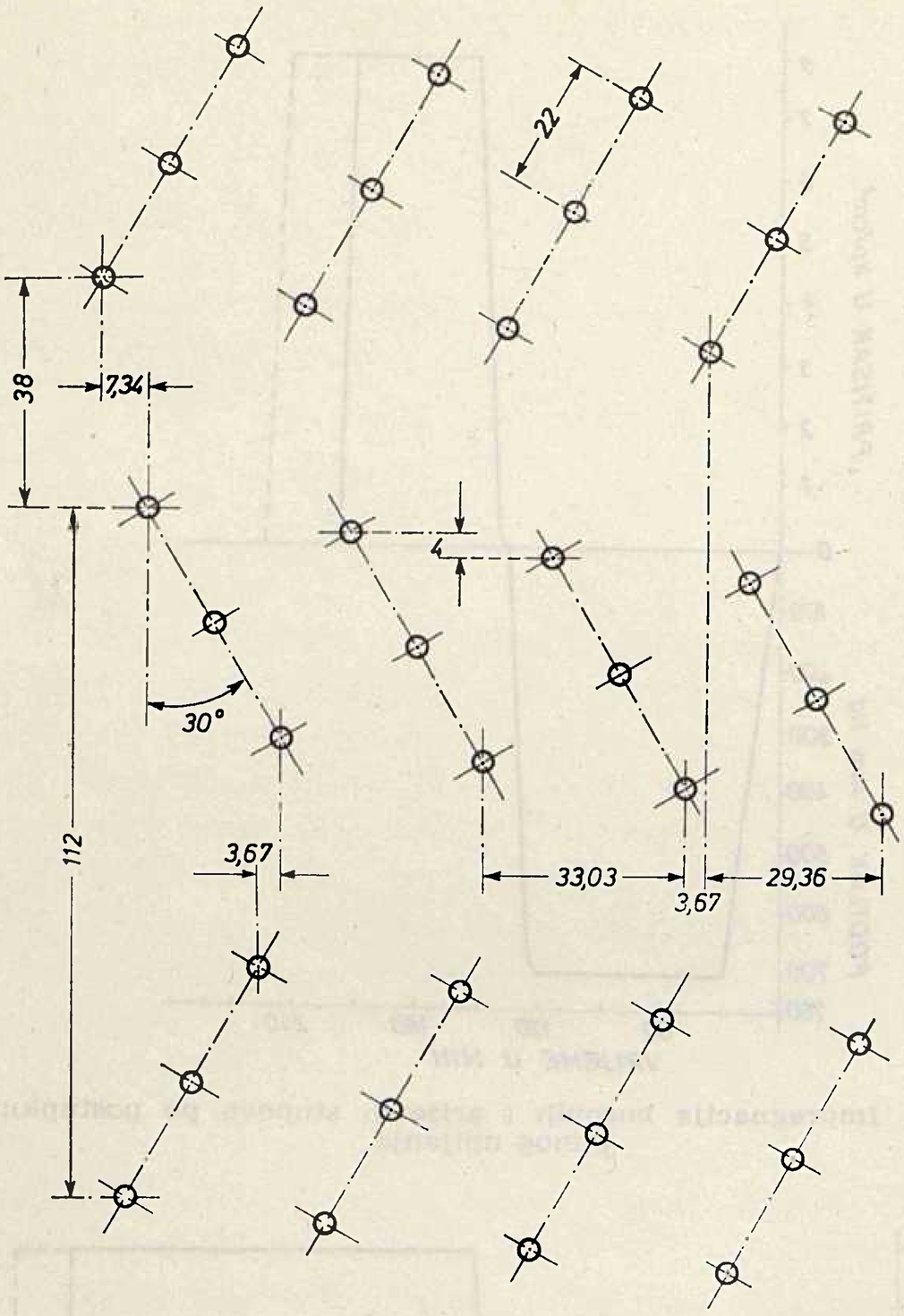
Sl. 2. Impregnacija jelovih i smrekovih stupova po postupku punog upijanja

iznad zemlje, a ostatak u zemlji. Tim načinom postiže se prodiranje otopine konzervansa do dubine 3 — 4 cm, što ovisi o dubini uboda.

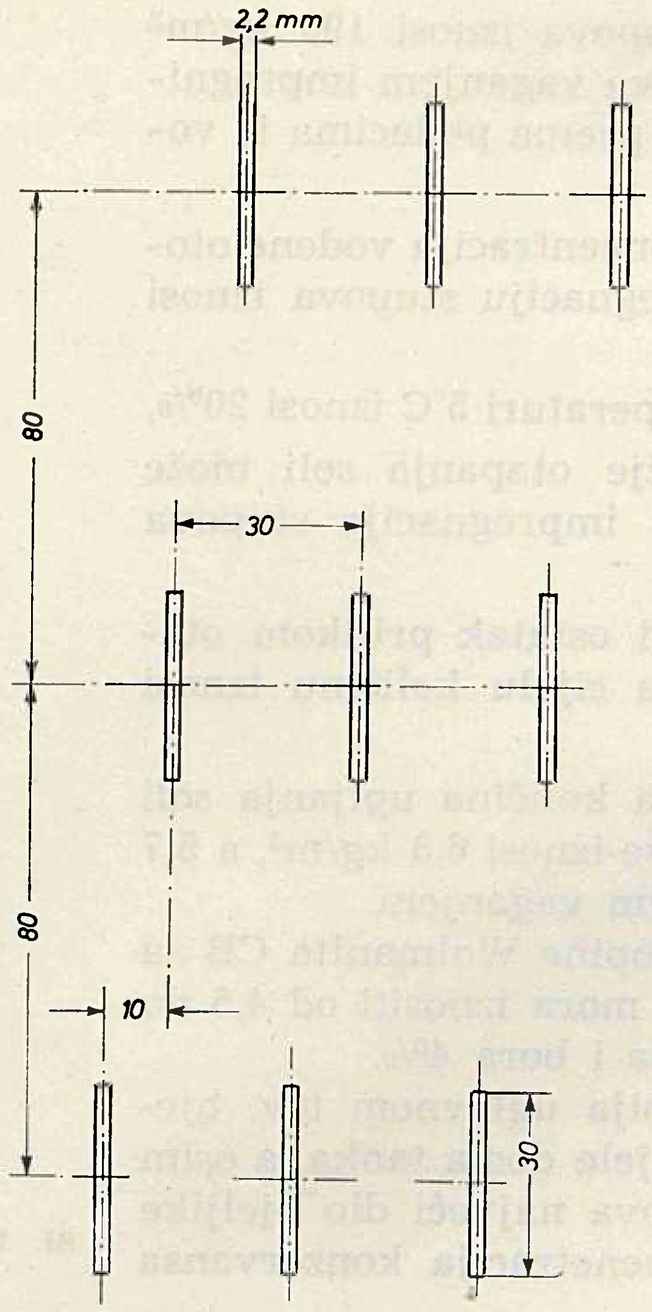
Izgled tako dorađenog stupa dan je na sl. 5.

Ovakvim postupkom postiže se sasvim zadovoljavajuća zaštita stupova u području zemlja — zrak, tj. baš na onom mjestu koje je najosjetljivije i najviše izloženo djelovanju uzročnika truleži.

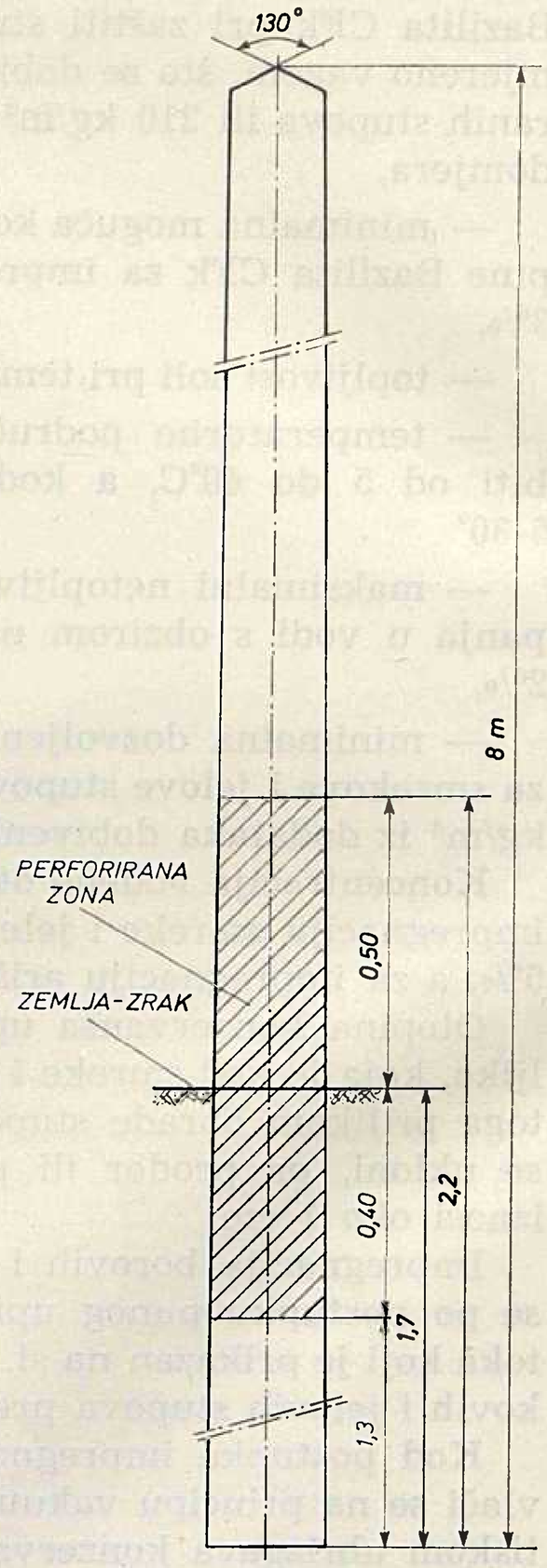
SR Njemačka i Švicarska su propisale garanciju od 12 godina za trajnost stupova ugrađenih u zemlju, a impregnirani su ovakvim postupkom.



Sl. 3. Perforiranje podnožja stupa sistemom vrtanja pomoću svrdlova



Sl. 4. Perforiranje podnožja stupa sistemom ubadanja



Sl. 5. Izgled stupa

DODATNA INMPERGNACIJA STUPOVA

Dodatna impregnacija stupova provodi se ako se želi produljiti trajnost, i to naknadno, pa je potrebno svakom stupu posvetiti posebnu pažnju. Kao što je već rečeno, ugrožena mjesta ugrađenog stupa su zona zemlja — zrak, zračne pukotine na vrhu i naknadno obrađivana ili dorađena mjesta (mjesta na kojima se izvodi zarezivanje, skraćivanje, naknadno vrtanje za konzole i dr.).

Sredstva za dodatnu odnosno naknadnu zaštitu stupova su tzv. *bandaže i patrone.*

Kod bandažiranja se donji dio stupa zamata bandažom koja, između ostalog, sadrži određene količine suhe soli za impregnaciju u jednolikoj raspodjeli, koja se utjecajem vlage pomalo otapa i difundira u unutrašnjost stupa.

Mnogo jednostavniji i jeftiniji je postupak patroniranja, koji se sastoji u tome da se na donjem dijelu stupa izbriše po određenom sistemu rupe ∅ 1 cm dubine 5-6 cm i u te rupe se uguraju štapići od prešanog konzervansa. Konzervans u štapićima se posredstvom okolne vlage otapa i difundira u unutrašnjost stupa.

Obično se na stupu izbuši 4-5 rupa i pri tome je uvijek po jedna iznad zemlje. Taj postupak se može izvesti prilikom ugradnje stupova, a prednost mu je u tome da se patrone mogu lako nadomjestiti kad se istroše, a osobito ona iznad zemlje.

Ako bi se još vrha stupa zaštitio jednim za vodu nepropusnim i elastičnim premazom da se spriječi pucanje i ulaz vode u stup i kad bi se sva naknadno oštećena mjesta te naknadno ispiljena mjesta (npr. pri izradi A-stupa ili pri izradi potpornih nogara i sl.) ponovno prije ugradnje zaštitile jednim efikasnim sredstvom, mogla bi se očekivati i trajnost duža od 25 godina.

Potrebno je naglasiti da postoji još postupak impregnacije stupova po tzv. *Bušeri-metodi,* koji se danas više ne upotrebljava iako se pokazao vrlo kvalitetnim.

Taj se postupak zasniva na pojedinačnoj impregnaciji stupova, dok ostali postupci omogućuju obradu cijele serije — šarže stupova. Zbog toga je i izbačen iz upotrebe.

Stupovi impregnirani po svim navedenim postupcima trebaju odležati najmanje 28 dana prije ugradnje da bi se sol fiksirala.

Organiziranu zaštitu drveta u Jugoslaviji danas ima samo željeznica, pošta i djelomično elektroprivreda.

Najefikasniju zaštitu za sada provodi željeznica, koja strogo kontrolira pragove, tako da se gotovo svaki prag od sječe pa sve do ugradnje u prugu, a za što postoje posebne komisije — nadzorni organi koji su locirani u pogonima impregnacije.

Pošta, također ima dobro organizovanu kontrolu i u zaštiti uglavnom postiže relativno dobre rezultate, koliko je to uz današnju tehnologiju moguće.

Distribucija u SRH upotrebljava uglavnom impregnirane, tj. zaštičene stupove, no kako su se organizacije do sada pojavljivale individualno, nije postojala praktički nikakva kontrola i nadzor.

Zbog toga su distributivne organizacije u okviru Stručnog savjeta za distribuciju formirale Komisiju za impregnaciju stupova, koje je angažirala Institut za drvo kao stručnog konzultanta.

Aktivnost komisije obuhvaćala je ove djealtnosti:

1. izradu internih propisa o impregnaciji, koji su u završnoj fazi i pred usvajanjem na Stručnom savjetu za distribuciju;

2. davanje primjedbi na nove propise JUS D. T 4025 o impregnaciji stupova koji su u toku izrade;

3. iniciranje zajedničkog sastanka predstavnika distributera iz cijele Jugoslavije, a u okviru ZJE o zauzimanju zajedničkog stava po pitanju JUS - - propisa;

4. razmatranje problema opskrbe domaćih impregnacija sirovim stupovima iz uvoza, te pokretanje zajedničke akcije za interventni uvoz stupova preko ZJE, Savezne privredne komore i Komiteta za šumarstvo i poljoprivredu;

5. obilazak pogona impregnacije u Dravogradu i Karlovcu;

6. razmatranje ponude za izgradnju pokusnog postrojenja za ispitivanje tehnološkog procesa impregnacije u pogonu Karlovac;

7. konzultacije i dogovori s distributivnim organizacijama radi prihvaćanja Instituta za drvo kao nadzornog organa u preuzimanju stupova;

8. priprema za obilazak Komisije najpoznatijim pogonima impregnacije u Švicarskoj i SR Njemačkoj radi upoznavanja s najnovijim tehnološkim postupcima te i drugi operativni poslovi koji proizlaze iz programa rada.

Ovdje je potrebno istaći da je Stručni savjet za distribuciju na svojoj 9. sjednici održanoj 2. i 3. III 1978. u Osijeku, odao priznanje radu Komisije, koji je ocijenjen vrlo pozitivno.

ZAKLJUČAK

Promatrajući ovaj problem s aspekta elektroprivrede, a posebno distribucije, može se konstatirati da cijena stupa sudjeluje s 10% na cijenu radova koje je potrebno izvesti kod zamjene stupova, pa se može kvantificirati ušteda koja bi nastala u troškovima jednostavne reprodukcije ako se uspije vijek trajanja stupova produljiti na dvostruko, tj. od 7 na 14 godina.

Procjenjuje se da se godišnje u distribucije SRH ugradi oko 40000 komada stupova, a ako se uzme da prosiječna cijena stupova iznosi oko 700-1000 d., a da radovi oko izmjene stupa i priključaka iznose oko 7000 — 10000 d., onda se može reći da godišnja ušteda iznosi 28 — 40 mln d. ili 2,8 — 4 mlrd starih dinara.

Nadalje zna li se da su betonski nogari uvedeni da bi se produžio vijek trajanja stupova i da je cijena nogara približno jednaka cijeni stupa, dolazi se do zaključka da se danas u mnogim mrežama ugrađuje umjesto jednog čak dva do tri stupa s obzirom na potrebnu cijenu. Treba još napomenuti da je rad s betonskim nogarima nepraktičan jer iziskuje upotrebu mehanizacije, a radnici su izloženi opasnostima od ozljede zbog relativno velike težine (oko 170 kg).

Isto tako treba naglasiti da je u praksi bilo slučajeva lomova stupova na kojem su radnici obavljali montažu, pa je dolazilo i do ozljeda na radu, što opet zaoštrava odgovornost rukovodećeg osoblja s obzirom na one nalaze energetskih i drugih inspekcija koji se odnose na kvalitetu impregnacije.

Prema svemu navedenom evidentno je da će se ovim pitanjima u vrlo skoroj budućnosti posvetiti mnogo veća pažnja, na što navode osnovni postulati optimalnog i racionalnog ponašanja u elektroprivrednom sistemu, pa je nužno pronaći kvalitetan tehnološki proces impregnacije drvenih stupova te uspostaviti konstantnu kontrolu.

Produljivanjem trajnosti ugrađenih stupova postigla bi se višestruka dobit. Smanjila bi se time znatno potrošnja stupova, što je neobično važno za očuvanje šuma a eliminirao bi se sasvim i uvoz stupova, dok bi održavanje vodova bilo znatno jeftinije.

Prema tome, cjelokupna distribucija mora tražiti da se što prije formiraju JUS - standardi za impregnaciju stupova, da se obavezno traži uvođenje postupka perforiranja stupova u zoni zemlja — zrak, da se obavezno vrši naknadna zaštita bandažiranjem ili patroniranjem i, konačno, zaštita vrhova, kao i svih naknadno oštećenih mjesta stupova posebno propisanim postupcima.

LITERATURA

1. Prijedlog internih propisa za impregnaciju stupova u distribuciji SRH — Institut za drvo — Zagreb
2. JUS-P.T4 025 — impregnacija stubova za vodove rastvorima soli
3. Radni materijal: Komisije za stupove stručnog savjeta za distribuciju pri ZEOH

Naslov pisca:
Mladen Šicel, dipl. ing.
Zajednica elektroprivrednih org. SRH

Širom svijeta

PRIJENOS ISTOSMJERNOM STRUJOM U SAD

Od granice Kanade do Novog Meksika u podnožju Stijenjaka nalaze se rezerve ugljena. Zbog sve veće potrebe velikih sjeveroistočnih industrijskih područja za energijom, SAD su opet svratile pažnju na mogućnost iskorištavanja tih zaliha.

Računi su dali prednost proizvodnji električne energije u termoelektranama na ugljenokopima uz prijenos istosmjernom strujom do potrošača. Mogućnost prijevoza ugljena do potrošača i plinofikacija pa prijenos plinovodima otpali su kao nerentabilni.

Prvi visokonaponski vod + 250 kV, 1 000 A izgrađen je 1976. godine. Tiristori su hlađeni zrakom, a transformatori su 12-fazni.

Drugi sistem + 400 kV, 2 500 A projektiran je po principu ASEA, a tiristori će se hladiti vodom.

Jedan od glavnih razloga uvođenja prijenosa strujom visokih napona u SAD jest povezivanje velikih elektroenergetskih sistema radi moguće ispomoći i maksimalne moguće stabilnosti sistema.

Pokušaj povezivanja jednih od najvećih sistema visokonaponskim vodovima izmjenične struje za vršna opterećenja 110 MW nisu uspjeli zbog dugih i vrlo opterećenih vodova.

Misli se da će prijenos istosmjernim strujama najviših napona u budućnosti omogućiti prijenos sa zapada na istok mnogo većih snaga nego što je to sada slučaj. Isti sistem omogućit će i sezonske prijenose viškova električne energije iz područja u područje.

S obzirom na zaštitu čovjekove okoline vodovi istosmjerne struje najviših napona mogli bi se u budućnosti koristiti koridorima visokonaponskih vodova izmjenične struje.

Prema L'Energia Elettrica 11/1977.

B. Mr.

KORIŠTENJE OTPADNIH TOPLIH VODA TERMOELEKTRANA ŠVICARSKE

U Zürichu, Bazelu, Bernu, Lozani, Genevi, a i u drugim manjim mjestima u pogonu su toplovodi. Za sada je to 2% švicarskih potreba za lokalnim grijanjem. Kod toga se iz toplovoda grije 20% Bazela, a 4% Züricha. Kada bude u pogonu TE Aubrugg sa 120 MW imat će Zürich daljnjih 400 Gcal/h na raspolaganju, dovoljno za grijanje grada od 160 000 stanovnika.

U radu je studija korištenja otpadne topline NTE Beznav I i II za potrebe 100 000 stanovnika na područje: Aar, Limmat, Brugg i Dietikona. Zanimljivo je da bi se za potrebe vršnih opterećenja kao gorivo za kotlove koristilo gradsko smeće.

Primjena toplovoda je dugotrajna i skupa investicija. TE, a posebno NTE, od kojih bi se koristila otpadna topla voda, daleko su od gradskih naselja, pa su potrebni dugi dobro izolirani toplovodi, a potrebne su rezervne kotlovnice u slučaju obustave rada elektrana.

Jedan od razloga sve većeg grijanja iz mreže toplovoda je i prestanak rada brojnih lokalnih dimnjaka, dakle zaštita čovjekove okoline. Umjesto njih bili bi to veliki dimnjaci daleko od gradskih naselja na kojima je mnogo lakše ugraditi djelotvorne filtere.

Prema L'Electricite 3/1977.

B. Mr.

SUHI TRANSFORMATORI U ARALDITU

Jedna francuska tvornica proizvodi distributivne suhe transformatore učina do 10 MVA, dakle bez ulja i metalnog kotla.

Izolacija je cijev araldita pod tlakom; tako se izbjegavaju pukotine i mjehuri i osiguravaju dobre električne karakteristike.

Tako izgrađeni trafoi mogu se bez ikakve zaštite izravno ukopati u zemlju. Takav trafo od 10 kVA teži oko 100 kg.

Godišnje proizvode oko 10 000 komada takvih transformatora, a sada je u pogonu oko 100 000 jedinica, osim u Francuskoj i u SAD, Japanu i Africi.

Jedna od primjena je javna rasvjeta gdje se ukopavaju, Mogu se ugrađivati i po katovima nebodera i tako izbjeći skupe i komplicirane glavne vodove.

U Francuskoj ih upotrebljavaju za parkirališta, autoceste, cestovne petlje, tračnice, bolnice, sportske dvorane, itd. Samo na dva aerodroma u Parizu ugrađeno je 3700 komada takvih trafoa.

Prema CIBA — GEIGY 1/1977.

B. Mr.

PLINSKA TURBINA S GORIVOM UGLJENOM

American Electric Power sa Stal Laval Turbin AB — Švedska i Babcock & Wlicox — Engleska ispituju mogućnost primjene plinovitih turbina s gorivom ugljenom u mreži AEP-a.

Radi se o prilagodbi plinske turbine Stal Laval GT 120 s tekućeg goriva. Turbina je snage od 66 MW, a 116 MW se može iskoristiti u kombinaciji izlazni plinovi — kotao.

Ipak je glavna prednost te plinske turbine da primjenjuje ugljen s vrlo velikim količinama sumpora uz minimalne količine SO_2 u ispušnim plinovima.

U projektu je također predviđeno kemijski izdvajanje sumpora.

Prema EI 4/1977.

B. Mr.

NOVI PROJEKTI U KORIŠTENJU GEOTERMIJE ISLANDA

Nacionalno poduzeće za energiju Islanda predviđa dalje korištenje geotermijskih izvora za grijanje stanova. Dok se danas 46% stanova zagrijava iz geotermijskih izvora, prema planu bi se do 1978. godine prešlo na takvo zagrijavanje 68% stanova, a 1985. godine na 77%.

Specijalnim bušilicama za bušenje na velike dubine, koje su dopremljene iz Teksasa, pronađeni su novi izvori tople vode temperature oko 100°C.

Tokom godine zagrijavala bi se polovina kuća na otoku Vestman pomoću topline dobivene od lave. Lava potječe od erupcije 1973. godine (kada je evakuirano 5 000 stanovnika), a pokrivena je slojem od 10 — 16 m pepela. U otvore od 2 m utaknute su cijevi putem kojih se zagrijava voda na 90°C. Za sada je to dovoljna količina za potrebe bolnice u mjestu Vestmannaeyiar i za 1 000 stanova.

Grijanje stanova geotermijskim izvorima jeftinije je za 40% od klasičnih načina grijanja (na Islandu uglavnom nafta). Računa se da u 23% kuća na Islandu takvo grijanje nije ekonomično zbog velike udaljenosti kuća od izvora.

Da omogući taj plan, vlada je uvela dodatni porez od 1% na sve djelatnosti u zemlji, i prve godine ostvarila fondove od 4 milijuna SAD $.

Prema E.N.R. od 26. 4. 1977.

B. Mr.

GEOTERMIČKE MOGUĆNOSTI KALIFORNIJE

Prema US Geological Survey geotermički potencijal SAD procijenjen je na 450 000 MW, a od toga je 46 000 MW tehno-ekonomski iskoristivo.

U Kaliforniji, oko 150 km sjeverno od San Franciska, u području The Geyers u pogonu je 11 grupa sa 502 MW.

U gradnji su 4 grupe sa 406 MW koje bi trebalo da budu u pogonu 1979. godine, a Pacific Gas Electric Co odobrena je gradnja dviju geotermijskih elektrana u istom području, od po 110 MW svaka u iznosu od 40 milijuna SAD $.

Njihovom izgradnjom do 1980. godine iznosila bi instalirana snaga 1 128 MW, što je 7% potražnje energije centralne Kalifornije.

Prema E.N.R. od 8. 9. 1977.

B. Mr.

HE PUEBLO VIEJO — QUIXAL GUATEMALA

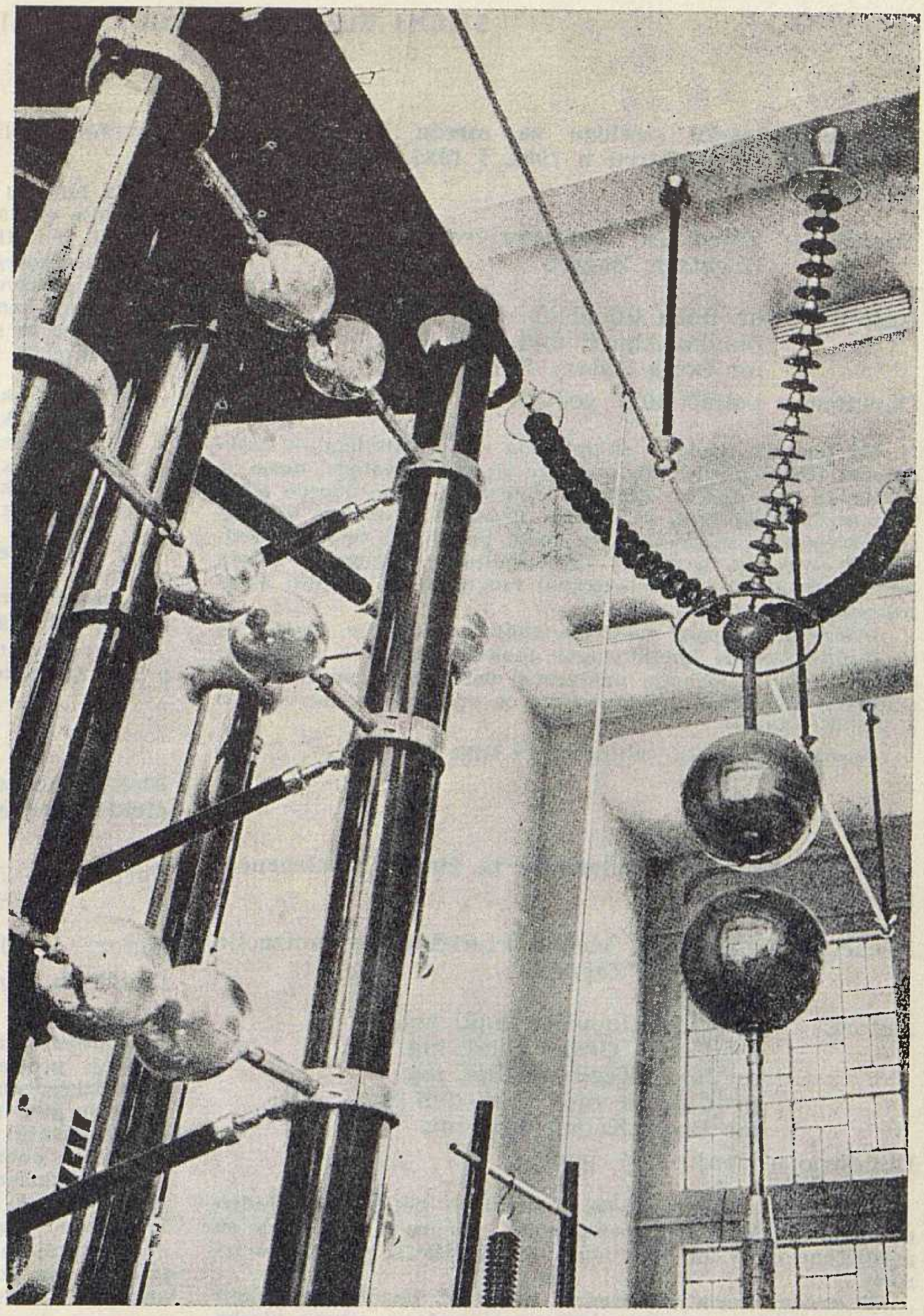
Državno poduzeće za elektrifikaciju Guatemale naručilo je od konzorcija LAMI projektiranje i nadzor na izgradnji HE Pueblo Viejo — Quixal (konzorcij LAMI sastavljen je od američke tvrtke IECO, Lahmeyer International iz SR Njemačke i Motor Columbusa iz Švicarske).

Ova hidroelektrana zamišljena je na dvostrukom zavoju rijeke Chixoy, sa nasutom branom visine 105 m, s dovodnim tunelom dugim 26 km i sifonom kod prijelaza rijeke. Visinska razlika iznosi 510 m.

Predviđa se ugradnja 5 grupa turbina-generatora od po 60 MW uz trošak od 200 SAD $.

Prema Water Power & Dam Construction 9/1977.

B. Mr.



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1977. GOD.

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već dvadeset i pet godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema jugoslavenske i hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito valja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetskih sistema uspoređivanjem vrijednosti elektrana, stalni rad na studiji perspektivnog razvoja jugoslavenske mreže visokog i najvišeg napona, te rad na analizi potrošnje i drugim problemima razvoja razdjelnih mreža.

Osim rada na užoj problematici razvoja elektroenergetskog sistema, razvio se rad na tehnološkim elementima termoenergetike, te u tehnici visokog napona. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u zemlji. Posljednjih godina ubrzano se razvija i studij automatizacije u elektroprivredi.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutarnoj organizaciji, u nekoliko posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske sistema i ekonomsku problematiku
Studijska radna jedinica za prijenosne mreže
Studijska radna jedinica za razdjelne, visokonaponske, n.n. mreže i za projektiranje
Studijska radna jedinica za automatizaciju i regulaciju
Studijska radna jedinica za termoenergetske sisteme
Studijska radna jedinica Zavod za visoki napon i jaku struju.

U daljenjem tekstu su prikazani važniji radovi iz djelovanja pojedinih grupa u 1977. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Elektroenergetske podloge za mrežu SR Hrvatske za daljnju persprektivu u 1984. i 1985. godini i godišnji gubici

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Slavko Alarić, dipl. ing.
mr Boris Kalan, dipl. ing.

Dovršeno u veljači 1977. godine.

Na temelju ugovora sklopljenog s naručiteljem — Zajednicom elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske, došlo je do izrade ove studije. Zadatak studije je da se odrede elektroenergetske podloge za mrežu Hrvatske za prilike u elektroenergetskom sustavu u 1984. i 1985. godini. Na temelju predviđene potrošnje u 1984. i 1985. godini i definiranih izvora (hidroelektrana i termoelektrana) mogle su se odrediti elektroenergetske bilance.

Proračun ukupnih godišnjih gubitaka energije izveden je na osnovi metode koeficijenata gubitaka. Ukupni gubici računati za dvije lokacije nuklearne elektrane u promatranim godinama poslužili su kao osnova za određivanje povoljnosti pojedine lokacije.

Opseg: 39 stranica, 30 tablica i 1 slika.

Osnovni elaborat metodologije za izradu elektroenergetske bilance

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: dr Božo Udovičić, dipl. ing.
mr Goran Granić, dipl. ing.
dr Juraj Keglević, dipl. ing.
prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
mr Boris Kalan, dipl. ing.

Dovršeno u lipnju 1977. godine.

U studiji su tri osnovna poglavlja u kojima je obrađen problem godišnje elektroenergetske bilance i u kojima su predložene nove metode, odnosno poboljšanja za njezinu izradu.

U prvom poglalju obrađuje se nacrt Metodologije, koji obuhvaća obradu ulaznih podataka (potrošnju, rokove ulaska u pogon novih objekata, korištenje akumulacijskih bazena, obradu moguće proizvodnje hidroelektrana, kriterij za angažiranje termoelektrana, remont agregata, potrebnu rezrevu i sigurnost opskrbe potrošača).

Predložen je način predviđanja i raspored potrošnje električne energije po mjesecima za iduću godinu. Zatim je načinjena komparacija »računskih« mogućih proizvonji hidroelektrana s ostvarenom proizvodnjom u proteklom razdoblju. Na temelju te usporedbe načinjeni su korekcijski faktori i proveden proračun za »korigiranu računsku« moguću proizvodnju.

U drugom dijelu studije načinjena je i razrađena Jednostavna metoda planiranja korištenja sezonskih akumulacijskih bazena, koja zamjenjuje do sada upotrebljavanu veoma složenu metodu.

U trećem dijelu studije opisana su poboljšanja u metodi konstantne i varijabilne energije i snage za određivanje iskorištenja energije i snage termoelektrana, te za određivanje potrebnog opterećenja i proizvodnje termoelektrana u elektroenergetskom sistemu.

Opseg: 110 stranica, 32 tablice i 51 slika.

Vrijeme korištenja blokova TE Sisak

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Slavko Alerić, dipl. ing.

Dovršeno u lipnju 1977. godine.

Na temelju predviđanja potrošnje električne energije za razdoblje od 1983. do 1990. godine izvršit će se uklapanje TE Sisak I, II i III u elektroenergetski sustav Hrvatske.

Elektroenergetske bilance će se načiniti tako da se može odrediti proizvodnja svakog agregata u TE Sisak. Na temelju proizvodnje može se odrediti i potrebna potrošnja goriva.

Analize će se provesti uz različite postotke tehničkog minimuma u TE Sisak:

a) TE Sisak I, II i III — tehnički minimum 70%
b) TE Sisak I i II — tehnički minimum 70%
   a TE Sisak III — tehnički minimum 35%
c) TE Sisak I i II — tehnički minimum 50%, a
   TE Sisak III — minimum 30%
d) TE Sisak I, II i III — tehnički minimum 30%

U studiji će se dati raspon potrebnog goriva za TE Sisak od minimuma do maksimuma, ovisno o hidrološkim prilikama, kao i komentar o prilikama u sastvu za slučaj ograničene količine goriva.

Opseg: 56 stranica, 4 slike i 527 stranica dokumentacijskog priloga (protokol elektroničkog računala).

Elektroenergetska analiza mogućnosti proizvodnje i elektroenergetske vrijednosti HE Orlovac

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: dr Božo Udovičić, dipl. ing.

Dovršeno u veljači 1977. godine.

Hidroelektrana Orlovac projektirana je za srednji višegodišnji prosjek od 30,9 m^3/sek, a izgrađena za 24,8 m^3/sek (nije izgrađeno zahvaćanje voda retenzije Čaparazlije) pri čemu su gubici vode računati 2,1 m^3/sek.

Na temelju podataka o postocima i o proizvedenoj količini električne energije zaključilo se da ukupni gubici vode u hidroenergetskom sistetmu znatno veći od planiranih. Da bi se to dokazalo provedene su elektroenergetske analize kojima je dokazano da su prosječni godišnji gubici vode 6—8 m^3/sek.

U studij je određena i vrijednost pokretnih ulaganja za smanjivanje gubitaka svakog m^3/sek vode, kao i vrijednost ulaganja u retenziju Čaprazlija.

Opseg: 23 stranice, 13 tablica i 1 slika.

Osnovna rješenja i problemi hardwarea i softwarea procesnih računala

Naručioci: Elektroslavonija, Osijek, Elektroprivreda, Rijeka, Elektroprijenos, Matulji, Elektroprivreda Dalmacije, Elektroprijenos, Split, Elektroprivreda, Zagreb, Elektroprijenos, Zagreb.

Autori: dr Josip Lakota, dipl. ing.
Branko Jeren, dipl. ing.

Završeno u srpnju 1977. godine.

U radu je prikazano mini-računalo te njegove specifičnosti, posebno u procesnoj primjeni. Prezentirana su osnovna rješenja hardwarea, s posebnim naglaskom na računalima familije PDP-11 proizvodnje DEC (Digital Equipment Corporation). Obrađen je software opće namjene. Osim programa kategorije system utility te softwarea vezanog uz programske jezike dan je pregled operacionih sistema familije računala PDP-11, s posebnim naglaskom na familiju operacionih sistema RSX-11 za multiprogramske primjene u realnom vremenu. Zatim je obuhvaćen, u kratkim crtama,

skup softwarea DEC net koji, dodan raznim operacionim sistemima proizvođača DEC, omogućuje komunikaciju među udaljenim računalima. Također je u kratkim crtama, obuhvaćena i problematika mikroprocesora i mikroračunala.

Opseg: 147 stranica, 38 slika, 50 literaturnih izvora.

Razvitak opskrbe energijom SR Hrvatske 1961—1971

Naručitelj: Republički fond za znanstveni rad u Zagrebu, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb, INA-Industrija nafte, Zagreb

I dio — *Energetske bilance SR Hrvatske*

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
dr Božo Udovičić, dipl. ing.
Ivan Šimurina, ing.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

»Energetske bilance« predstavljaju završnu studiju višegodišnjeg razvojnog rada na području kompleksnog bilanciranja, počevši od razrade metodologije do utvrđivanja potrošnje energije na nivou republike ili na nivou nekog od 18 odabranih područja.

U prvom poglavlju pod naslovom Općenito o energetskim bilancama detaljno se obrađuje metodologija izrade energetskih bilanci, kako sa slučajevima koji se sada pojavljuju u našoj energetici, tako i onim koji se očekuju u bliskoj budućnosti (nuklearna energija, sunčana itd.).

Izložena metodologija obrađena je kompleksno. Obrađeni su pojedini nosioci energije, njihove pojedinačne transformacije u sekundarne oblike te gubitak u pretvorbama, prijenosu i distribuciji energije. Neposredna (finalna) potrošnja obrađuje tri kategorije potrošnje: industriju, promet i opću potrošnju, specificirajući unutar njih onu strukturu koju omogućuju raspoloživi statistički podaci.

U drugom poglavlju pod naslovom Energetske bilance SR Hrvatske taj je problem analiziran na nivou republike detaljno, prema usvojenoj metodologiji. Obrađeno je pitanje opskrbe SR Hrvatske energijom u razdoblju od 1961. do 1971. godine. Također se obrađuje primarna potrošnja, pretvorba s gubicima te neposredna (finalna) potrošnja po usvojenim kategorijama potrošnje. Na kraju je dana analiza korisne energije, te stupnja djelovanja cjelokupne energetike.

U ttrećem poglavlju pod naslovom Potrebna energija za opskrbu potrošača po područjima SR Hrvatske utvrđena je, prvi put u našoj zemlji, potrošnja svih oblika energije kompleksno, po područjima unutar Republike.

U četvrtom poglavlju kojemu je naslov Društveni proizvod, narodni dohodak i energija tražene su i utvrđene korelacije između bruto raspoložive energije i porasta društvenog proizvoda, odnosno nacionalnog dohotka.

Opseg: 150 stranica i 7 slika.

II dio *Ugljen,koks, ogrjevno drvo i gorivi otpaci proizvodnja i potrošnja u SR Hrvatskoj*

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Franjo Sapač, dipl. ing.
Ivan Šimurina, ing.

U ovom dijelu studije regionalno je razrađena proizvodnja i potrošnja ugljena, koksa, ogrjevnog drveta i otpadaka u razdoblju 1961—1971. godine.

Anketiranjem ugljenokopa SRH i rudnika ostalih republika koji prodaju ugljen Hrvatskoj, utvrđena je potrošnja ugljena po pojedinim područjima i kategorijama potrošnje. Posebnom anketom također su utvrđeni gorivi otpaci industrije kojima se koriste isključivo kotlovnice i toplane industrije. Potrošnja koksa utvrđena je na temelju Ind-1 obrazaca (gon. izjv.) Republičkog zavoda za statistiku, dok su podaci za drvo dobiveni od Republčkog zavoda za planiranje. Treba napomenuti da se potrošnja ugljena po vrstama i republikama ne može utvrditi niti jednim drugim načinom zbog nedostatka podataka.

III dio — *Prerada nafte, proizvodnja i potrošnja naftnih derivata, zemnog i gradskog plina u SR Hrvatskoj*

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Vilim Boranić, dipl. ing.
Ivan Šimurina, ing.

Ovaj dio studije obuhvaća preradu nafte u rafinerijama, te zemnog plina u degazolinažama, kao i proizvodnju gradskog plina u plinarama. Potrošnja derivata razrađena je regionalno za razdoblje 1961—1971, a podaci su uzeti iz publiciranih i nepubliciranih dokumenata INE, Zagreb, kao i autorskom suradnjom s nizom autora iz INE ZPF-razvoj. Obuhvaćena je i vlastita potrošnja rafinerija u mazutu i rafinerijskom plinu.

IV dio — *Električna energija i toplina u obliku pare i vrele vode proizvodnja i potrošnja u SR Hrvatskoj*

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
Ivan Šimurina, ing.
Neda Komerički, oec.
Mara Morić, dipl. teh.

Ovaj dio studije obuhvaća utvrđivanje proizvodnje i potrošnje električne energije i topline, po utvrđenim kategorijama regionalno, u vremenu od 1961. do 1971. godine. Podaci za električnu energiju dobiveni su od ZEDH, a podaci za toplinu u obliku pare i vrele vode dobiveni su anketiranjem industrijskih poduzeća. Obuhvaćena je i vlastita potrošnja te gubici prijenosa i distribucije.

Elektroenergetski aspekti razvoja i izgradnje nuklearnih elektrana

Naručitelj: Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd i SIV — Komisija za nuklearnu energiju, Beograd

Autori: prof. dr Hrvoje Požar, dipl. ing.
dr Božo Udovičić, dipl. ing.
mr Goran Granić, dipl. ing.

Dovršeno u studenom 1977. godine.

Elektroenergetske analize provedene su za razdoblje do 2010. g., počevši od 1988. godine, do koje se može osigurati opskrba potrošača s već odabranim elektranama za izgradnju.

Osim izvršenog predviđanja potrošnje, u studiji je pretpostavljena izgradnja cjelokupnog tehničko-ekonomskog hidropotencijala u Jugoslaviji do 2010. godine. Također je predviđen veći broj pumpno-akumulacijskih postrojenja koja bi morala biti izgrađena u promatranom vremenskom razdoblju.

Analizirane su rezerve i zalihe svih ugljenokopa, te mogućnosti izgradnje termoelektrana na ležištima bez ograničenja s obzirom na zagađenje okoline, problem hlađenja itd.

Na temelju unaprijed navedenih ulaznih podataka načinjene su varijante izgradnje različitih tipova elektrana za zadovoljavanje potrošnje. Rađeno je devet osnovnih varijanti, dok je ukupno analizirano devet stotina deset varijanti.

Svrha tih provedenih analiza bila je da se mogu koristiti raspoložive, danas poznate rezerve ugljena i kada i koliko bi trebalo graditi nukleranih elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije.

Opseg: 135 stranica, 27 tablica i 54 slike.

STUDIJ PRIJENOSNIH MREŽA

Dodatna studija mreže SR Hrvatsske za 1982. godinu

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Dovršeno u listopadu 1977. godine.

Studija mreže Hrvatske za 1982. godinu rađena je za istog naručitelja 1974. Međutim, bitne izmjene u veličini porasta konzuma i izgradnje novih elektrana tražili su da se uz novelirane elektroenergetske podloge studija ponovno izradi.

Ispitivanje mreže se provodilo s pretpostavkom da će već cijela osnovna 400 kV mreža biti u pogonu pod tim naponom, a druga NE u Hrvatskoj sigurno još neće biti u pogonu.

Studija je prvenstveno morala dati:

— tokove snaga i naponske prilike u normalnom zdravom pogonu u II i XII mjesecu
— posljedice ispada vodova 400 kV uz istovremeni ispad jednog velikog agregata ili istovremeni ispad dvaju velikih agregata
— potrebu drugog voda 400 kV iz BiH (iz Banja Luke)
— potrebu voda 400 kV Melina — Zagreb
— potrebu definitivnog voda 220 kV Melina — Brinje
— izvore jalovih snaga na bazi novog uvrštenja elektrana.

Na temelju 50 provedenih ispitivanja na elektroničkom računalu dani su odgovori na postavljena pitanja.

Opseg: 62 stranice, 16 slika.

Suradnja na studiji MIS — Faza I

Naručitelj: Systems Control INL/Systems-Europe S.A., Bruxelles (Energoprojekt, Beograd)

Suradnici: Boris Markovčić, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.
dr Ivo Hrs, dipl. ing.
Ante Sekso, dipl. ing.

Dovršeno u listopadu 1977. godine.

U okviru Studije o unapređenju planiranja, eksploatacije i poslovnog upravljanja u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije stručnjaci grupe su rukovodili radom jugoslavenskih suradnika na dvije teme:

Tema T 4: Planiranje prijenosa mreže (opseg 220 str.),

Tema T 5: Eksploatacija i sukcesivno puštanje u pogon osnovne 380 kV prijenosne mreže (opseg 55 str.).

Zajedno s Institutom »N. Tesla«, Beograd, Elektroinštitutom »M. Vidmar«, Ljubljana i Energoprojektom iz Beograda skupljeni su i sređeni podaci potrebni naručitelju za izradu navedenih dviju studija. Također su učinjeni prijevodi na engleski, odnosno s engleskog na naš jezik.

Uz ostale spomenute organizacije stručnjaci grupe sudjelovali su također pri razradi ovih zadataka:

Tema T 7: Provjera karakteristika za osnovnu 380 kV mrežu,

Tema T 8: Interkonekcija i paralelni rad sa susjednim zemljama.

Osnovno rješenje mreže 10 kV, 35 kV i 220 (380) kV i osnovno rješenje mreže 20 (10) kV, 110 kV i 220 (380) kV na području Elektroprivrede, Split, te usporedbe i izbor optimalne konfiguracije mreže

Naručitelj: ZEOH, Zagreb (suradnja sa SJ III)

Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Dovršeno u lipnju 1977. godine.

Na temelju elektroenergetskih podloga i razrade distributivne mreže do pojnih točaka 110 kV, što je učinjeno u okviru rada SJ III, razrađena je mreža napona 110 kV i više za godine 1980, 1985, 1990. i 2000.

Osim oblikovanja mreže viših napona, trebalo je također ispitati utjecaj varijanti transformacije 110/35/10 kV i 110/20 (10) kV. Ukupno je provedeno 45 ispitivanja na elektroničkom računalu.

Kako će srednja Dalmacija, kao najjače potrošačko područje, imati 4 jake pojne točke — TS Bilice, TS Split i HE Zakučac 220 kV, i TS Konjsko 400 kV — za taj se dio Dalmacije mogla dati superponirana mreža s dosta jasnom razvijenom perspektivom. Naprotiv, razvoj zadarskog i dubrovačkog područja ostao je prilično diskutabilan. Razvoj superponirane mreže područja Zadar ovisi prvenstveno o NE Vir i razvoju velike industrije (željezara), a problem područja Ploče — Dubrovnik jest u odabiranju pogonskog napona iznad 110 kV. Uzme li se jedna TS 400 kV negdje u području Ploča, prilično opterećeno i udaljeno dubrovačko područje traži skupu 110 kV mrežu. Mnogo pogodnije rješenje bilo bi s dvije TS 220 kV (Ploče i Dubrovnik), ali to se pak protivi principu stagniranja mreže naponskog nivoa 220 kV. U studiji su dani konkretni prijedlozi rješenja uz određene pretpostavke. Utjecaj načina transformacije sa 110 kV na distributivne napone nije bitan.

Opseg: 33 strane, 5 tablica, 16 slika.

Osnovno rješenje mreže 10 kV, 35 kV i 220 (380) kV i osnovno rješenje mreže 20 (10) kV, 110 i 220 (380) kV na području Elektroslavonije Osijek, te usporedba i izbor optimalne koncepcije mreže. II dio: Mreža 110 kV, 220 kV i 380 kV

Naručitelj: ZEOH — Zagreb (suradnja sa SJ III)

Autori: Boris Markovčić, dipl. ing.
mr Zdenko Tonković, dipl. ing.

Dovršeno u travnju 1977. godine.

Na temelju elektroenergetskih podloga i razrade distributivne mreže do pojnih točaka 110 kV, što je razrađeno u okviru rada SJ III, razrađena je mreža nivoa 110 kV, 220 kV i 400 kV za godine 1980, 1985, 1990. i 2000.

Ukupno je provedeno 45 ispitivanja na elektroničkom računalu. Osim oblikovanja mreža viših napona, trebalo je ispitati utjecaj varijanti transformacije 110/35/10 kV i 110/20 kV na superponiranu mrežu. Pokazalo se, međutim, da je taj utjecaj neznatan. U konačnom sagledavanju razvoja do kraja ovog stoljeća područje Slavonije trebalo bi uz jednu današnju TS 220 kV (Đakovo) i jednu TS 400 kV (Ernestinovo) izgraditi još jednu TS 400 kV u području Vinkovaca.

Opseg: 38 strana, 26 slika.

Proračun najvećih očekivanih padova napona u odabranim čvorištima elektroenergetskih mreža Dalmacije prilikom pokretanja generatora godine 1982.

Naručitelj: Elektroprivreda Dalmacije, Split
OOUR Izgradnja elektroenergetskih izvora
OOUR Elektroprenos, Split

Autor: Miroslav Jung, dipl. ing.

Dovršeno u travnju 1977. godine.

Po principu superpozicija pogonskih struja i struja udarnog opterećenja u prvom trenutku neizravnog pokretanja prvog generatora u RHE Obrovac, kao elektromotora, do godine 1982. izvršen je proračun očekivanih najvećih padova napona u odabranim čvorištima elektroenergetskih mreža Dalmacije. Radi osiguranja meže od prevelikih padova napona u promatranom trenutku izrađen je prijedlog ograničenja u uklopnim stanjima mreže pred navedeno pokretanje, koje će se do ulaska u pogon NTE Vir i TS Zadar morati vršiti preko prigušnice i regulacionog bloka transformatora.

Opseg: 10 strana, 3 tablice, 20 slika, protokol računala.

Proračun kratkog spoja u prijenosnoj mreži »Elektroslavonije«, za nazivnu godinu 1982, te proračun konstanata i raspodjele najvećih struja početnog jednopolnog kratkog spoja u nekim njezinim vodovima 110 kV

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek

Autori: Miroslav Jung, dipl. ing.
Davor Nevečerel. dipl. ing.

Dovršeno u srpnju 1977. godine.

U prvom dijelu studije obavljen je proračun raspodjele najvećih očekivanih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja kod neistodobnih kvarova u svim čvorištima mreže 380, 220 i 110 kV na području Slavonije za nazivnu godinu 1982.

U drugom dijelu studije izvršen je proračun raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja kod neistodobnih kvarova duž trasa nekih vodova 110 kV, radi zaštite utjecajnih susjednih dojavnih postrojenja od nedozvoljeno visokih napona opasnosti induciranih strujama jednopolnog kratkog spoja u mreži 110 kV.

Opseg: 4 strane, 10 tablica, 11 slika, protokol računskog stroja.

Proračun toka napona u razdoblju upuštanja elektromotora otpremnih pumpi i ostalih trošila u prvoj fazi pogona terminala Omišalj i pumpne stanice Melnice

Naručitelj: Jugoslavenski naftovod, Rijeka

Autori: prof. dr Berislav Jurković, dipl. ing.
Miroslav Jung, dipl. ing.

Dovršeno u veljači 1977. godine.

Izvršen je proračun toka napona u razdoblju upuštanja otpremnih pumpi i ostalih trošila u prvoj fazi pogona terminala Omišalj i pumpne stanice Melnice radi provjere utjecaja odgovarajućih udarnih opterećenja na pogon ostalih potrošača, priključenih na istu razdjelnu mrežu. Ustanovljeno je da najveći pad napona neće biti bitno viši od 3% nazivnog napona mreže u trajanju od 8 sekundi, pa je zaključeno da se upuštanjem otpremnih pumpi prema predviđenom programu neće ometati opskrba ostalih potrošača napajanih iz iste razdjelne mreže.

Opseg: 36 strana, 10 slika.

Proračun najvećeg mogućeg kratkog spoja u čvorištima elektroenergetskih mreža 380, 220 i 110 kV Dalmacije za godinu 1990.

Naručitelj: OOUR Izgradnja elektroenergetskih izvora i
OOUR Elektroprenos, Split

Autori: Miroslav Jung, dipl. ing.
Davor Nevečerel. dipl. ing.

Dovršeno u srpnju 1977. godine.

Izvršen je proračun raspodjele najvećih očekivanih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja kod neistodobnih kvarova u svim čvorištima mreže 380, 220 i 110 kV Dalmacije kakva se očekuje oko godine 1990. Rezultati proračuna prikazani su tablično i na slikama.

Opseg: 7 strana, 19 tablica, 8 slika.

Mjerenje kratkog spoja i praznog hoda na nadzemnom vodu 380 kV Ernestinovo—Zagreb jug, te proračun njegovih električnih svojstava na temelju rezultata mjerenja

Naručitelj: OOUR Elektroprenos, Zagreb

Autor: Miroslav Jung, dipl. ing.

Dovršeno u listopadu 1977. godine.

Provedena su mjerenja impedancija praznog hoda i kratkog spoja na vodu 380 kV Ernestinovo—Zagreb jug sniženim naponom 10 kV iz TS 400/110 kV Zagreb jug prema TS 400/110 kV Ernestinovo. Na temelju dobivenih rezultata mjerenja učinjen je proračun električkih svojstava (direktne i nulte uzdužne impedancije i poprečne admitancije nadomjesne — odn. T-sheme, kao i njihove jedinične vrijednosti, te konstante prijenosnih jednadžbi, valni otpor i konstanta rasprostiranja) koja su prikazana tablicom i na slici.

Opseg: 12 strana, 1 tablica, 1 slika.

Mjerenje i analiza razdiobe potencijala u razdjelnoj mreži Šibenika kod jednopolnih kraktih spojeva u visokonaponskoj mreži

Autori: dr Ivo Hrs, dipl. ing.
Miroslav Jung, dipl. ing.
Dragutin Markovinović, dipl. ing.
Ante Sekso, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

Polaganjem 30 kV kabela između TS 220/110/30 kV Bilice i razdjelne mreže Šibenika pojavila se bojazan da će se plaštevima tih kabela kod jednopolnih kratkih spojeva u visokonaponskoj prijenosnoj mreži iznositi u grad Šibenik visoki potencijal uzemljivača TS Bilice, koji bi mogao biti uzrokom previsokih dodirnih napona.

Zbog toga su obavljena ispitivanja razdiobe potencijala u mreži Šibenika, izazivanjem kratkih spojeva u visokonaponskoj mreži (uz tri različite vrijednosti struje kratkog spoja) i istodobnim oscilografskim mjerenjem potencijala na ukupno 30 karakterističnih mjernih mjesta.

Ta su ispitivanja pokazala da se u Šibeniku kod jednopolnih kvarova u visokonaponskoj mreži mogu očekivati visoki apsolutni potencijali, ali male i neopasne lokalne razlike potencijala. Također je dokazano vrlo povoljno djelovanje povezivanja plašteva kabela, uzemljivača i svih metalnih konstrukcija u TS i u stambenim zgradama na izjednačenje potencijala. Konačno su dane upute za odgovarajuće zaštitne mjere prilikom izgradnje novih postrojenja za neke manje zahvate postojećim postrojenjima.

Opseg: 30 strana, 6 tablica, 21 slika.

Proračun očekivanih najvećih struja početnih tropolnih i jednopolnih kratkih spojeva, kao i pripadnih napona koje mjere distantni releji u mrežama visokog napona na području »Elektroprenosa« Zagreb sredinom godine 1977.

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos, Zagreb

Autor: Davor Nevečerel. dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

Svrha studije bio je proračun očekivanih najvećih struja početnih tropolnih i jednopolnih kratkih spojeva, kao i pripadnih napona koji mjere distantni releji u mrežama visokog napona na području »Elektroprenosa« Zagreb sredinom godine 1977. Proračun je obuhvatio raspodjelu očekivanih najvećih faznih struja i pripadnih napona, koji mjeri svaki distantni relej na području »Elektroprenosa« Zagreb kod neistodobnih početnih tropolnih i jednopolnih kratkih spojeva, i to na sabirnicama prvog i slijedeća dva postrojenja prema kojima je usmjereno djelovanje promatranog distantnog releja, te na 20, 50 i 80% dužine svakog voda između navedenih postrojenja.

Opseg: 5 strana, 100 tablica, protokol računskog stroja u posebnom uvezu.

Istraživanje utjecaja uzemljenja zvjezdišta razdjelnih mreža preko djelatnog otpora na nivo unutarnjih prenapona

Autor: dr Ivo Hrs, dipl. ing.
Dovršeno u srpnju 1977. godine.

Uz prijelaz srednjonaponskih razdjelnih mreža na pogon s uzemljenjem zvjezdišta preko djelatnog otpora male vrijednosti istraživani su utjecaji takvog pogono na nivo unutarnjih prenapona. U tu svehu izvršena su ispitivanja u mreži napona 35 kV izazivanjem karakterističnih kvarova (zemljospojeva) u toj mreži.

U okviru ispitivanja u mreži izvršen je velik broj pokusa sa zemljospojem i isklapanjem zemljospoja, pri čemu je variran način uzemljenja zvjezdišta, oblik zemljospoja, veličina mreže u kojoj nastaje i isklapa se zemljospoj, mjesto nastajanja zemljospoja, momentalna vrijednost napona u trenutku nastajanja i isklapanja zemljospoja, te kvaliteta sklopke kojom je isklapan zemljospoj.

Velik broj podataka o prenaponima nastalim u različitim uvjetima podvrgnut je nadalje iscrpnoj analizi u okviru koje je istraživana zakonitost njihove razdiobe, ovisnost od različitih utjecaja, vjerojatnost nastajanja prenapona određenog nivoa u realnim razdjelnim mrežama. Na taj je način istražen opseg očekivanih vrijednosti prenapona zbog zemljospojeva i isklapanja zemljospojeva u mrežama različitih karakteristika.

Osobito je značajna spoznaja da se uzemljenjem zvjezdišta mreža preko djelatnih otpora, kojima se struje jednopolnih kvarova ograničavaju na vrijednost u granicama od 300 .... 1000 A, eliminiraju ili svode na neopasne vrijednosti prijelazni prenaponi zbog zemljospojeva, a također postaju i prenaponi zbog isklapanja zemljospojeva vrlo ograničeni. Rezultati istraživanja omogućili su nadalje izradu smjernica za veličine otpora u zvjezdištu u ovisnosti o karakteristikama mreža.

Konačno su dobiveni rezultati uspoređivani s teoretskim očekivanjima i s dosadašnjim empiričknm rezultatima drugih istraživača, pa se je tom usporedbom moglo razabrati da dobiveni rezultati dijelom potvrđuju dosadašnja znanja, a dijelom čine novi doprinos znanjima o prenaponima zbog zemljospojeva i usljed isklapanja zemljospojeva u razdjelnim mrežama sa zvjezdištem izoliranim ili uzemljenim preko djelatnog otpora male vrijednosti.

Opseg: 110 strana, 112 slika, 27 tablica.

Prenaponaska zaštita napajanja repititora na Vidovoj Gori

Autor: dr Ivo Hrs, dipl. ing.
Dovršeno u veljači 1977. godine.

Napajanje repetitora na Vidovoj gori izloženo je čestim prekidima, ponajviše zbog kvarova u TS 10/0,4 kV smještenoj uz repetitor. Analizirani su uzroci kvarova i očekivani nivo prenaponskih smetnji zbog atmosferskih pražnjenja ili drugih događaja. Na temelju ocjene usklađenosti izolacionog nivoa i dosadašnjih zaštitnih mjera s očekivanim nivoom prenaponskih smetnji određeno je rješenje prenaponske zaštite napajanja repetitora na Vidovoj gori.

Opseg: 18 stranica i 6 slika.

STUDIJ RAZDJELNIH I NISKONAPONSKIH MREŽA

Osnovno rješenje razvoja visokonaponske mreže na području OOUR »Elektra« — Buje

Naručitelj: Elektroistra, Pula, OOUR Elektra, Buje

Autori: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Josip Moser, dipl. ing.

Suradnik: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

Nakon odluke Elektroistre da na svom području počne razvijati novi direktni sustav distribucije 110/20 kV, naručeno je nekoliko radova koji obuhvaćaju čitavo područje pogona Elektroistre (osim OOUR-a Labin) u ovom sustavu, a među njima je i ovaj rad.

Područje razrade su općine Buje, Umag i Novigrad.

Elaborat je podijeljen u pet dijelova:

— prikaz dosadašnjeg razvoja potrošnje i sadašnjeg stanja električne mreže
— predviđanje buduće potrošnje električne energije
— rješenje opskrbe električnom energijom
— oblikovanje i dimenzioniranje visokonaponske mreže i
— postupna izgradnja.

Današnja elektrificiranost kućanstva postigla je već 1974. g. 99%-tnu vrijednost, što je za čitavu Elektroistru nešto ispod prosjeka.

Prema urbanističkim planovima čitavo područje OOUR-a Elektra Buje imat će 2000. g. oko 27 000 stanovnika i 8 236 kućanstava. Analizom je ustanovljeno da se ubuduće može računati s 3,0 stanovnika po kućanstvu.

U turističkoj privredi ovog područja računa se u perspektivi s ukupno 78 200 ležajeva.

Godine 1976. na ovom je području prodano ukupno 57 713 MWh električne energije ili oko 15% ukupno prodane na području Istre. Stopa porasta potrošnje iznosi u razdoblju 1970—1976. oko 5,6%. Oko 56% ukupno prodane energije uzima industrija, a 44% široka potrošnja (od čega polovicu kućanstva). Raspored potrošnje po mjesecima ukazuje na »turistički« oblik godišnjeg dijagrama. Vršno opterećenje cijelog područja iznosi oko 10 do 12 MVA.

Najveći porast opterećenja nastaje na području Umaga i Novigrada i ovisi o razvoju turzima.

Napajanje se danas obavlja iz TS 110/35 kV Buje, 2 × 20 MVA i četiri TS 35/6 kV Buje, Katoro, Umag i Novigrad, te dvije industrijske TS 35/6 kV i TS 35/0,4 kV u Tvornici cementa Umag.

Na osnovi pogonske statistike kvarova u mreži izračunate su vjerojatnosti prekida na svim naponskim nivoima. Ustanovljeno je da je mreža 35 kV najmanje pouzdana.

Analiza takve snage u postojećoj mreži pokazuje da bi u ovom trenutku trebalo voditi pogon nešto drugačije na području Katora i Umaga.

Na tom području bila bi potrebna stanovita regulacija napona na oko 3% iznad nominalnog napona.

Zbog većeg opterećenja u dijelu mreže Umaga, Katora i Novigrada proizlazi da će, ako se nastavi sadašnji trend porasta, najprije trebati dograđivati ovaj dio mreže (oko 1980—1990), a u unutrašnjosti tek nakon 1990. godine. Ti se momenti moraju iskoristiti za prijelaz na napon 20 kV.

Za godinu 2000. predviđena je potrošnja od ukupno približno 190 000 MWh (uz trend 5,6%), od čega 45% otpada na široku potrošnju, 40% na turizam, a 15% na velepotrošnju.

Vršno opterećenje čitavog područja trebalo bi dostići oko 2000. g. 49 MW (nivo 20/0,4 kV), što odgovara prosječnom trendu porasta opterećenja od 5,08% godišnje.

Rješenje budućeg napajanja ovog područja predviđa tri pojne točke TS 110/20 kV, i to Buje, Umag i Novigrad sa redoslijedom izgradnje

1985—1990. — TS 110/20 kV Umag
1990—1995. — TS 110/20 kV Novigrad
1995—2000. — TS 110/20 kV Buje.

U mreži 20 kV predloženo je usvajanje presjeka vodova

PE 150 mm² Al za kabelske vodove
120 i 70 mm² Alče za nadzemne vodove (odvojci 35 mm² Alče).

Do 2000. godine treba na području OOUR »Elektra« Buje izgraditi novih

89 »zidanih« stanica 20/0,4 kV
25 stupnih stanica 20/0,4 kV
a ostalo rekonstruirati.

Perspektivna je mreža ispitana u radu za redovni pogon, te za niz izvanrednih pogona.

Opseg: 189 strana, 25 tablica, 41 slika, 58 priloga proračuna na elektroničkom računalu.

Kompenzacija jalovih snaga u električnoj mreži na području TS 110/35 kV Lički Osik — I dio — osnovni energetski i ekonomski pokazatelji opravdanosti kompenzacije

Naručitelj: Elektrolika, Gospić

Autor: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Konzultanti Nikola Vagić, dipl. ing.
mr Petar Bodlovi, dipl. ing.
Ivan Vlahović, dipl. tehn.

Dovršeno u ožujku 1977. godine.

Promatrano je razdoblje od 12 mjeseci u toku 1975. g. u pogledu snaga i napona treće srijede u mjesecu, te u nedjelje iza treće srijede kvartalno kao energetskih podataka, dok su ekonomski pokazatelji kalkulirani na osnovi podataka o preuzetoj energiji, dobavnim uvjetima, tarifnim stavovima i na osnovi ponuda za izvođenje kompenzatorskih postrojenja.

Analizom prilika u promatranom razdoblju, što daju priložene podloge i analitički osvrti, dolazi se do zaključka da bi zavisno od stope amortizacije (15, 20 ili 30%) najniži ukupni troškovi bili ako se ugrade kondenzatorske baterije snage 1,6 odnosno 1,4 ili 1,0 MVAr. Te baterije bi se amortizirale već za otprilike tri godine, ako se uzmu u obzir samo uštede radi smanjene prekomjerno preuzete jalove energije. Inače, ako se promatra snimljeni dijagram opterećenja jalovih snaga, bilo bi preporučljivo kompenzirati dio osnovnih jalovih snaga uključenjem baterija u I stupnju od 2,2 MVAr, što bi se amortiziralo za 4 godine ako se uzmu u obzir samo uštede zbog smanjene prekomjerno preuzete jalove energije.

Opseg: 32 strane, 53 tablice, 11 dijagrama.

Kompenzacija jalovih snaga u električnoj mreži na području TS 110/35 kV Nedeljanec — I dio — osnovni energetski i ekonomski pokazatelji opravdanosti kompenzacije

Naručitelj: Elektra, Varaždin

Autor: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Konzultanti: Nikola Vagić, dipl. ing.
mr Petar Bodlovi, dipl. ing.
Ivan Vlahović, dipl. tehn.

Dovršeno u travnju 1977. godine.

Promatrano je razdoblje od 12 mjeseci, i ot od rujna 1975. do listopada 1976. g. u pogledu snaga i napona treće srijede u mjesecu, te u nedjelju nakon treće srijede polugodišnje kao energetskih podataka, dok su ekonomski pokazatelji kalkulirani na temelju podataka o preuzetoj energiji, dobavnim uvjetima, tarifnim stavovima i na osnovi ponuda za izvođenje kompenzatorskih postrojenja.

Analizom prilika u promatranom razdoblju, što daju priložene podloge i analitički osvrti, dolazi se do zaključka da bi, zavisno od stope amortizacije (15, 20 ili 30%) najniži ukupni troškovi bili, ako se ugrade kondenzatorske baterije snage 5,2 odnosno 4,4 MVAr. Te bi se baterije amortizirale već za 2,5 godine ako se uzmu u obzir samo uštede zbog smanjene prekomjerno preuzete jalove energije. Inače, ako se promatra snimljeni dijagram opterećenja jalovih snaga, bilo bi preporučljivo kompenzirati dio osnovnih jalovih snaga uključenjem baterija u I stupnju od 8,9 MVAr, što bi se amortiziralo za 3,6 godine ako se uzmu u obzir samo uštede radi smanjene prekomjerno preuzete jalove energije.

Opseg: 34 strane, 57 tablica, 11 dijagrama.

Program za razradu elektroenergetskih podataka na elektroničkom računalu ICL 1900S

Autor: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Konzultant: Nikola Vagić, dipl. ing.

Dovršeno 1977. godine.

Prikazani program za razradu elektroenergetskih podataka omogućava tablični prikaz podataka te traženih rezultata raspoređeno po recima koji odgovaraju datumima mjerenja, uz stupce koji odgovaraju satima mjerenja. Može se postići tisak šest tipova tablica, a to se određuje posebno putem parametara. Tablice se odnose na napone, radne, jalove i prividne snage, te kosinus fi i prekomjerno preuzete jalove snage. Svaka od spomenutih tablica završava i izračunanim karakterističnim vrijednostima kao što su maksimumi, minimumi, sredine. te sredine kod radnih i neradnih dana, raspoređeno po satima.

U pogledu kapaciteta obrade može se provesti u jednom ciklusu proračun elektroenergetskih podataka u opsegu od 23 × 24, što predstavlja podatke svakog sata kroz 23 dana. Ipak time još uvijek nisu potpuno iscrpljene sve mogućnosti i kapaciteti korištenog elektroničkog računala.

Opseg: 8 strana, 3 slike, 13 priloga s elektroničkog računala.

Sistem programa za proračun potrebne veličine kondenzatorskih baterija za kompenzaciju jalovih snaga u električnim mrežama na elektroničkom računalu ICL 1900S

Autor: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Konzultant: Nikola Vagić, dipl. ing.

Dovršeno 1977. godine.

Pomoću ovog sistema programa provodi se cijeli postupak proračuna potrebne veličine kondenzatorskih baterija za kompenzaciju jalovih snaga u električnim mrežama, tako da se obrada odvija u dvije faze.

Prva faza daje iznos troškova koji nastaju zbog postojanja prekomjerno preuzete jalove energije kod potrošača uz dogovoreni raspon faktora kosinus fi, a druga faza ove obrade, na osnovi rezultata prethodne, takozvane prve faze obrade, daje odnose koji vrijede za pojedine upotrijebljene snage baterija za kompenzaciju jalove električne energije, i to u pogledu odgovarajućih troškova te ušteda — sve to još uz izabranu stopu amortizacije postrojenja baterija.

Tablice koje prikazuju rezultate ove obrade podataka po opisanom sistemu programa pružaju korisniku mogućnost da objektivno donese dokumentiranu odluku o izboru kapaciteta kompenzacijskog postrojenja koji mu najbolje odgovara po fiksiranim kriterijima.

U jednom ciklusu može se provesti proračun prekomjerno preuzete jalove energije u opsegu od 23 × 24, što proizlazi od podataka koji odgovaraju svakom satu kroz 23 dana njihova registriranja, dok se kondenzatorske baterije mogu promatrati kroz 25 njihovih stupnjeva. Ovim opsegom još uvijek nisu iscrpljene sve mogućnosti i kapaciteti memorije korištenog elektroničkog računala.

Opseg: 12 strana, 6 slika, 25 priloga s elektroničkog računala.

Program za izbor transformatorske stanice 110/10 (20) kV i 10 (20) kV mreže

Autor metode: mr Rihard Schenner, dipl. ing.

Autor toka: Damir Balantin, dipl. ing.

Autor programa: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Dovršeno 1977. godine.

Ovaj program predstavlja postupak za optimiranje na temelju kompleksnog pristupa koji je potreban pri izboru transformatorske stanice u pogledu na izabrane parametre.

Nakon variranja dijela parametara, a to su karakteristike elemenata koji postoje u mreži, dobije se kao rezultat niz numeričkih tablica.

Pošto se primijeni analiza parcijalnih rezultata, te zatim i odgovarajuća sinteza, mogu se dobiti dovoljno ilustrativni odnosi koji su prvenstveno namijenjeni da služe kao osnova prilikom izbora optimalne varijante transformatorske stanice.

Opseg: 10 strana, 4 slike, 15 priloga s elektroničkog računala.

Programi za proračun linearne korelacije, trendova, ekstrapolacija

Autori: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.
Rudolf Šimunec, dipl. tehn.

Dovršeno 1977. godine.

Prikazana skupina programa ima svoje specifične zadatke, a pri tome je bio cilj da se za posebne potrebe, koje se javljaju u toku izrade većih studija, koristi elektroničko računalo umjesto dugotrajnih pojedinačnih pristupa računanju pomoću stolnih kalkulatora raznih veličina i mogućnosti, odnosno ručnim putem.

Zato su posebno izrađeni ovi programi iz područja statistike, a po redu dopuštaju proračun linearne korelacije, trendova, ekstrapolacija, i to onih linearnih i nelinearnih.

Medij na kojem se u elektroničko računalo unose ulazni podaci jesu opet bušene papirne kartice, a rezultati se prikazuju u obliku posebno prilagođenih tablica za korisnika obrade.

Opseg: 8 strana, 4 slike, 20 priloga s elektroničkog računala.

Osnovno rješenje električne mreže na području Krasica — Grobnik — Klana

Naručitelj: Elektroprimorje, Rijeka

Autori: Ivan Janić, dipl. ing.
Zvonimir Kovačević, dipl. ing.

Dovršeno u kolovozu 1977. godine.

Opskrba električnom energijom područja Krasica — Grobnik — Klana vrši se sada iz TS 220/110/35 kV Pehlin, TS 110/35 kV Rijeka, TS 110/35 kV Krasica i TS 110/35 kV Matulji preko TS 35/10 kV Krasice, Grobnik i Šoići — INA, TS 35/6 kV Urinj — INA, EVP 35/3 kV Plase, Meja i Vitoševo te djelomično iz TS 35/10 kV Turnić i Zamet te TS 30/10 kV Jušići.

Na temelju podataka Generalnog urbanističkog plana Rijeke od 1974. godine, kao i naknadnih korekcija koje je izvršio Riječki urbanistički biro, te podataka o razvoju većih potrošača električne energije, načinjena je analiza buduće potrošnje električne energije i vršnog opterećenja.

Razrađene su dvije osnovne varijante visokonaponske mreže: sa sustavom 110-35-10 kV i sustavom 110-20 kV. Kod obiju varijanata razmatrana su i rješenja sa TS 110 kV Grobnik i bez TS 110 kV Grobnik.

Kod ovih rješenja predviđa se djelomično napajanje promatranog područja sa snagom od 11 MW iz TS 110 kV Matulji koja se nalazi na području Opatije.

Varijanta 110-35-10 kV predviđa transformatorske stanice 110/35 kV Pehlin 3 × 4 MVA(dio), Mavri 2 × 40 MVA, Mavrinci 4 × 40 MVA, Krasica 3 × 40 MVA, Rijeka 3 × 40 MVA(dio), Kostrena 3 × 40 MVA(dio) i EVP 110,25 kV Škrljevo 2 × 7,5 MVA te alternativno TS 110/35 kV Grobnik 3 × 40 MVA.

Nadalje, 19 elektroprivrednih TS 35/10 kV, 3 industrijske TS 35/6 kV i 3 elektrovučne podstanice željeznice 35/3 kV.

Varijanta 110-20 kV predviđa isti broj transformatorskih stanica 110 kV i istu instaliranu snagu, kao i u varijanti 110-35-10 kV.

Usporedba investicionih troškova i gubitaka pokazuje da je za područje Krasica — Grobnik — Klana najpovoljniji sustav 110-20 kV. Pri tome je rješenje bez TS 110/20 kV Grobnik nešto jeftinije nego rješenje s TS 110/20 kV Grobnik.

Opseg: 134 strane, 65 tablica, 115 slika.

Osnovno rješenje električne mreže 110 kV i 35 kV grada Zagreba, I dio

Naručitelj: Elektra, Zagreb,
OOUR Distribucija, Zagreb

Autori: mr Rihard Schenner, dipl. ing.
Ivan Janić, dipl. ing. (sadašnje stanje)

Suradnici: Damir Balantin, dipl. ing.
mr Ivica Čauš, dipl. ing. i oec.
Rudolf Šimunec, dipl. tehn.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

U prvom dijelu ovog elaborata izvršeni su slijedeći radovi:
- analiza sadašnjeg stanja
- analiza globalnog konzuma za budućnost
- analiza konzuma za raspodjelu po području i anketa većih potrošača
- izrada normativa opterećenja i potrošnje za kućanstva i normativna opterećenja za infrastrukturu
- izbor nazivne snage transformatorske stanice 110/10 kV
- određivanje makropolacija transformatorskih stanica 110/10 kV.

Za daljnju perspektivu predložen je konzum od 7 200 000 MWh odnosno 1 400 MW uz trend porasta potrošnje od 7,5%.

Usporedbom analize globalnog konzuma i konzuma za raspodjelu po području dobile su se praktično iste vrijednosti. Za formiranje lokacija stanica 110/10 kV služio je konzum za raspodjelu po području.

Normativi opterećenja i potrošnje kućanstva određeni su analizom na modelu i uspoređeni su s normativima drugih distribucija, i to u Ljubljani i Beogradu. Osnovna podjela kućanstva odrđena je s obzirom na energetsku opskrbu i standard života.

Normativi opterećenja infrastrukture određeni su prosječno za razne vrste objekata (škole, bolnice, hotele i sl.).

Nazivna snaga transformatorske stanice 110/10 kV određena je analizom na modelu s time da su usvojeni uvjeti za grad Zagreb kod konačnog izbora. Predložene su dvije varijante nazivnih snaga, i to kombinacija snaga 2 × 40 MVA i 3 × 40 MVA i varijanta s nazivnom snagom 2 × 63 MVA.

Makrolokacije transformatorskih stanica određne su s obzirom na težišta konzuma i već definirane lokacije, kao i eventualne specifičnosti određenog područja.

Osnovno rješenje mreže 10 kV, 35 kV, 110 kV i 220 (380) kV i osnovno rješenje mreže 20(10) kV, 110 kV i 220(380) kV na području elektroprivrede Dalmacije — Split, te usporedba i izbor optimalne koncepcije mreže«

I dio: *Postojeće stanje, konzum u perspektivi, mreža 10 kV, 20 kV, 35 kV i troškovnik*

Naručitelji: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske, Zagreb
Elektrodalmacija, Split
Elektroprenos, Split

Autori: Zvonimir Kovačević, dipl. ing.
Dasenko Baldasari, dipl. ing.
Mirjana Rimac, dipl. ing.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

Područje Elektroprivrede Dalmacije, Split napaja se danas po sistemu 110/35/30/-10 kV, i to preko:

10 TS 110/35(30) kV i
52 TS 35(30)/10 kV.

Vodova 110 kV (stanje 31. 12. 1975) bilo je 722,8 km, a vodova 35(30) kV 861,4 km.

Transformatorskih stanica 10/0,4 kV i 15/0,4 kV (stanje 31. 12. 1974) bilo je u pogonu 2 797, vodova 10 kV bilo je u ukupnoj duljini 4 175 km, a vodova 15 kV u duljini 112,06 km.

Na bazi prognoziranog konzuma u perspektivi razrađene su varijante mreže 110-35-10 kV i 110-20 kV.

Prema varijanti mreže 110-35-10 kV trebalo bi u perspektivi (1975—2000. god.) na promatranom području izgraditi:

1) mreža 110 kV:
23 TS 110/35(30)(10) kV
818,6 km vodova 110 kV
2) mreža 35(30) kV:
84 TS 35(30)/10 kV
1 312,2 km vodova 35(30) kV
3) mreža 10 kV:
4 771 TS 10/0,4 kV
5 020,3 km vodova.

Pri tome treba napomenuti da razvoj mreže 110, 35 i 10 kV u perspektivi na području velikih gradova (Split, Zadar, Šibenik i Dubrovnik) nije razmatran.

Prema varijanti mreže 110-20 kV predviđa se u istom razdoblju (1975—2000. god.) izgradnja:

1) mreža 110 kV:

34 TS 110/35(20) kV
918,6 km vodova 110 kV

2) mreža 35(30) kV:

23 TS 35(30)/10 kV
324,8 km vodova 35(30) kV

3) mreža 20 kV:

4 771 TS 10(20)/0,4 kV
5 864,9 km vodova 10(20) kV,

kao i rekonstrukcija postojeće mreže za prijelaz na sistem 110-20 kV.

Na osnovi izračunatih troškova izgradnje mreže vidjelo se da je za područje Elektroprivrede Dalmacije, Split povoljnije, da se i dalje mreža razvija po sistemu 110-35-10 kV.

Opseg: 151 strana, 247 tablica, 54 slike.

Idejno rješenje električne mreže grada Skopja

I dio — 3. knjiga: *Analiza potrošnje električne energije njen dosadašnji razvoj*

Naručitelj: Elektromakedonija, OOZT Elektroskopje, Skopje

Autor: Josip Moser, dipl. ing.

Suradnici: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Damir Balantin, dipl. ing.
Ivica Posavec, dipl. tehn.
Mara Gaura, dipl. tehn.

Dovršeno u siječnju 1977. godine.

U ovoj studiji provedena je analiza potrošnje elektične energije, kao i analiza dosadašnjeg razvoja potrošnje na području grada i općine Skopje. Prvo je dan pregled elektrificiranosti naselja i domaćinstava na promatranom području. Zatim je izvršena analiza preuzete električne energije od distributera, te pregled vršnog opterećenja. Pregled isporučene energije izvršen je po naponskim nivoima i za različite kategorije potrošača. Nakon toga obavljena je analiza sadašnjeg stanja potrošnje industrijskih velepotrošača, potrošača ostale potrošnje i domaćinstava. Posebno je u okviru ove analize dan rezultat anketiranja oko 11 000 domaćinstava u Skopju, te obrađeni rezultati o instaliranim kućanskim trošilima i potrošnji domaćinstava. Sva su domaćinstva svrstana u pet kategorija i određeno je koliki je udio jednog kućanstva u vršnom opterećenju. Obrađeni su i rezultati ankete s industrijskim potrošačima tipa široke potrošnje o sadašnjem stanju i planovima za blisku budućnost.

U posebnom dodatku dani su rezultati istraživanja o mjerenjima u mreži grada Skopja radi određivanja faktora istodobnosti, u kojem je dan kratki prikaz izvršenih mjerenja, rezultati faktora istodobnosti između 35 i 0,4 kV nivoa te analize opterećenja grada Skopja.

Opseg: 258 strana, 28 stranica tablica, 68 slika i nacrta.

Idejno rješenje električne mreže grada Skopja

I dio — 4. knjiga: *Analiza budućeg globalnog konzuma grada Skopja*

Naručitelj: Elektromakedonija, OOZT Elektroskojpe, Skopje

Autor: Jasip Moser, dipl. ing.

Suradnici: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Mara Morić, dipl. tehn.

Dovršeno u travnju 1977. godine.

Obrađena je prognoza budućeg globalnog konzuma grada Skopja do 2000. godine tako da su prvo definirani polazni podaci za prognozu konzuma i opisane metode za prognoziranje konzuma. Na osnovi proteklog razdoblja od 1945. do 1973. god. uspoređene su različite metode ekstrapolacije, statističke i ekonometrijske metode i za one koje najpogodnije odgovaraju dosadašnjem toku potrošnje, dane su analize za buduće razdoblje od 1975. do 2000. godine. Usporedbom rezultata došlo se do »optimističke«, »srednje« i »pesimističke« prognoze konzuma. Na osnovi usporedbe konzuma s drugim gradovima u nas i u svijetu odabrana je »srednja« varijanta, a zatim je izvršena podjela perspektivnog globalnog konzuma elektrodistribucije na različite kategorije.

Opseg: 87 strana, 52 tablice i 31 slika.

Idejno rješenje električne mreže grada Skopja

I dio — 5. knjiga: *Zonalna razdioba perspektivnog konzuma grada Skopja*

Naručitelj: Elektromakedonija, OOZT Elektroskopje, Skopje

Autor: Josip Moser, dipl. ing.

Suradnici: Ernest Mihalek, dipl. ing.
Mara Morić, dipl. tehn.

Dovršeno u rujnu 1977. godine.

U okviru zonalne razdiobe perspektivnog konzuma grada Skopja dane su osnove za zonalnu razdiobu, kao što su osvrt na postavke Generalnog urbanističkog plana grada Skopja, urbanističke zone, raspored stambenih zona, raspored zona industrije, raspored prateće infrastrukture prema Generalnom urbanističkom planu. Kako se osim grada, koji je definiran Generalnim urbanističkim planom, obrađuje cijelo područje općine Skopje, to je definiran broj stanovnika i kućanstava u selima oko Skopja. Na osnovi definiranih energetskih razmatranja određeno je ukupno opterećenje svake urbanističke zone i podzone, i to po etapama od 1980. do 2000. g.

Opseg: 220 strana, 25 tablica, 25 slika.

Osnovno rješenje razvoja visokonaponske mreže na vanjskom području Pule

Naručitelj: Elektroistra, Pula, OOUR Distribucija, Pula

Autori: Jasip Moser, dipl. ing.
Ernest Mihalek, dipl. ing.

Suradnik: mr Ivan Čauš, dipl. ing. i oec.

Dovršeno u prosincu 1977. godine.

U vezi s odlukom Elektroistre da na svom području počne razvijati novi direktni sustav distribucije 110-20 kV naručen je i ovaj rad. Predmet proučavanja ove studije je perspektivni razvoj električne mreže na području općine Pula, bez grada Pule.

Rad ima sedam dijelova:

— opći podaci
— prikaz dosadašnjeg razvoja potrošnje električne energije
— sadašnje stanje električne mreže na promatranom području
— analiza energetske sposobnosti i propusne moći postojeće mreže
— analiza konzuma za perspektivu
— rješenje opskrbe električnom energijom
— oblikovanje perspektivne 20 kV mreže.

Elektrificiranost kućanstva na ovom području dostigla je 100%-tnu vrijednost već šezdesetih godina. Urbanistički plan razvoja općine Pula još nije izrađen, tako da za promatrano područje vrijedi Regionalni prostorni plan Istre, koji je izrađen 1971. godine. Prihvaćeni su i podaci dobiveni od Zavoda za ekonomiku iz Pule. Prema tim predviđanjima vanjsko područje Pule imat će oko 2000. god. blizu 25 000 stanovnika i 8 045 kućanstava. Prema podacima iz Regionalnog plana trebalo bi na području općine Pula biti 2000. godine oko 110 000 ležajeva u turističkim objektima.

Potrošnja električne energije posljednjih godina na ovom području je vrlo blizu stagnaciji (porast 0,85% godišnje) što inače nije slučaj u Istri. Maksimum potrošnje ovdje nastupa početkom i krajem godine, a minimum ljeti. Po ovome je OOUR Pula potupno drugačiji nego OOUR Buje, gdje je maksimum ljeti. Vršno opterećenje samog područja OOUR-a Pula iznosi između 6 do 8 MVA, što iznosi do 25% čitavog OUR-a.

Promatrano područje napaja se danas preko vodova 110 kV TE Plomin i TS 110/35(50) Raša do TS 110/35 kV Pula, 2 × 40 MVA. Na 35 kV naponu ova stanica napaja stanice 35/10 kV: Centar, Gregovica, Vinčent, Vodnjan, Banjole i Pula-Zapad te industrijsku stanicu Uljanik.

Na osnovi pogonske statistike kvarova u mreži izračunate su vjerojatnosti prekida napajanja na svim naponskim nivoima. Konstatirano je da je mreža 35 kV najmanje pouzdana i da je, dapače, manje pouzdana od prosjeka u Elektroistri. S obzirom na stanje opterećenja u mreži i njegov porast zaključuje se da je najpotrebnije razvijati mrežu u razdoblju:

1980—1990. na području stanica Gregovica i Vinčent,
1990—2000. na području stanica Vodnjan i Banjole.

Ti će se momenti iskoristiti kod prijelaza na napon 20 kV.

Za perspektivni dio do 2000. g. predviđa se prosječni porast potrošnje električne energije od 7,05% godišnje od ukupno 226 992 MWh 2000. g.

Takav porast najviše ide na teret turizma, a opterećenje bi trebalo dostići ukupno 58 MW na nivou stanica 20/0,4 kV ili po stopi porasta od 6,32% godišnje.

Perspektivna mreža na području OOUR-a Distribucija, Pula obuhvaća izgradnju dvije nove stanice 110/20 kV, i to:

TS 110/20 kV Vodnjan oko 1980—1985. g. i
TS 110/20 kV Medulin oko 1990—1995. g.

Predloženo je usvajanje presjeka vodova 20 kV

PE 150 mm² Al za kabelske vodove i
120 i 70 mm² Alče za nadzemne vodove (odvojci 35 mm² Alče).

U mreži treba izgraditi 140 novih TS 20/0,4 kV, i to: 131 »zidanih« gradskih i 9 ostalih, a ostale rekonstruirati.

Perspektivna mreža je ispitana u radu za redovni pogon i niz izvanrednih pogona.

Opseg: 236 strana, 19 tablica, 40 slika, 42 priloga proračuna na elektroničkom računalu.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Bilanca topline EL-TO Zagreb na elektroničkom računalu ICL-1900

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb,
OOUR EL-TO Zagreb

Autor: Stjepan Ivančić, dipl. ing.

Postavljanje programa na elektroničkom računalu:
Ernest Prištof, dipl. ing.

Dnevno bilanciranje pogona EL-TO Zagreb pomoću elektroničkog računala NCL-1900 logičan je nastavak rada Instituta koji već nekoliko godina provodi mjesečne bilance po narudžbi EL-TO Zagreb.

Na osnovi dobivenih pokazatelja može se utvrditi utjecaj načina vođenja pogona od pogonskog osoblja, kao i nedostaci koji proizlaze iz stanja postrojenja, te na osnovi podataka poduzeti mjere radi poboljšanja ekonomije cjelokupnog poboljšanja ekonomije cjelokunog postrojenja.

Opseg: oko 40 stranica toka proračuna i probne bilance izvedene na elektroničkom računalu ICL-1900.

Popis značajnih radova S. J. za termoenergetske sisteme tokom 1977. godine

Mogućnost korištenja otpadne topline iz NE Prevlaka za opskrbu Zagreba ogrjevnom toplinom

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr Duško Čorak, dipl. ing.
mr Niko Malbaša, dipl. ing.
Zlatko Komerički, dipl. ing.

Ovo je prvi rad na području opskrbe urbanih sredina ogrjevnom toplinom iz nuklearne elektrane u nas. Osnovni pristup izradi studije je identičan u odnosu prema klasičnim elektranama, ali su respektirane stanovite specifičnosti nuklearnih elektrana. Studija varijantno (u čak 22 varijante) obrađuje mogućnosti realizacije opskrbe ogrjevnom toplinom u usporedbi s mogućim drugim rješenjima (vrelovodni kotlovi, spojni proces). Uključivanje nuklearnih elektrana u sistemima daljinskog grijanja i u elektroenergetskom sistemu ovisi sada najviše o odnosu investicionih ulaganja i odnosu cijene goriva.

Opseg: 83 strane, 29 slika i dijagrama.

Konzultantni poslovi

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek

Voditelj poslova: Đuro Hatić, dipl. ing.

Suradnja Instituta s »Elektroslavonijom« — Osijek razvijena je u području termoenergetskih postrojenja i korištenja toplinske energije.

U 1977. godini Institut je s »Elektroslavonijom« započeo suradnju na poslovima perspektivnog razvoja višenamjenskog korištenja potencijala voda rijeke Drave i poriječja na dijelu njezina donjeg toka. Ovi radovi obuhvaćaju široku lepezu istraživanja, studiranja i planiranja vodnih resursa, od čega Institut jedan dio obrađuje samostalno, a u dijelu aktivnosti je konzultant »Elektroslavonije«.

Pogranični položaj rijeke Drave na dionici donje Drave prema Mađarskoj pretpostavlja zajedničko korištenje vodnog blaga. Institut sudjeluje u suradnji između dviju država na ovom području.

Konzultantski poslovi osoblja studijske jedinice za termoenergetske sisteme proizašli nakon dugogodišnje suradnje

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb,
OOUR TE Sisak

Voditelj poslova: mr Dubravko Matanić, dipl. ing.

Dugogodišnja suradnja Instituta i Elektroprivrede Zagreb, OOUR TE Sisak rezultirala je u toku 1977. godine potpisivanjem Samoupravnog sporazuma o petogodišnjoj tehničkoj suradnji između ovih organizacija na zajedničkom rješavanju pogonske eksploatacije i razvojne problematike TE Sisak. Jedan od najznačajnijih zadataka koji će se u okviru Sporazuma rješavati jest snižavanje tehničkog minimuma blokova TE Sisak, i to u I fazi na 50% u II fazi na 30% nominalnog opterećenja. Na rješavanju problematike cirkulacije kroz generator pare predviđa se i tehnička suradnja sa sovjetskim partnerima, dok se za rješavanje problematike loženja predviđa angažiranje prvenstveno domaćih stručnjaka i proizvođača opreme. Značajna pažnja posvetit će se i problematici niskotemperaturne korozije primjenom aditiva Coaltrol i Mc-7. Djelotvornost primjene navedenih aditiva i ispitivanja vezana za njihovu primjenu bit će utvrđene posebnim mjerenjima koja će u okviru međusobne tehničke suradnje obaviti Institut čiji angažman će se nastaviti i u budućnosti.

Opravdanost izgradnje spojnog procesa u toplinskom sistemu Osijeka

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek

Autori: dr Duško Čorak, dipl. ing.
Hrvoje Brkić, dipl. ing.
Miroslav Juretić, dipl. ing.
Zlatko Komerički, dipl. ing.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

Studija »Razvoj toplifikacije Osijeka do 1985. god.« obradila je nekoliko varijanti razvoja toplinskog konzuma, u kojoj je tzv. optimistička varijanta s vremenom postala realno ostvarljiva.

Uvjet za ostvarenje i razvoj po toj varijanti jest sjedinjavanje toplinskog konzuma Osijeka u cjelinu. Toplinski sistem Osijeka, odnosno opskrba kako ogrjevnog tako i tehnološkog obavlja se iz nekoliko značajnijih izvora kao što su Toplana Osijek, PTE Osijek, IPK, Saponija. Sjedinjavanje sistema u cjelinu i rentabilnost takve proizvodnje predmet je ove studije koja metodologijom vrednovanja toplanskih jedinica u el. energetskom i toplinskom sistemu daje smjernice daljnjeg razvoja toplinskog sistema Osijeka.

Opseg: 137 strana, slike i dijagrami.

Plinsko-turbinski kombi-blok 43 MW u TE Jertovec, proširenje — investicijski program

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb, OOUR TE Jertovec

Autori (abecednim redom): Slavko Alerić, dipl. ing.
Hrvoje Brkić, dipl. ing.
Stanko Drempetić, dipl. ing.
Đuro Hatić, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. oec.
Zoran Selanec, dipl. ing.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

U skladu s projektnim zadatkom načinjen je investicijski program proširenja TE Jertovec plinsko-turbinskim kombi-blokom 43 MW. Program daje osnovne podatke za projektiranje te pregled i izbor strojarske i elektroopreme, uklapanje u el. energetski sistem, pregled izvođenja građevnih radova, obrađuje utjecaj na okolinu, te daje orijentacioni i terminski plan izgradnje i smjernice za osiguranje kvalitete pri izvođenju radova. Posebno je načinjena ekonomska obrada u okviru koje je dan pregled investicijskog ulaganja po grupama opreme i radova te izračunata cijena proizvedenog kWh el. energije proširenog postrojenja s obzirom na vrijeme angažiranja i broj upuštanja postrojenja u pogon.

Opseg: oko 140 strana, 24 slike i dijagrami.

Plinsko-turbinska elektrana Osijek — II etapa investicijski program

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek

Autori (abecednim redom): Vladimir Bradač, dipl. ing.
Hrvoje Brkić, dipl. ing.
Đuro Hatić, dipl. ing.
Milutin Hotko, dipl. ing.
Neđo Jurković, dipl. ing.
Zoran Kuljiš, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. oec.
mr Dubravko Matanić, dipl. ing.
Zoran Selanec, dipl. ing.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

U skladu s projektnim zadatkom investicijski program daje osnovne podloge za projektiranje, pregled i izbor strojarske i elektroopreme, te pregled građevnih radova. Također je obrađen utjecaj na okolinu, smjernice za osiguranje kvalitete strojarske opreme prilikom izvođenja, te orijentacijski terminski plan izgradnje. Načinjena je i ekonomska obrada s ocjenom investicijskih ulaganja i izračunata cijena proizvedenog kWh el. energije postrojenja u odnosu na broj sati rada i broj upuštanja. Investicijski program PTE Osijek II etapa respektirao je u potpunosti izvedeno stanje tako da eventualna buduća izgradnja II etape s I etapom čini cjelinu.

Opseg: oko 130 strana i 31 slika i dijagram.

Optimiranje rashladnog sistema nuklerane elektrane na otoku Viru

Naručitelj: Elektroprivreda Dalmacije, Split

Autori: mr Niko Malbaša, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. oec.

Pod optimiranjem rashladnog sistema kondenzacijskog bloka termoelektrane razumijeva se takav izbor termodinamičkih i drugih parametara rashladnog sistema da se zadovolje određeni unaprijed postavljeni kriteriji optimiranja. U ovoj studiji se koristi kao vodeća veličina optimiranja aktualizirana vrijednost svih troškova, uzimajući u obzir i ograničavajuće momente s obzirom na zaštitu okoline. Dakle, osim tehničke strane problema temeljito je analiziran i ekonomski aspekt koji ima bitni utjecaj u izboru optimalnog rješenja.

Osnovni parametri koji potpadaju pod bilancni krug hladnog kraja mogu se podijeliti u tri grupe:

— parametri na koje se može utjecati (uljevni i izljevni cjevovodi, armatura, pumpne stanice, uređaji za filtriranje, kondenzator itd.) i koji za posljedicu imaju promjenu pogonskih i investicijskih troškova,

— parametri na koje se proračunom može utjecati (temperatura rashladne vode, način financiranja, spec. troškovi goriva itd.),

— parametri koji su vezani za kriterij o zaštiti okoline (maksimalna temper. povratne rashladne vode u recipijent, maksimalni dozvoljen porast temperature u kondenzatoru itd.). Pri optimiranju hladnog kraja upotrijebljen je kao pomoćno sredstvo računski stroj koji je omogućio analizu cijelog niza varijantnih rješenja, te je na temelju tako velikog broja varijantnih rješenja moguća lakša ocjena i izbor optimalnog rješenja.

Opseg: 68 strana teksta, 35 strana tablica, dijagrami i slike.

Razni radovi

Naručitelji: Razni

Autori: Kolektiv studijske jedinice

Na zahtjev elektroprivrednih i drugih organizacija obavljene su u toku 1977. god. razne aktivnosti kao što su:

— kompleksna normativna ispitivanja PTE Osijek

— kontrola izgaranja u ložištima većim od 1 Gcal/h obavljena na temelju rješenja Sekretarijata za zdravstvenu zaštitu grada Zagreba broj 07-524/2-74 od 10. VI 1974. izdanog na temelju člana 7. Odluke o mjerama za zaštitu zraka od zagađivanja produktima izgaranja,

— kontinuirana kontrola kvalitete strojarske opreme pri izgradnji NE Krško i pri izgradnji toplifikacionog bloka 120 MW u TE-TO Zagreb

— poslovi vezani za planiranje i praćenje izvršenja radova pri izgradnji NE Krško koji se obavljaju kontinuirano

— hidraulički proračun parne i vrelovodne mreže Zagreba, a na temelju prethodno izrađenih studija u Institutu

— niz ispitivanja i mjerenja manjeg opsega na energetskim objektima radi provjere garantiranih veličina od strane isporučioca opreme ili u svrhu poboljšanja ekonomije postrojenja.

ZAVOD ZA VISOKI NAPON I JAKU STRUJU

Mjerenje uzemljenja TS 10/0,4 kV grada Zagreba vezanih na TS 30/10 kV Uklopna XIV Dubrava

Naručitelj: Elektra, Zagreb

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Suradnici: Josip Mužny, dipl. ing.
Svetolik Subotić, ing.

Rad obuhvaća mjerenje otpora uzemljivača TS 10/0,4 kV s obzirom na to da se priprema uzemljenje zvjezdišta na mreži 10 kV u TS 30/10 kV Uklopna XIV Dubrava preko malog otpora uz ograničenje struje zemljospoja 300 A i vrijeme iskapčanja 0,2 s. Budući da napon na uzemljivaču ne smije prijeći 125 V, rezultati mjerenja grupirani su u nekoliko skupina s obzirom na izvedebu mreže, kabelsku, zračnu ili kabelsko-zračnu.

Opseg: 22 strane, 3 tablice i 4 slike.

Utjecaj na okolinu struje jednopolnog kratkog spoja prije puštanja u pogon II faze TE Sisak

Naručitelj: OOUR Termoelektrana Sisak

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Suradnici: Svetolik Subotić, ing.
Ivan Konfic, viši teh.

Rad obuhvaća mjerenje napona koraka i dodira za slučaj nastanka jednopolnog kratkog spoja, kao i preporuke za uklanjanje opisanih napona koraka i dodira, te raspodjelu potencijala oko uzemljivača i njegov utjecaj na okolinu.

Opseg: 31 strana i 3 slike.

Analiza ispitivanja opreme sovjetske proizvodnje za drugu fazu TE Sisak

Naručitelj: OOUR Termoelektrana Sisak

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Suradnici: Svetolik Subotić, ing.

Rad obuhvaća mjerenje izolacije i visokonaponska ispitivanja prije puštanja u pogon pojedinih dijelova postrojenja, kao i snimanje radnih karakteristika, i to asinhronih motora 6 kV, energetskih transformatora 6/0,4 kV, sabirnice 0,4 i 6 i 15,75 kV, provodnih izolatora, sklopke 6 kV, naponskih mjernih transformatora 6 i 15 kV, strujnih mjernih transformatora 0,4, 6 i 15,75 kV.

Opseg: 76 strana i 128 dijagrama (u 7 posebnih izvještaja).

Istraživanje raspodjele potencijala s armaturom duž izolatorskog lanca sa staklenim izolatorima KT-120 za DV 110 kV

Naručitelj: Dalekovod, Zagreb

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Rad obuhvaća mjerenje i ispitivanje raspodjele potencijala u lancu s ovjesnom opremom i armaturom proizvodnje Dalekovod Zagreb i staklenim izolatorima KT-120 proizvodnje Aranđelovac za dalekovode 110 kV.

Opseg: 8 strana i 2 dijagrama.

Analiza ispitivanja primarnih releja WI — 40 u TS 2, 3 i 4 Aerodroma Zagreb

Naručitelj: Aerodrom, Zagreb

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Suradnici: Đuro Juretić, viši teh.

Rad obuhvaća mjerenje i udešavanje primarnih releja za zaštitu u TS 2, 3 i 4 Aerodroma Zagreb, kao i preporuke za sanaciju, odnosno poboljšanje zaštite s obzirom na selektivnost i ispravno djelovanje.

Opseg: 8 strana.

Raspodjela potencijala oko stupa br. 550 na DV 110 kV Vinodol — Rakitje

Naručitelj: Dalekovod, Zagreb

Autor: Josip Kučak, dipl. ing.

Rad obuhvaća mjerenje raspodjele potencijala oko stupa br. 550 na DV 110 kV Vinodol — Rakitje koji se nalazi u krugu tvornice Pliva (Kalinovica). Na temelju rezultata mjerenja za slučaj zemnog spoja dana je preporuka za sanaciju opasnog dodirnog napona i napona koraka uz sam stup.

Opseg: 10 strana i 7 slika.

Kabelski vod 20 kV »Partizanski dom« — »Vrh velike Kape«

Naručitelj: Elka, Zagreb

Autor: Josip Mužny, dipl. ing.

Za napajanje turističkih objekata na dijelu Pohorja iznad Slovenjgradeca koristi se kabelska mreža napona 20 kV, izvedena kabelima EHP-48-A, proizvodnje Elka, Zagreb (tvornički naziv kabela: ELKALEN 20). Zbog djelovanja atmosferskih prenapona nastajali su česti prekidi u napajanju električnom energijom važnih turističkih objekata (hoteli, žičare i sl.).

Razrađen je sistem zaštite od atmosferskih prenapona za taj tip kabela.

Ujedno je predložen novi tip kabela koji bi bez ikakvih dodatnih zaštitnih mjera zadovoljavao uvjete polaganja u planinskim predjelima izloženim čestim i snažnim atmosferskim pražnjenjima.

Opseg: 18 strana, 14 slika i dijagrama.

Mogućnost primjene opreme nazivnog napona 10 kV kod prijelaza na napon 20 kV

Naručitelj: Elektra, Sisak

Autor: Josip Mužny, dipl. ing.

Rastom potrošnje električne energije pojavila se potreba uvođenja nazivnog napona 20 kV u distributivnim mrežama. Osim novih distributivnih mreža napona 20 kV, i pojedini dijelovi sada postojećih 10 kV mreža morat će se pregraditi za napon 20 kV. Kako bi se ubrzala pregradnja 10 kV mreža na nazivni napon 20 kV, a ujedno smanjila početna investicijska ulaganja, odgovarajućim naponskim ispitivanjima ustanovljeno je koji se dijelovi i aparati 10 kV mreža mogu bez ikakvih preinaka primijeniti i u 20 kV mrežama i postrojenjima trajno ili u jednom prijelaznom periodu.

Opseg: 40 strana.

Mjerenje putujućih valova u kabelima uzrokovanih parcijalnim izbijanjem u izolaciji

Naručitelj: Republički fond za znanstveni rad SRH

Autor: Josip Mužny, dipl. ing.

Uobičajene metode mjerenja parcijalnih izbijanja određuju samo maksimalnu amplitudu izbijanja, a ne i mjesto (izvor) nedozvoljenih izbijanja.

Naročito opasna izbijanja mogu se javljati u spojnom priboru (spojnice, glave). Očito je da uz indikacije opasne veličine parcijalnih izbijanja, mora postojati i njezina lokacija. Mogućnosti lokacije mjesta parcijalnih izbijanja u kabelu pružaju njima uzrokovani putujući valovi i njihove refleksije na krajevima kabela. Na taj način može se ukloniti dio neispravnog kabela.

Opseg: 37 strana i 20 slika.

Prenaponska zaštita zračno-kabelskog voda Rizvanuša—Panos

Naručitelji: Razni

Autor: Josip Mužny, dipl. ing.

Pojedini objekti na vrhovima planina imaju velike poteškoće u opskrbi električnom energijom. Naročito velik problem s obzirom na atmosferska pražnjenja javlja se u zračno-kabelskim mrežama. Rad daje rješenje prenaponske zaštite za situaciju koja se javlja u zračno-kabelskom vodu Rizvanuša — Panos.

Opseg: 25 stranica, 20 crteža.

Razni radovi

Naručitelji: Razni

Autori: Kolektiv studijske jedinice

Na zahtjev elektroprivrednih i drugih organizacija vršena su u toku 1977. godine ispitivanja elektroenergetske opreme. Značajni su radovi na tom području:

- primopredajna ispitivanja elektroopreme za TS 380/220 kV Melina (prekidača, rastavljača, mjernih naponskih i strujnih transformatora i potpornih izolatora)
- primopredajna ispitivanja opreme u PE Osijek, kao i pregled atestne dokumentacije elektroopreme njemačke proizvodnje.
- pregled i kontrola tehničke dokumentacije elektroopreme firme ACEC za PE Jertovec (generatori, učinski transformatori, mjerni transformatori, prekidači, rastavljači, odvodnici, kabeli, n.n. motori i bimetalna zaštita)
- preuzimanje i ispitivanje ovjesnog materijala za gradnju dalekovoda 110, 220 i 380 kV.
- preuzimanje i ispitivanje Al/Fe užeta za dalekovode 110, 220 i 380 kV u tvornicama Elka, Zagreb, IMPOL, Slovenska Bistrica i Otočanka, Zadar.
- preuzimanje i ispitivanje staklenih izolatora za gradnju dalekovoda 110, 220 i 380 kV u industriji elektroporculana Aranđelovac.
- izbor elektroopreme za TE-TO Rijeka (pripremna faza) (v.n. rasklopni uređaji, mjerni transformatori, odvodnici prenapona, energetski transformatori, rotacioni strojevi, n.n. rasklopni uređaji i releji).

Ispitivanje kabela

Ispitivani su kabeli radi ispitivanja kvalitete i određivanja karakterističnih konstanti.

Mjerena su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i dielektrički gubici. Rezultati mjerenja poslužit će za usporedbu različitih konstrukcija i izvedbe kabela.

Uz ispitivanje u proizvodnji i na novim kabelima obavljena su ispitivanja kabela nakon polaganja.

Značaj takvih ispitivanja je velik, jer se pravodobno mogu otkriti pogreške učinjene prilikom polaganja i izbjeći kasniji prekidi pogona.

Ispitivane su kabelske glave i spojnice. Ispitivanja su obuhvatila naponska ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponima, kao i nepropusnost na mjestima brtvljenja. Također su ispitivane kabelske mase i razna ulja.

Mjerenje napona koraka i dodira

Prilikom zemljospoja ili jednopolnog spoja na uzemljivaču i njegovoj okolici mogu se pojaviti naponi dodira i koraka opasni za ljude. Zbog toga su neophodna mjerenja kojima će se takvi naponi otkriti i otkloniti odgovarajućom rekonstrukcijom uzemljivača.

Unatoč visokom specifičnom otporu tla i visokom otporu uzemljivača, pogodnim oblikovanjem uzemljivača se može postići takva raspodjela potencijala da se ne pojavljuju opasni naponi koraka i dodira.

Ispitivanje i atestiranje zaštitnih sredstava

Prema propisima JUS-a moraju se gumene rukavice i gumene čizme ze električare ispitivati svakih šest mjeseci, a ako su neupotrijebljene na skladištu, svakih 12 mjeseci. Sva ta zaštitna sredstva koja su zadovoljila atestirana su u našem laboratoriju. Također su ispitivane i atestirane izolacijske ploče kod rada u postrojenju pod naponom.

Ispitivanje električne opreme i materijala

Ispitivane su sklopke, priključni pribor, niskonaponski razvodni uređaji, kondenzatori snage, automatski regulatori, prekostrujni i diferencijalni releji, visokoučinski osigurači, izolatori, ovjesni materijal, stezaljke i dr. Ispitivani su plastični materijali, razna ulja, kabelske mase itd.

Ispitivanje prototipova opreme

Ispitivani su prototipovi neke opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između Laboratorija i proizvođača, jer se nije samo formalno upozorilo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dok naknadna ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu. Nakon toga naručitelj je od Instituta dobio atest za ispititvani proizvod.

Ispitivanje kvalitete

Obavljena su ispitivanja i atestiranje električnih štednjaka, bojlera i ostale opreme za široku potrošnju.

Ispitivanje odvodnika prenapona

Povremeno ispitivanje odvodnika obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona.

Za ocjenu stanja odvodnika prenapona nužna su ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponom, jer se na taj način može kontrolirati njegovo ponašanje u mreži pri pojavi prenapona.

Prilikom ovakvih ispitivanja odvajaju se dotrajali odvodnici prenapona koji ne bi više osigurali efikasnu zaštitu od prenapona ili bi mogli uzrokovati smetnje zbog nesposobnosti gašenja popratne struje.

Osim ispitivanja Laboratorij je u svojim radionicama izrađivao i uređaje za ispitivanje i mjerenja.

Uređaji za ispitivanje kabela IPKN-10

Ispitivanje ovim uređajima obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost, jer je uređaj lakši i pogodniji za pronalaženje eventualne pogreške u kabelu. Da bi se što točnije ustanovilo mjesto pogreške, potrebno je naime, da na tom povrijeđenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako da se, pošto je ispitivanjem ili pak za vrijeme pogona ustanovljena pogreška u izolaciji kabela, s dovoljno jakom strujom i dovoljno visokim naponom propaljuje kabel, dok se na povrijeđenom mjestu postigne karbonizirani spoj minimalnog

otpora. Nakon toga nije teško odrediti mjesto pogreške bilo kojom poznatom metodom.

Prema tome, uređaj služi za ispitivanje izolacije kabela napona 10 kV poslije polaganja. Također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta pogreške u kabelima bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-1

Ovaj uređaj namijenjen je za ispitivanje kabela do 1 kV; U nekim slučajevima njime se mogu propaljivati i kabeli do 10 kV, a da prethodno nisu obrađivani visokonaponskim dijelom uređaja IPKN-10.

Uređaj IR-2 S 50 A

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i podešavanje sekundarnih neusmjerenih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova. Proizvodi struju od 5, 15 i 50 A, čija se vrijednost može kontinuirano mijenjati. Može se primijeniti i kao izvod reguliranog napona od 0 do 300 V.

Priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR-1000 A i IR-2000 A).

Uređaj IR-UZ

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i podešavanje sekundarnih usmjerenih nadstrujnih, zemljospojnih i sličnih releja i njihovih vremenskih članova.

Uz dodatak IR-1000 A i IR-2000 A mogu se obaviti primarna ispitivanja spomenutih releja. Fazni pomak između struje i napona može se grubo mijenjati po 120° induktivno i kapacitivno, a unutar grubih stupnjeva kontinuirano, te se na taj način može ustanoviti i osjetljivost releja pri faznim pomacima.

Uređaj se priključuje na trofaznu mrežu 380/220 V.

Uređaji IR-1000 A i IR-2000 A i više

Ovi uređaji su dodatni uređajima IR-2 S 50 A i IR-UZ, pa imaju kontinuiranu regulaciju i mjerenje struja do 1000 A, 2000 A i više.

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.

GOD. 27 (1978) energija BROJ 9 — 10

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

NEKI ASPEKTI OPSKRBE SR HRVATSKE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Hrvoje Požar, Božo Udovčić i Goran Granić, Zagreb

Pošto je prikazan predvidivi razvoj potrošnje u Jugoslaviji, uz usporedbu s razvojem u drugim zemljama, analizirane su varijante izgradnje termoelektrana za zadovoljavanje potrošnje. Varijante su usporedene prema potrebnim količinama ugljena i potrebnom prijenosu. Zaključuje se da je najpovoljnije istodobno graditi konvencionalne termoelektrane i nuklearne elektrane. Iz takva zaključka, koji vrijedi za Jugoslaviju, izvodi se strategija za gradnju elektrana u SR Hrvatskoj.

DK 621.311.22.004

1. UVOD

Ograničenost vodnih snaga u SR Hrvatskoj (osim postojećih hidroelektrana i onih u gradnji još se mogu izgraditi hidroelektrane koje će godišnje proizvoditi od 4 do 5 milijardi kWh) i male rezerve ugljena (oko 5% geoloških rezerva Jugoslavije i samo oko 0,5% eksploatabilnih rezerva u većim rudnicima) ne opravdava razmatranje opskrbe SR Hrvatske izolirano od drugih područja Jugoslavije, jer je — uz današnje stanje tehnološkog razvoja i današnje stanje istraženosti — za osiguranje proizvodnje električne energije nužno iz drugih područja Jugoslavije ili iz inozemstva dopremiti ili primarne energetske oblike ili ondje proizvedenu električnu energiju. Zbog toga je u ovom referatu razmotrena situacija u opskrbi električnom energijom Jugoslavije da bi se iz toga izveli zaključci o mogućnosti opskrbe SR Hrvatske. Pokazuje se, osim toga, da se u vrlo sličnoj situaciji kao SR Hrvatska nalazi i SR Slovenija, pa će se neki aspekti, pogotovo potrebe prijenosa iz ostalih područja Jugoslavije, razmatrati zajedno za obje republike.

Danas se u svim republikama praktički definirane elektrane kojima se osigurava opskrba električnom energijom do kraja 1987. god., pa će se analiza provesti za vrijeme nakon 1987. god., ne ulazeći u opravdanost već definirane gradnje elektrana.

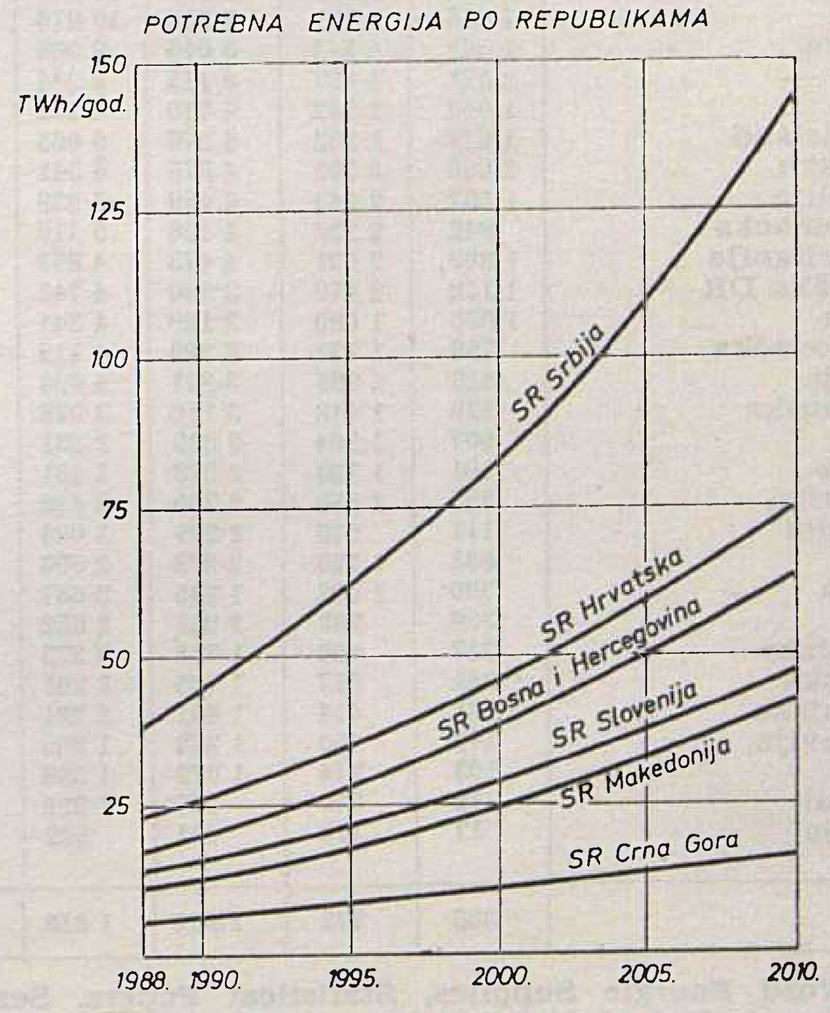
2. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prema prognozama u pojedinim republikama, može se u daljoj budućnosti očekivati potrošnja eletrične energije:

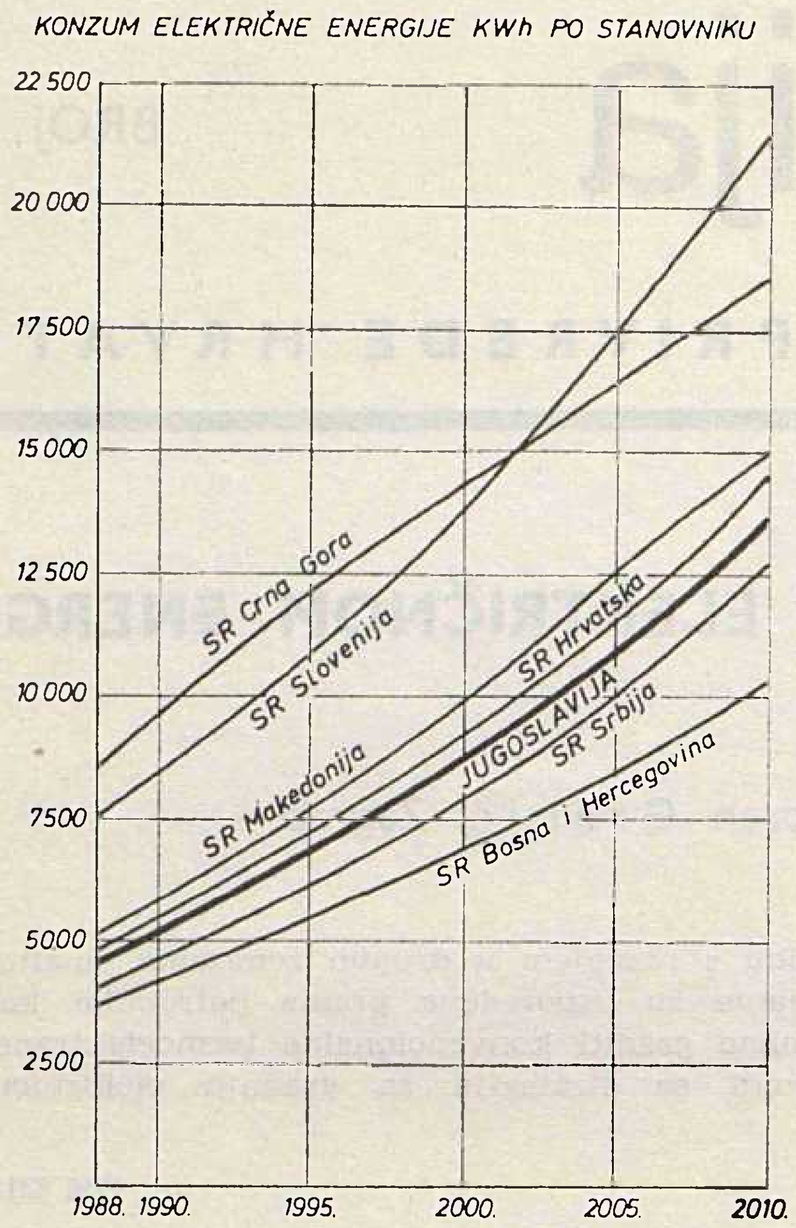
1988	107,8	TWh	4 550	kWh/stan.
1990.	124,2	TWh	5 155	kWh/stan.
1995.	172,2	TWh	6 855	kWh/stan.
2000.	230,2	TWh	8 789	kWh/stan.
2005.	299,0	TWh	10 948	kWh/stan.
2010.	387,0	TWh	13 590	kWh/stan.

Podaci za svaku republiku o ukupnoj potrošnji nalaze se na sl. 1, a o potrošnji po stanovniku na

Svakako je opravdano pitanje da li takva predviđanja razvoja potrošnje električne energije imaju neku realnu osnovicu, te hoće li do kraja stoljeća potrošnja porasti do iznosa koji je oko pet puta veći od današnjeg. Takva prnognoza mogla bi se



Sl. 1.



Sl. 2.

osnivati na prognozi razvitka narodnog dohotka ili razvitka industrije, ali takve dugoročne prognoze danas, koliko je poznato, ne postoje. Zbog toga je provedena usporedba s ostvarenim i s predviđenim razvojem specifične potrošnje energije po stanovniku.

Tablica 1.

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE (kWh po stanovniku U EVROPSKIM I NAJRAZVIJENIJIM ZEMLJAMA SVIJETA
(zemlje poredane po opadajućoj potrošnji u 1974. god.

Zemlje	1950.	1960.	1970.	1974.	Porast (u %)
Norveška	5 440	8 727	14 635	17 729	5,07
Kanada	3 866	6 100	9 490	11 833	4,77
Island	1 448	3 131	7 206	10 916	8,78
Švedska	2 565	4 542	8 045	9 566	5,64
SAD	2 571	4 697	8 115	9 344	5,52
Finska	1 040	2 042	4 710	6 222	7,74
Novi Zeland	1 617	2 882	4 878	6 063	5,66
Švicarska	2 098	3 302	4 575	5 342	3,97
Australija	1 157	2 249	4 489	5 229	6,49
SR Njemačka	942	2 222	4 128	5 119	7,31
Vel. Britanija	1 309	2 601	4 473	4 873	5,63
Njemačka DR	1 132	2 470	3 990	4 742	6,15
Belgija	1 036	1 660	3 199	4 344	6,15
Čehoslovačka	758	1 771	3 389	4 119	7,31
Austrija	816	1 995	3 331	4 098	6,98
Nizozemska	736	1 449	3 110	3 978	7,28
SSSR	507	1 364	3 030	3 831	8,79
Danska	561	1 153	2 978	3 481	7,90
Francuska	797	1 576	2 759	3 429	6,27
Bugarska	111	596	2 289	3 096	14,88
Italija	531	1 130	2 262	2 696	7,00
Poljska	380	1 002	1 985	2 637	8,41
Irska	329	798	2 068	2 552	8,91
Španjolska	247	606	1 758	2 273	9,69
Mađarska	321	817	1 735	2 261	8,47
Rumunjska	128	414	1 441	2 221	12,63
Jugoslavija	146	480	1 288	1 865	11,20
Grčka	103	274	1 072	1 589	12,08
Portugal	112	370	867	1 229	10,50
Albanija	17	118	441	522	15,34
Svijet	386	772	1 362	1 613	6,14

Izvor: Word Energie Supplies, Statistical Papers, Series J, No. 19, United Nations, New York, 1976.

Radi usporedbe s potrošnjom električne energije po stanovniku u drugim zemljama, u tabl. 1. uneseni su podaci o potrošnji od 1950. do 1974. god. (za koju postoje kompletni podaci). U tablici su podaci za sve evropske i najrazvijenije izvanevropske zemlje. Jugoslavija je, kako se vidi iz tabl. 1, na dnu liste evropskih zemalja, jer je potrošnja električne energije u Jugoslaviji veća samo od potrošnje u Grčkoj, Portugalu i Albaniji. Takvo je stanje bilo 1974. godine, a 1950. godine Jugoslavija je bila ispred Bugarske i Rumunjske.

Za razmatranje budućeg razvoja interesantniji su podaci o predviđenoj potrošnji električne energije. U tabl. 2. prikupljeni su podaci o objavljenim prognozama razvoja potrošnje električne energije po stanovniku. Treba naglasiti da su to podaci objavljeni u publikacijama Ekonomske komisije za Evropu, pa su oni i službene prognoze za pojedine zemlje. Oni se odnose na većinu evropskih zemalja i na najrazvijenije izvanevropske zemlje, pa to može dati dobru sliku o tendencijama razvoja u drugim državama. Podaci se odnose na vrijeme do 1990. god. Vidi se da se tada u većini razvijenih zemalja očekuje potrošnja reda veličine 10 000kWh po stanovniku, ali da ima zemalja u kojima se računa i s mnogo većom potrošnjom po stanovniku (Norveška 30 872, Kanada 26 164, Švedska 24 117, SAD 17 407, Finska 16 490 itd.). U području koje obuhvaća Ekonomska komisija za Evropu (sve evropske zemlje uključujući SSSR, SAD i Kanadu) očekuje se prosječna potrošnja po stanovniku:

Tablica 2.

PROGNOZE O POTROŠNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE (kWh po stanovniku) U NEKIM EVROPSKIM ZEMLJAMA SAD I KANADI

Zemlje	1974.	1980.	1985.	1990.	Porast (u %)
Norveška	17 829	26 540	22 816	30 872*	3,68
Kanada	11 833	20 445	16 124	26 164	5,08
Švedska	9 566	18 244	13 801	24 117*	6,04
SAD	9 344	14 409	11 649	17 307	3,96
Švicarska	6 222	12 803	9 467	16 490	6,28
Finska	5 342	6 522	5 944	7 224	1,90
SR Njemačka	5 119	8 273	6 228	10 884*	4,46
Vel. Britanija	4 873	6 392*	6 650	7 232*	2,50
Njemačka DR	4 742	7 641	6 152	9 490*	4,43
Belgija	4 344	8 228	5 368	12 613*	5,98
Čehoslovačka	4 119	—	—	8 438	4,58
Austrija	4 098	7 270	5 623	9 122	5,13
Nizozemska	3 978	6 456*	5 181	8 046*	4,50
Danska	3 429	7 060	4 809	8 075	8,27
Francuska	3 429	6 486	4 809	8 075	5,50
Bugarska	3 096	8 046*	5 066	8 046*	8,55
Italija	2 696	4 869	3 391	7 072	6,21
Poljska	2 637	5 179	—	7 139	6,42
Irska	2 552	4 023	3 061	5 288*	4,22
Španjolska	2 273	4 808	3 308	6 990	7,05
Mađarska	2 261	4 151	2 985	5 775	6,04
Rumunjska	2 221	—	3 486	5 675	6,04
Jugoslavija	1 865	3 722	3 094	5 155	6,56
Grčka	1 589	—	2 346	4 696	7,01
Evropske zemlje SAD, SSSR i Kanada	4 997**	6 541	8 418	10 764	5,25

Izvor: Perspectives à moyen et à long terme de l'industrie de l'énergie electrique dans la région de la CEE, Commission économique pour l'Europe, EP/GE. 2/R. 33, Geneve, 1977.

* Podaci sa zvjezdicom izračunati su uz pretpostavku o jednakom porastu u prethodnom razdoblju.

** 1975. god.

1975.	4 997	kWh/stan.
1980.	6 541	kWh/stan.
1985.	8 318	kWh/stan.
1990.	10 764	kWh/stan.

U Jugoslaviji je u 1975. god. ostvareno oko 40% od prosjeka u području Evropske ekonomske komisije, a u 1990. očekuje se ostvarenje oko 50% od prosjeka.

Ako se usporedi potrošnja u Jugoslaviji predviđena za 1990. godinu s predviđanjima za druge zemlje (tabl. 2), vidi se da je Jugoslavija na dnu liste zemalja za koje postoje dostupni podaci.

Još bolja slika o predviđenom razvoju potrošnje električne energije dobiva se kad se usporede godine kad je dostignuta ili će — prema prognozama — biti dostignuta određena potrošnja po stanovniku (tabl. 3). Prema procjeni razvoja potrošnje, koja služi kao osnova za analize u ovom referatu, u Jugoslaviji će 2008. god. potrošnja doseći 12 500 kWh po stanovniku. Tolika potrošnja bila je ostvarena u Norveškoj 1967. god., a bit će — prema prognozama — dostignuta u Kanadi 1976. god., u Švedskoj 1979, u SAD 1981, a u Finskoj 1984. god. U tabl. 3. nalaze se analogni podaci za potrošnju 10 000, 7 500 i 5 000 kWh po stanovniku. Vidi se da je u mnogim zemljama dostignuta ili će biti dostignuta potrošnja koja se predviđa u Jugoslaviji. Osim toga, pokazuje se da postoji znatan vremenski razmak u ostvarivanju specifične potrošnje električne energije u drugim zemljama i u ostvarivanju jednake potrošenje u Jugoslaviji. Tako se u Danskoj, ako se iz razmatranje isključe visoko industrijalizirane zemlje, očekuje da će potrošnja od 10 000 kWh po stanovniku biti dostignuta petnaest godina prije nego u Jugoslaviji, potrošnja 7 500 kWh dvanaest godina prije, a potrošnja 5 000 kWh devet godina prije.

Sve to pokazuje da predviđeni razvoj potrošnje električne energije, s kojim se računalo u ovom referatu, nije neostvariv i nije iznad onoga s kojim se računa u drugim zemljama. Drugo je pitanje hoće li se ostvarivati prema predviđenoj dinamici. Usporavanje razvoja, međutim, nema utjecaja na opće zaključke u referatu, kako će se vidjeti iz daljeg izlaganja. Tako, na primjer, ako se potrošnja s kojom se računalo u 2010. god. ostvari u 2015. godini, to će značiti da će situacija do koje će doći u 2010. god. odgađa samo za pet godina, što ne može utjecati na opće zaključke.

Tablica 3.

OSTVARENA I PLANIRANA POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO STANOVNIKU

12 500 kWh/stan.		10 000 kWh/stan.	
Norveška	1967.	Norveška	1962.
Kanada	1976.	Kanada	1971.
Švedska	1979.	Island	1973.
SAD	1981.	Švedska	1975.
Finska	1984.	SAD	1976.
Jugoslavija	2008.	Finska	1981.
		Danska	1988.
		SR Njemačka	1988.
		Belgija	1991.
		Jugoslavija	2003.
7 500 kWh/stan.		**5 000 kWh/stan.**	
Norveška	1957.	Norveška	1948.
Kanada	1965.	Kanada	1956.
SAD	1969.	SAD	1961.
Švedska	1969.	Švedska	1962.
Island	1971.	Island	1966.
Finska	1977.	Finska	1971.
SR Njemačka	1983.	Švicarska	1972.
Njemačka DR	1984.	SR Njemačka	1974.
Danska	1985.	Vel. Britanija	1975.
Belgija	1986.	Njemačka DR	1975.
Austrija	1986.	Austrija	1978.
Čehoslovačka	1987.	Belgija	1978.
Francuska	1988.	Bugarska	1980.
Nizozemska	1988.	Francuska	1981.
Bugarska	1989.	Danska	1981.
Jugoslavija	1997.	Poljska	1984.
		Italija	1986.
		Španjolska	1986.
		Rumunjska	1987.
		Madarska	1988.
		Jugoslavija	1990.

3. IZGRADNJA HIDROELEKTRANA

Osim hidroelektrana predviđa se izgradnja većeg broja pumpno-akumulacijskih postrojenja. Ona su pogodna za pokrivanje vršnih opterećenja u elektro-energetskom sistemu, a glavna je korist od gradnje takvih postrojenja smanjenje potrebne gradnje termoelektrana i njihovo bolje iskorištavanje. Opravdana je samo ograničena gradnja pumpno-akumulacijskih postrojenja, jer ona samo poboljšavaju odnose u sistemu, a ne proizvode novu energiju. Ona su, u krajnjoj liniji, potrošači električne energije, jer je energija potrebna za pumpanje veća od energije koja se može proizvesti u takvim postrojenjima.

U tabl. 4. nalaze se podaci o mogućoj proizvodnji hidroelektrana u prosječnoj hidrološkoj godini, zajedno s proizvodnjom pumpno-akumulacijskih postrojenja.

U 2010. god. računa se da će hidroelektrane proizvoditi 50 197,1 GHh, a pumpno-akumulacijska postrojenja 7 593,6 GWh. Ocijenjeno je, naime, da se iskorištavanjem vodnih snaga može ostvariti ekonomična proizvodnja od oko 50 TWh godišnje. Na žalost, nema podataka o ekonomičnosti hidroelektrana koji bi i približno uvažili današnju razinu cijena (posljednja procjena ekonomičnosti vodnih snaga potječe iz 1963. god.). Kad bi, međutim, i postojala aktualna analiza hidroelektrana u odnosu prema proizvodnim cijenama, bilo bi vrlo teško odrediti opravdanost gradnje hidroelektrana samo na bazi proizvodnih cijena, jer ekonomska opravdanost gradnje hidroelektrana ovisi, s jedne strane, o karakteristikama hidroelektrana (prirodni raspored protoka, volumen akumulacije, instalirana snaga), a s druge strane, o odnosima u elektroenergetskom sistemu (udio hidroenergije, struktura termoelektrana). Ekonomski podaci otprije petnaestak godina, osim toga, osnivaju se na prilikama kad nije bilo većih teškoća s otkupom zemljišta i s do-

Tablica 4.

MOGUĆA PROIZVODNJA I MAKSIMALNA SNAGA HIDROELEKTRANA I PUMPNO-AKUMUL. POSTROJENJA

	Proizvođač	1988.	1990.	1995.	2000.	2005.	2010.
Maksimalna snaga (MW)	Bosna i Hercegovina	2 851	3 133	3 910	4 632	5 162	5 462
	Hrvatska + Slovenija	2 950	3 217	3 970	4 764	5 598	6 298
	Makedonija	869	1 016	1 309	1 577	1 871	2 071
	Srbija + Crna Gora	4 324	4 784	5 578	6 591	7 518	8 118
	Jugoslavija	10 994	12 150	14 767	17 564	20 149	21 949
Moguća proizvodnja (TWh)	Bosna i Hercegovina	8,84	9,43	11,21	12,78	14,07	14,33
	Hrvatska + Slovenija	11,18	11,78	13,52	15,12	16,58	17,22
	Makedonija	2,99	3,27	3,99	4,61	5,18	5,36
	Srbija + Crna Gora	14,64	15,40	17,11	18,84	20,34	20,88
	Jugoslavija	37,65	39,88	45,83	51,35	56,17	57,79

bivanjem vodoprivredne suglasnosti za potapanje većih površina. Zbog tih poteškoća mora se danas odustajati od postrojenja koja su se u ono doba smatrala vrlo povoljnima i koja bi imala pozitivne efekte na nizvodna postrojenja. Zato treba računati s tim da se neke od predviđenih hidroelektrana neće nikada ni sagraditi, što će negativno utjecati na nizvodna postrojenja, jer će njihove energetske karakteristike biti pogoršane zbog eliminiranja uzvodnih akumulacija.

Zbog svega toga smatra se da prosječna godišnja proizvodnja hidroelektrana od 50 TWh u budućnosti neće biti znatnije premašena. Pogreška u toj procjeni ne može, međutim, utjecati na konačne zaključke. Povećanje proizvodnje u hidroelektranama, npr., za 5 milijarda kWh, naime, samo tek je nešto više od 2% proizvodnje električne energije u 2000. god., a oko 1,3% od potrebne energije u 2010. god.

4. IZGRAĐENOST TERMOELEKTRANA DO KRAJA 1987. GOD.

U ovom referatu su kao postojeće termoelektrane označene sve one koje danas postoje i one koje će se sagraditi do kraja 1987. god. Podaci o tako definiranim postojećim termoelektranama dani su u tabl. 5.

Tablica 5.

SNAGA TERMOELEKTRANA NA GENERATORU (MW) KRAJEM 1987. GOD.

Republike	Kruto gorivo	Nuklearno gorivo	Tekuće gorivo	Ukupno
Bosna i Hercegovina	2 412,0	—	—	2 412,0
Crna Gora	210,0	—	—	210,0
Hrvatska	285,0	—	1 170,8	1 455,8
Makedonija	540,0	—	210,0	750,0
Slovenija	1 095,0	637,0	226,9	1 958,9
Srbija	6 309,0	—	645,0	6 954,0
Jugoslavija	10 851,0	637,0	2 252,7	13 740,7

5. REZERVE UGLJENA

Problem rezerva ugljena i trajanje tih rezerva jedan je od osnovnih problema koje treba raščistiti kad se razmatra dugoročni razvoj proizvodnje električne energije u Jugoslaviji. Zbog toga će se to pitanje detaljnije obraditi.

Geološko bilančne i eksploatabilne rezerve ugljena u Jugoslaviji navedene su u tabl. 6. Navedeni podaci odnose se na značajnije rudnike u kojima se nalazi 92,7% bilančnih rezerva ugljena. Svakako su najinteresantniji podaci o eksploatabilnim rezerva-

Tablica 6.

REZERVE UGLJENA U JUGOSLAVIJI (10^6 tona ugljena)

Republike	Geološke rezerve	Bilančne rezerve	Eksploatabilne rezerve			Ukupno	Eksploatabilne rezerve			
			A + B	C_1	C_2		Podzemna eksploatacija	Površinska eksploatacija	Nedefinirano	Ogrjevna moć (kcal/kg)
Bosna i Hercegovina	4 487,7	2 971,0	1 084,1	706,4	263,7	2 054,2	976,4	627,1	450,7	3 037
Crna Gora	259,2	167,5	107,7	24,2	—	131,9	48,9	83,0	—	2 457
Hrvatska	42,0	25,6	1,3	13,1	8,7	23,1	23,1	—	—	6 000
Makedonija	347,0	239,0	199,8	2,2	—	202,0	—	201,0	1,0	1 701
Slovenija	915,9	515,0	244,5	39,9	4,2	288,6	284,4	—	4,2	2 535
Srbija	13 376,3	12 821,4	2 900,6	4 326,6	2 829,5	10 056,7	135,1	9 888,0	33,6	1 885
(od toga Kosovo)	(8 584,8)	(8 584,8)	(1 811,2)	(3 495,3)	(885,8)	(6 192,3)	—	(6 192,3)	—	(1 887)
Jugoslavija	19 428,1	16 739,5	4 538,0	5 112,4	3 106,1	12 756,5	1 467,9	10 799,1	489,5	2 128

Izvor: Moguća proizvodnja goriva na bazi dokazanih rezerva za ekonomski opravdanu proizvodnju električne energije do 1980. i 1985. god., s osvrtom na 1990. i vizijom za 2000. god. — »Separat ugalj«, Rudarski institut i Jugoslavenska zajednica za elektroprivredu, Beograd, 1976.

Tablica 7.

REZERVE UGLJENA U JUGOSLAVIJI (10^6 tona ekvivalentnog ugljena)

Republike	Geološke rezerve	Bilančne rezerve	Eksploatabilne rezerve			Ukupno	Eksploatabilne rezerve		
			A + B	C_1	C_2		Podzemna eksploatacija	Površinska eksploatacija	Nedefinirano
Bosna i Hercegovina	1 879,8	1 276,4	470,3	306,4	114,4	891,1	423,6	272,0	195,5
Crna Gora	91,0	58,8	37,8	8,5	—	46,3	17,2	29,1	—
Hrvatska	36,0	21,9	1,1	11,2	7,5	19,8	19,8	—	—
Makedonija	84,3	57,9	48,6	0,5	—	49,1	—	48,9	0,2
Slovenija	335,6	194,1	88,5	14,5	1,5	104,5	103,0	—	1,5
Srbija	3 563,4	3 563,4	781,3	1 165,4	762,2	2 708,9	36,4	2 663,5	9,0
(od toga Kosovo)	(2 296,7)	(2 276,1)	(488,3)	(942,2)	(238,3)	(1 669,3)	—	(1 669,3)	—
Jugoslavija	5 990,1	5 029,4)	1 427,6	1 506,5	885,6	3 819,7	600,0	3 013,5	206,2

ma, jer su to rezerve koje se mogu izvući iz nalazišta kad se odbiju svi gubici za vrijeme eksploatacije. Ako se, međutim, izračunaju energije u tim rezervama, pa se količina preračuna u ekvivalentni ugljen (ugljen ogrjevne moći od 7 000 kcal/kg), dobivaju se komparabilne rezerve (tabl. 7). Rezerve energije u ugljenu ovako su raspoređene republikama:

Bosna i Hercegovina	23,33%
Crna Gora	1,21%
Hrvatska	0,52%
Makedonija	1,29%
Slovenija	2,73%
Srbija	70,92%
(od toga Kosovo)	43,70%

Prema tome, 94,25% svih rezerva ugljena nalazi se u dvije republike (Srbiji i Bosni i Hercegovini). Promatrajući nešto detaljnije, može se konstatirati da se više od 83% svih rezervi ugljena nalazi na području između Kostolca, Kosova i Banovića.

Kad se promatra karakterijazacija prema istraženosti nalazišta, mogu se rezerve podijeliti na ove kategorije:

A+B	37,4%
C_1	39,4%
C_2	23,2%

To znači da se gotovo 40% može smatrati sigurnim rezervama, 40% manje sigurnim, a preostalih oko 20% još manje sigurnim. Dalje analize u ovom referatu osnivat će se na pretpostavci da su sve rezerve deklarirane kao eksploatabilne i dostupne.

Ogrjevna moć ugljena u Jugoslaviji vrlo je niska, što se vidi iz podataka o prosječnoj ogrjevnoj moći ugljena po republikama:

Bosna i Hercegovina	3 037 kcal/kg
Crna Gora	2 457 kcal/kg
Makedonija	1 710 kcal/kg
Hrvatska	6 000 kcal/kg
Slovenija	2 535 kcal/kg
Srbija	1 885 kcal/kg
(od toga Kosovo)	1 887 kcal/kg
Jugoslavija	2 128 kcal/kg

Ugljen tako niske ogrjevne moći nije ekonomski opravdano transportirati na iole veće udaljenosti, već se mora neposredno uz rudnik oplemeniti (sušenje, briketiranje) ili transformirati u neki drugi oblik energije (električna energija, plin).

S druge strane, eksploatacija najvećeg dijela rezerva ugljena vrlo je povoljna jer se gotovo 79% rezerva može eksploatirati u površinskim kopovima. To pogotovo vrijedi za ugljen najniže ogrjevne moći.

Kad se promatra iskorištavanje rezerva ugljena za proizvodnju električne energije treba postaviti pitanje koliko od raspoloživih rezerva treba osigurati za spaljivanje u termoelektranama. Na to se pitanje, međutim, bez vrlo detaljne analize energetskih odnosa u budućnosti, ne može odgovoriti s većom sigurnošću., jer se — prema mišljenjima koja se danas sve češće čuju — može očekivati upotreba ugljena za proizvodnju sintetičkog zemnog plina, i to plinofikacijom ugljena u posebnim postrojenjima ili u samom nalazištu. Postoji također mogućnost proizvodnje tekućih goriva od ugljena. Takva upotreba ugljena smanjit će, sigurno, količine raspoložive za termoelektrane. Danas je teško i približno procijeniti i vrijeme i količine ugljena koje će se upotrijebiti za proizvodnju plina i tekućih goriva, ali se smatra da tu mogućnost ne treba zanemarivati kad se raspravlja o dinamici trošenja rezerva ugljena. Ako ipak zanemarimo takvu upotrebu ugljena, preostaje da se u procjenama oslonimo na raspoložive podatke u drugim zemljama (tabl. 8). Udio je metalurgije u potrošnji ugljena, kako se vidi, znatan, postepeno se polagano povećava. Od ugljena potrošenog za metalurgiju najviše se potroši ugljena potrebnog za proizvodnju koksa. Budući da se naš ugljen ne može upotrijebiti za proizvodnju metalurškog koksa, pri razmatranju udjela našeg ugljena u zadovoljavanju potražnje treba isključiti potrošnju u metalurškoj industriji. Ako se tako računa, dobivaju se podaci u donjem dijelu tabel. 8. Prema procjenama, ako se isključi ugljen za metaluršku industriju, u evropskim zemljama trošit će se oko 75% ukupno potrebnog ugljena u termoelektranama. Taj je udio u Sjevernoj Americi (SAD i Kanadi) nešto veći zbog velikog udjela zemnog plina u opskrbi ostalih po-

trošača. Treba naglasiti da se ta procjena osniva na prilikama u 1985. god., kad se nije računalo na znatniju upotrebu ugljena za proizvodnju plina i tekućih goriva.

Do sada je u Jugoslaviji udio termoelektrana u potrošnji ugljena bio mnogo manji, što se vidi iz ovih podataka:

1956. 19,3%
1960. 17,2%
1965. 28,4%
1970. 41,3%
1975. 55,8%

Tablica 8.

STRUKTURA POTROŠNJE UGLJENA U EVROPI I SJEVERNOJ AMERICI (u %)

Potrošači	Zapadna Evropa		Istočna Evropa i SSSR		Sjeverna Amerika (SAD i Kanada)	
	1973.	1985.	1973.	1985.	1973.	1985.
Za proizvodnju električne energije	48	55	55	62	70	76
Za metalurgiju	26	27	14	17	19	14
Ostali potrošači	26	18	31	21	11	10
Bez potrošnje ugljena za metalurgiju						
Za proizvodnju električne energije	65	75	64	75	86	88
Ostali potrošači	35	25	36	25	14	12

Izvor: Perspective de l'industrie charbonnière dans la région de la CEE, Cinqième partie, Commission économique pour l'Europe, COAL/WP. 1/R. 25/Add. 5, Genève, 1977.

Valja naglasiti da se ti postoci odnose na proizvodnju ugljena, jer se dio ugljena potreban u Jugoslaviji uvozi. Treba, međutim, računati s povećanjem tog udjela, zato što se potrošnja električne energije razvija brže od potrošnje ukupne energije i zato što će se povećati udio termoelektrana u proizvodnji električne energije.

Zbog svega toga pri razmatranju razvoja elektroprivrede u Jugoslaviji ne bi se smjelo računati da će za elektrane biti na raspolaganju više od 75% eksploatabilnih rezerva ugljena. Pri tome se, svakako opravdano, postavlja pitanje da li je nužno i razumno u relativno kratkom vremenskom razdoblju (u idućih 30 do 40 godina) iscrpsti sve danas poznate rezerve ugljena.

6. MOGUĆNOST IZGRADNJE TERMOELEKTRANA NA BAZI EKSPLOATABILNIH REZERVA

Ovo razmatranje o mogućnosti izgradnje termoelektrana osniva se samo na rezervama ugljena, a ne uzimaju se u obzir druge okolnosti koje mogu utjecati na ograničenje instaliranih snaga termoelektrana (voda za hlađenje, pa i u slučaju povratnog hlađenja, koncentracija emisije pepela, sumpornog dioksida i oksida dušika, utjecaj na mikroklimu, uskladištenje pepela). Za analizu svih tih utjecaja, naime, nema potrebnih podataka. Prema tome, mogućnosti izgradnje koje se osnivaju samo na rezervama predstavljaju maksimalne vrijednosti, jer ih drugi utjecaji mogu potvrditi ili zahtijevati njihovo smanjenje.

U tabl. 9. dani su podaci o maksimalnim snagama termoelektrana koje se, prema eksploatabilnim rezervama, mogu izgraditi u pojedinim republikama. Oni su izračunati uz pretpostavku da je iskorištenje instalirane snage termoelektrana 5 500 h/g. i da je specifična potrošnja energije za proizvodnju električne energije na stezaljkama generatora 2 320 kcal/kWh. Uz takve pretpostavke, za 1 MW instalirane snage potrebno je godišnje 1 822,86 t ekv. ugljena.

Mogućnosti gradnje termoelektrana izračunate su prema tri kriterija. Kriaerij A: istodobna gradnja svih agregata na rudniku, uz osiguranje pogona termoelektrana za 25 godina; kriterij B: postepena gradnja rudničkih kapaciteta kroz 15 godina, 25 godina maksimalnog iskorištavanja i 15 godina postepeno smanjivanja eksploatacije (računsko trajanje iskorištavanja maksimalnog kapaciteta 40

Tablica 9.

MOGUĆA IZGRADNJA TERMOELEKTRANA UZ RUDNIKEUGLJENA (snaga na generatoru MW)

Republike	Kriterij A	Kriterij A1	Kriterij B	Kriterij B1	Kriterij C	Kriterij C1
Bosna i Hercegovina	19 554	14 666	12 221	9 166	9 090	6 818
Crna Gora	1 016	762	635	476	444	333
Hrvatska	434	326	272	204	258	194
Makedonija	1 077	808	673	505	691	518
Slovenija	2 293	1 720	1 433	1 075	1 234	926
Srbija	59 443	44 582	37 152	27 864	25 608	19 206
(od toga Kosovo)	(36 630)	(27 473)	(22 894)	(17 171)	(15 053)	(11 290)
Jugoslavija	83 817	62 864	52 386	39 290	37 325	27 995

Kriterij A: istodobna gradnja svih termoelektrana, osiguranje pogona termoelektrana u toku 25 godina; sve rezerve ugljena za termoelektrane.

Kriterij A1: kao priterij A, ali 75 % rezerva ugljena za termoelektrane.

Kriterij B: 15 godina postepene gradnje, 25 godina punog pogona i 15 godina postepenog obustavljanja; prosječno iskorištavanje rezerva kroz 40 godina; sve rezerve ugljena za termoelektrane.

Kriterij B1: kao kriterij B, ali 75 % rezerva za termoelektrane.

Kriterij C: gradnja termoelektrana prema maksimalnim proizvodnim kapacitetima rudnika; sve rezerve ugljena za termoelektrane.

Kriterij C1: kao kriterij C, ali 75 % rezerva za termoelektrane.

godina): kriterij C: gradnja termoelektrana prema maksimalnim proizvodnim kapacitetima rudnika koji su procijenjeni na bazi rezerva u studiji Rudarskog instituta iz Beograda.

Za sve varijante određene su maksimalne instalirane snage termoelektrana, jedanput uz pretpostavku da se sve rezerve iskorištavaju za pogon termoelektrana, a drugi put (kriteriji A1, B1 i C1) kad se računa da se 75% rezerva osigurava za pogon termoelektrana. U tabl. 10. dani su podaci o maksimalnim proizvodnim kapacitetima pojedinih runika, koji su u studiji Rudarskog instituta iz Beograda navedeni kao »gruba procjena potencijalnih mogućnosti proizvodnje«, do kojih su autori studije došli samo na osnovi sirovinske baze, a pri tome nisu uzimali u obzir druge faktore, kao što je mogućnost osiguranja novca, mogućnost strojogradnje, da proizvede potrebnu opremu, osiguranje stručnih kadrova. U tabl. 10. nalaze se i podaci koliko se godina mogu iskorištavati tako procijenjeni proizvodni kapaciteti rudnika. Broj godina je između 30 i 60, pa se kao prosjek dobiva 56,6 godina. To pokazuje da rudarski stručnjaci smatraju da je rudničke kapacitete opravdano tako dimenzionirati da se mogu iskorištavati pedesetak godina, s obzirom na eksploatabilne rezerve.

Tablica 10.

PROCJENA POTENCIJALNIH PROIZVODNIH KAPACITETA RUDNIKA

Rudnici	Proizvodni kapacitet rudnika (10^6 t ugljena)	Ogrjevna moć (kcal/kg)	Proizvodni kapacitet rudnika (10^6 t ekv. uglj.)	Trajanje iskorištavanja, kapacitet rudnika (godina)	Maksimalna snaga na pragu termoelektrane (MW)
Banovići-Đurđevik	5,45	3 770	2,94	51,4	1 613
Srednjebosanski rudnici	7,80	3 904	4,35	53,1	2 386
Kamengrad	2,10	3 112	0,93	62,6	510
Ugljevik	3,80	2 700	1,47	54,4	806
Kreka	14,80	2 563	5,42	54,1	2 974
Banja Luka	0,40	1 894	0,11	49,5	60
Gacko	3,75	2 512	1,35	53,4	741
Bosna i Hercegovina	38,10	3 044	16,57	53,9	9 090
Crna Gora — Pljevlja	2,30	2 547	0,81	57,3	444
Hrvatska — Raša	0,55	6 000	0,47	42,0	258
Oslomej	1,20	1 657	0,28	29,0	154
Suvodol	4,00	1 711	0,98	41,8	537
Makedonija	5,20	1 696	1,26	38,8	691
Zasavski rudnici	1,45	3 180	0,66	41,0	362
Velenje	4,70	2 368	1,59	48,7	872
Slovenija	6,55	2 561	2,25	46,9	1 234
Resavsko-Moravski	0,60	3 600	0,31	58,0	170
Bogovina	0,25	4 200	0,15	34,4	82
Soko	0,40	3 300	0,19	35,5	104
Kolubara	42,00	1 650	9,90	55,5	5 432
Kostoloc	26,00	2 100	7,80	53,1	4 279
Despotovac	0,20	3 069	0,09	48,0	49
Sjenica	1,60	3 300	0,75	52,0	411
Ibarski rudnici	0,06	6 206	0,05	51,7	27
Kosovo	96,00	1 892	25,95	62,3	14 237
Metohija	6,00	1 740	1,49	35,1	817
Srbija	173,11	1 864	46,68	58,1	25 608
Jugoslavija	225,41	2 125	68,04	56,6	37 325

Izvor: podatak za proizvodne kapacitete kao za tabl. 6.

Kriterij A1, prema kojem se računa na iskorištavanje rezerva u toku 25 godina samo je teorijska gornja granica, pa on ne može biti mjerodavan za ocjenu mogućnosti zadovoljavanja potrošnje električne energije. I prema tome kriteriju moguće je ukupno izgraditi 62 864 MW u termoelektranama ili oko 52 000 MW u novim termoelektranama, jer će se do kraja 1987. godine sagraditi 10 851 MW u termoelektranama (tabl. 5.).

Druga dva kriterija bliža su stvarnosti. Prema kriteriju B1, rudnički kapaciteti iskorištavaju se u prosjeku 40 godina, pa moguća maksimalna instalirana snaga termoelektrana iznosi 39 290 MW, a ako se odbiju do 1987. god. izgrađene termoelektrane, može se izgraditi:

28 439 MW

u novim termoelektranama. Ako se međutim, situacija promatra prema kriteriju C1, mogućnost izgradnje termoelektrana još je manja jer se može izgraditi 27 995 MW, odnosno u novim termoelektranama

17 144 MW

Takvo razmatranje pokazuje da je ograničena mogućnost gradnje termoelektrana. One se, međutim, osnivaju na pretpostavci ili pretpostavkama o trajanju iskorištavanja proizvodnih kapaciteta rudnika, pa mogu biti sporne. Zbog toga će se u daljem izlaganju mogućnost praćenja razvoja gradnje termoelektrana analizirati s obzirom na dinamiku trošenja rezerva.

7. VARIJANTE GRADNJE TERMOELEKTRANA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU JUGOSLAVIJE

Da se pokaže mogući dalji razvoj elektroenergetskog sistema Jugoslavije, razmatrane su tri varijante gradnje termoelektrana, pri čemu se smatra da je dinamika gradnje hidroelektrana jednaka u svim varijantama. Prema današnjem razvoju tehnike, moguća je — s obzirom na prilike u Jugoslaviji — u osnovi ili gradnja termoelektrana na bazi ugljena ili izgradnja nuklearnih elektrana. Veći opseg gradnje termoelektrana na bazi tekućih goriva ne može se predvidjeti jer će biti teško osigu-

rati potrebno gorivo, zato što nastojanja u naftnoj privredi teže smanjenju proizvodnje teških derivata. To, međutim, ne znači da će u nekom od područja u nekom momentu biti opravdano izgraditi i takvu termoelektranu za premoštenje manjka energije između gradnje dviju većih elektrana. Treba naglasiti da promatrane varijatne treba da pomognu pri donošenju strateških odluka o razvoju proizvodnje električne energije, a one se ne mogu smatrati planom izgradnje, jer bi za takav plan bile potrebne mnogo detaljnije analize na osnovi mnogih podataka koji se ne mogu ni definirati za toliko godina unaprijed.

Prilike u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije analizirane su uz ove pretpostavke:

a) varijanta kruto gorivo — varijanta A. Sav porast potrošnje električne energije pokriva se gradnjom termoelektrana uz rudnike ugljena sve do kraja promatranog razdoblja, tj. do 2010. god. Pri tome se ne definira lokacija novih termoelektrana, ali je evidentno da se — s obzirom na rezerve ugljena i s obzirom na postojeće termoelektrane i termoelektrane koje su predviđene do 1988. god. — nove termoelektrane mogu graditi praktički samo uz rudnike u SR Srbiji i SR Bosni i Hercegovini.

b) varijanta kruto gorivo uz izgradnju nuklearnih elektrana nakon 2000. god. — varijanta B. Do 2000. god. sav se porast potrošnje električne energije pokriva izgradnjom termoelektrana na rudnicima ugljena, a nakon te godine samo izgradnjom nuklearnih elektrana raspoređenih prema manjkovima energije u republikama;

c) varijanta kruto i nuklearno gorivo — varijanta C. Tempo izgradnje nuklearnih elektrana diktiran je manjkovima snage i energije u republikama bez većih rezerva ugljena (Slovenija, Hrvatska, Makedonija), a termoelektrane uz rudnike ugljena grade se u područjima s većim rezervama.

8. USPOREDBA VARIJANATA PREMA POTROŠNJI UGLJENA

Osim hidroelektrana i termoelektrana s tekućim gorivom (2 252,7 MW), za zadovoljavanje konzuma potrebna je u promatranim varijantama slijedeća snaaga termoelektrana (snage na generatoru):

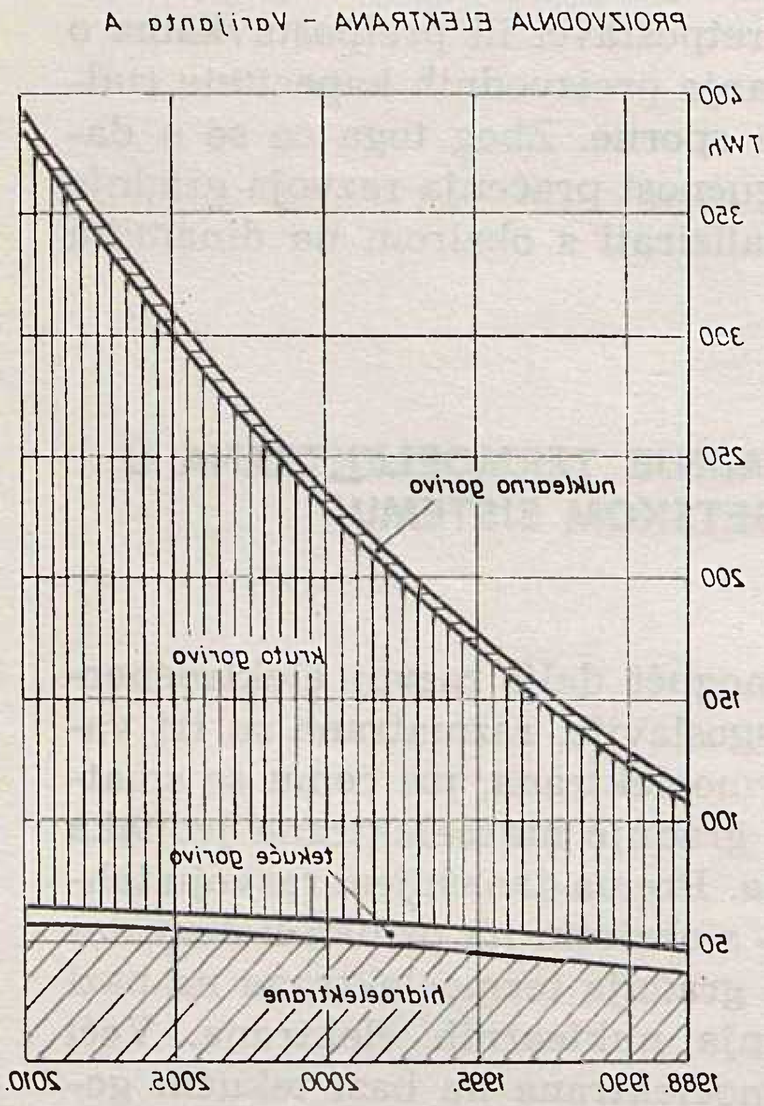
Termoelektrane — ugljen

Varijanta	A	B	C	
1988.	11 484	11 484	10 851	MW
1990.	14 436	14 436	11 609	MW
1995.	23 144	23 144	16 778	MW
2000.	34 266	34 266	23 365	MW
2005.	47 433	34 266	31 356	MW
2010.	65 775	34 266	42 383	MW

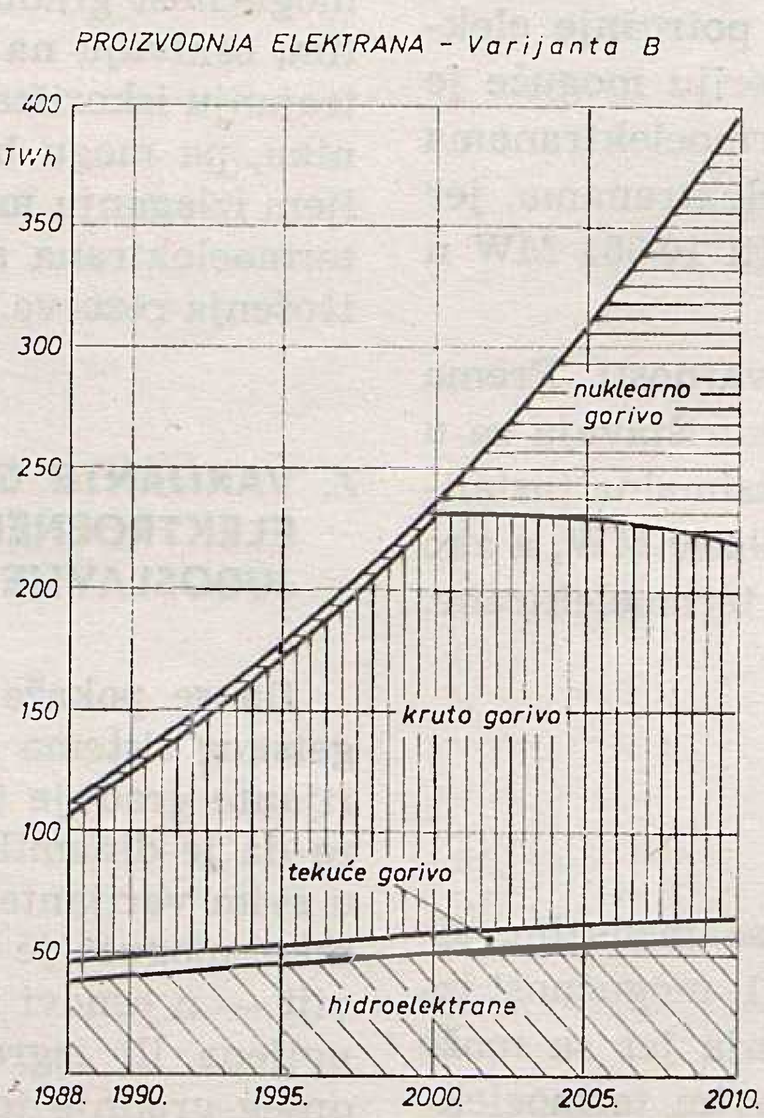
Nuklearne elektrane

Varijanta	A	B	C	
1988.	637	637	1 537	MW
1990.	637	637	3 337	MW
1995.	637	637	6 937	MW
2000.	637	637	11 437	MW
2005.	637	14 104	16 837	MW
2010.	637	32 416	24 037	MW

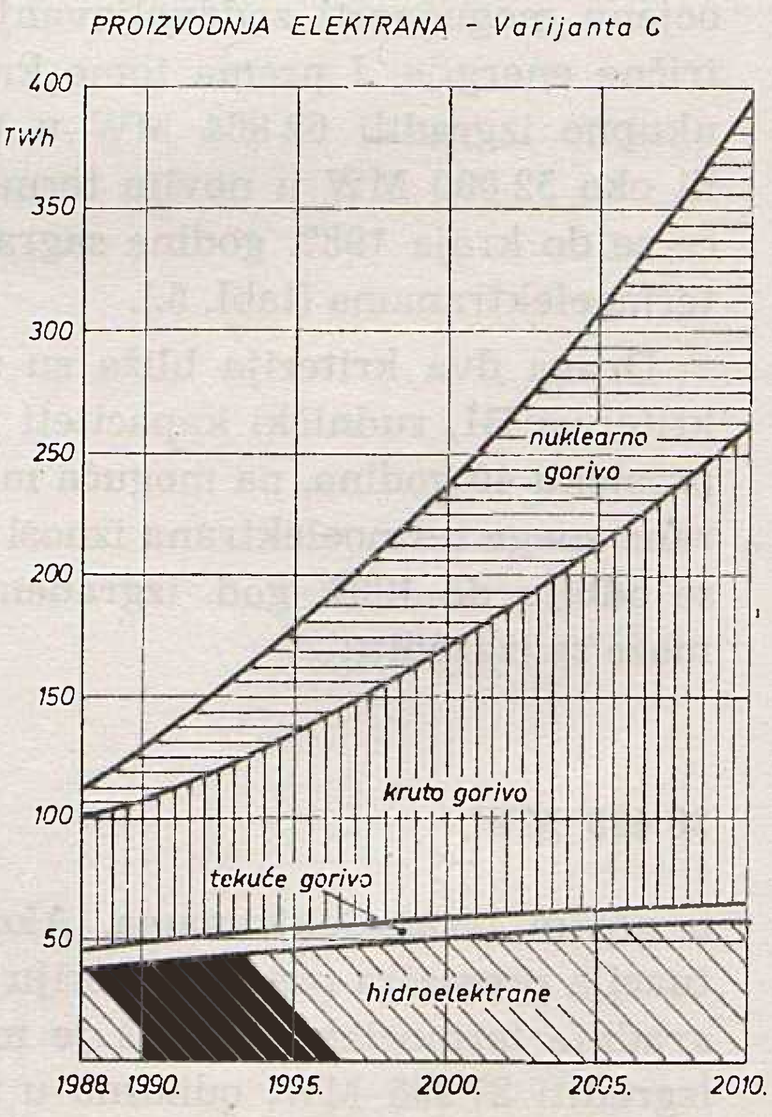
Potrebna proizvodnja elektrana vidi se na sl. 3. za varijantu A, na sl. 4. za varijantu B, a na sl. 5. za varijantu C.



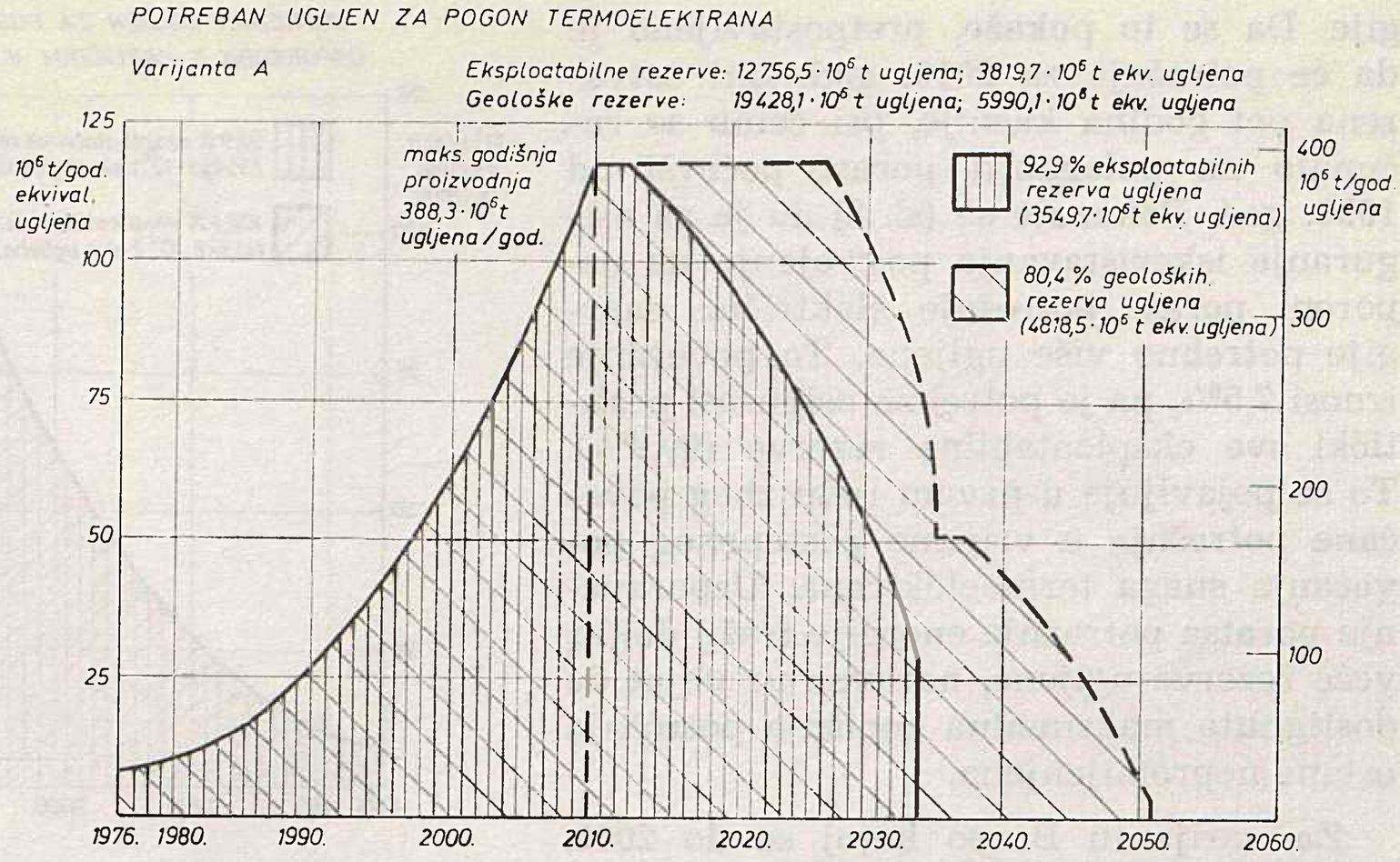
Sl. 3.



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Dinamika trošenja ugljena u varijanti A vidi se na slici 6. Godišnja potrošnja ugljena raste do 2010. god. onako kako raste proizvodnja termoelektrana. Budući da je potrebno osigurati ugljen za 25-godišnji rad svih izgrađenih termoelektrana, jer je to vijek trajanja termoelektrana, mora se ugljen osigurati sve dok ne dotraju sve termoelektrane izgrađene do 2010. god. Zbog toga se nakon 2010. god. potrošnja ugljena postepeno smanjuje onako kako se obustavljaju dotrajale termoelektrane. Uz takvu pretpostavku o nužnosti osiguranja ugljena za sve termoelektrane u toku njihova trajanja, potrebno je osigurati $3\,549{,}7 \cdot 10^6$ t ekvivalentnog ugljena, odnosno 92,9% od eksploatabilnih količina ugljena. Maksimalna proizvodnja, međutim, može se uz toliko iskorištenje rezerva osigurati samo za tri godine, pa će se znatan dio postrojenja uz rudnike morati napustiti prije tehničke dotrajalosti jer će se iscrpsti rezerve. Takav zaključak potvrđuje i činjenica da bi za zadovoljavanje tako određenih potreba bilo potrebno izgraditi proizvodna postrojenja na rudnicima do kapaciteta $388{,}26 \cdot 10^6$ tona ugljena godišnje, a to je 230% od maksimalnih rudničkih kapaciteta (tabl. 10) koji su opravdani s obzirom na eksploatabilne rezerve, naravno uz pretpostavku da se 25% proizvodnih kapaciteta osigura za opskrbu ostalih potrošača ugljena. Da se ukaže na eventualno povišenje eksploatabilnih rezerva ugljena, izrađena je dinamika potrošnje ugljena uz pretpostavku da se mogu iskoristiti sve geološke rezerve. Svakako da je to samo teorijska pretpostavka koja se ne može ostvariti, ali pokazuje krajnje granice mogućnosti. I tada se u 2010. god. prestaje s povećanjem gradnje elektrana (sl. 6). Povećane rezerve, međutim, dopuštaju da se dio do tada izgrađenih, ali dotrajalih, termoelektrana zamijeni novima, za koje je također potrebno osigurati ugljen. Za dinamiku trošenja na sl. 6. potrebno je $4\,818{,}5 \cdot 10^6$ tona ekv. ugljena, a to je 80,4% geoloških rezerva. Uz povećanje rezerva za 35,7%, produljuje se trajanje iskorištavanja maksimalnih rudničkih kapaciteta od 3 na 17 godina. I to je vjerojatno prekratak rok za ekonomično iskorištavanje postrojenja uz rudnike. S geološkim rezervama, naime, mogli bi se staviti na raspolaganje elektroprivredi rudnički kapaciteti od $265{,}1 \cdot 10^6$ tona ugljena (prema kriterijima primijenjenim u studiji Rudarskog instituta, tabl. 10), a to je tek 68,3% potrebnih rudničkih kapaciteta.

Prema tome, varijanta A, kad se promatraju eksploatabilne rezerve, nije ostvariva jer traži veće količine ugljena od onih na koje se može računati da su raspoložive za elektroprivredu. I kad bi se računalo s povećanim rezervama ugljena, varijanta A nije ekokomski prihvatljiva, ni onda kad bi se ostvarilo vrlo veliko povećanje eksploatabilnih rezerva, a to je, najblaže rečeno, malo vjerojatno, jer bi to tražilo znatno povećanje insticija u rudnike, koje se ne bi mogle amortizirati.

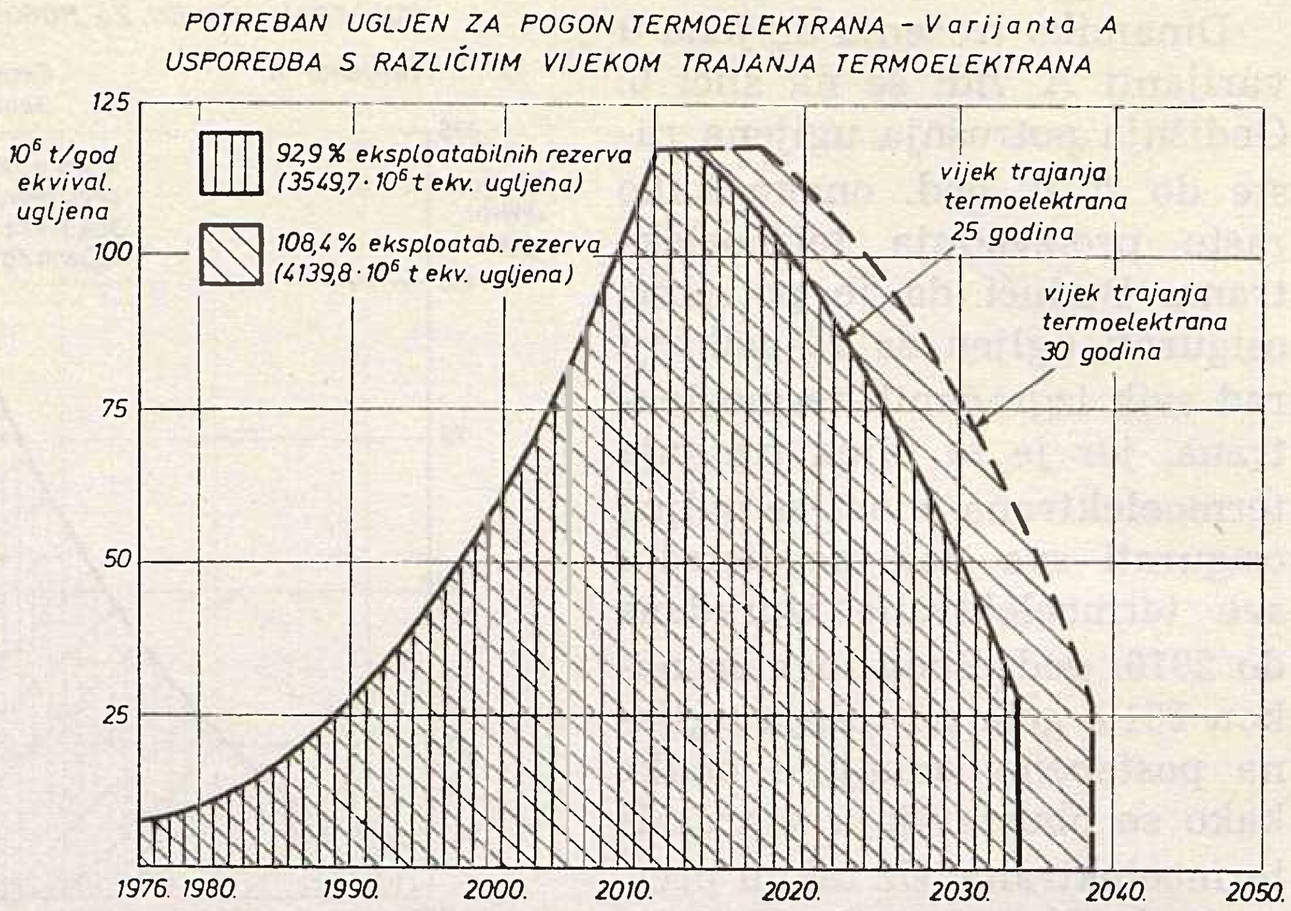
Vijek trajanja elektrana od 25 godina kalkulatavni je vijek trajanja, jer pokazuje da termoelektrane, uz odgovarajuće održavanje, mogu biti tehnički sposobne za pogon i dulje od 25 godina. Prema današnjim odnosima cijena goriva i investicija, nije opravdano demontirati termoelektrane prije njihove tehničke dotrajalosti, jer se uštedom na gorivu, koja se može ostvariti zamjenom starog postrojenja novim s poboljšanim karakteristikama, ne može nadoknaditi izdatak zbog novih investicija. Takav zaključak vrijedi i za budućnost — unatoč predvidivom povišenju cijena goriva — jer je razvoj konvencionalnih termoelektrana dostigao takav stupanj (parametri pare, međupregrijanje, zagrijavanje kondenzata) da se ne može očekivati neko znatnije poboljšanje iskorištavanja goriva.

Da se prikaže utjecaj produljenja vijeka trajanja termoelektrana, izrađen je dijagram na sl. 7. Pretpostavljano je da je vijek trajanja termoelektrana 30 godina. Pokazuje se, da je — uz jednak razvoj izgradnje termoelektrana do 2010. god. — potrebno više ugljena za iskorištavanje tehničkih mogućnosti postrojenja. Da bi se osigurao potrebni ugljen, tada bi trebalo rezervirati 108,4% od eksploatibilnih rezervi ugljena, dakle i više nego što postoji takvih rezerva. I to pokazuje da se ne može osigurati opskrba potrošača električnom energijom uz pretpostavku da se do 2010. god. grade samo konvencionalne termoelektrane na bazi ugljena.

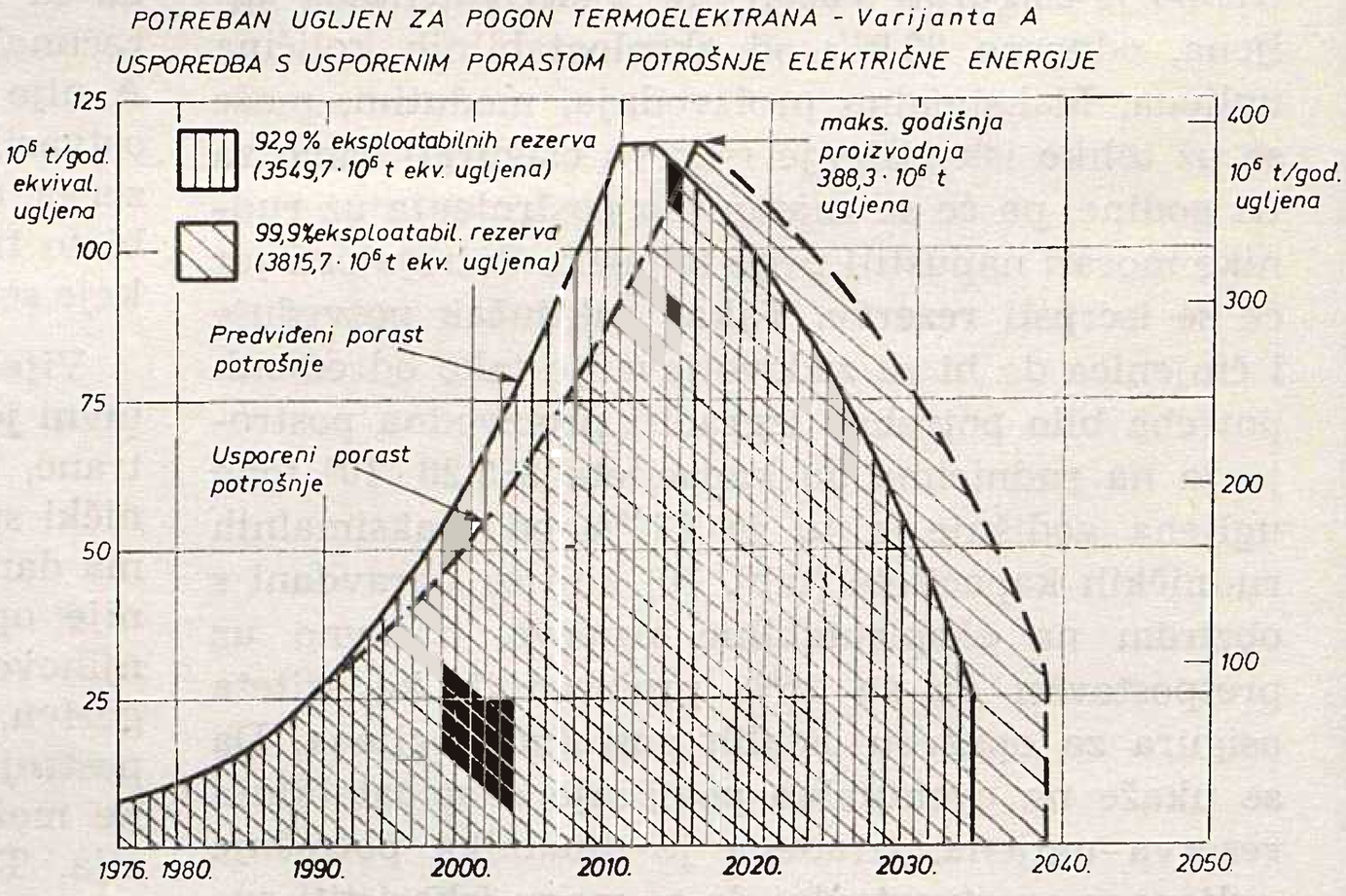
Svakako je zanimljivo pitanje kakva je dinamika trošenja rezerva ugljena ako se računa s usporednim tempom razvoja potrošnje električne ener-

gije. Da se to pokaže, pretpostavljeno je da će potrošnja za 2010. god. biti ostvarena pet godina kasnije, pri čemu se računalo na polaganiji porast počevši od 1990. god. Pokazuje se (sl. 8) da je za osiguranje iskorištavanja postrojenja uz usporeni porast potrošnje električne energije potrebno više ugljena. To povećanje iznosi 7,5%, pa je potrebno osigurati praktički sve eksploatabilne rezerve (99,9%). To se pojavljuje u prvom redu zbog povećane potrošnje u vrijeme postepenog povećanja snaga termoelektrana. Usporavanje poratsa potražnje energije traži, dakle, veće rezerve ugljena, naravno uz uvjet da dostignuta maksimalna godišnja potrošnja ostane nepromijenjena.

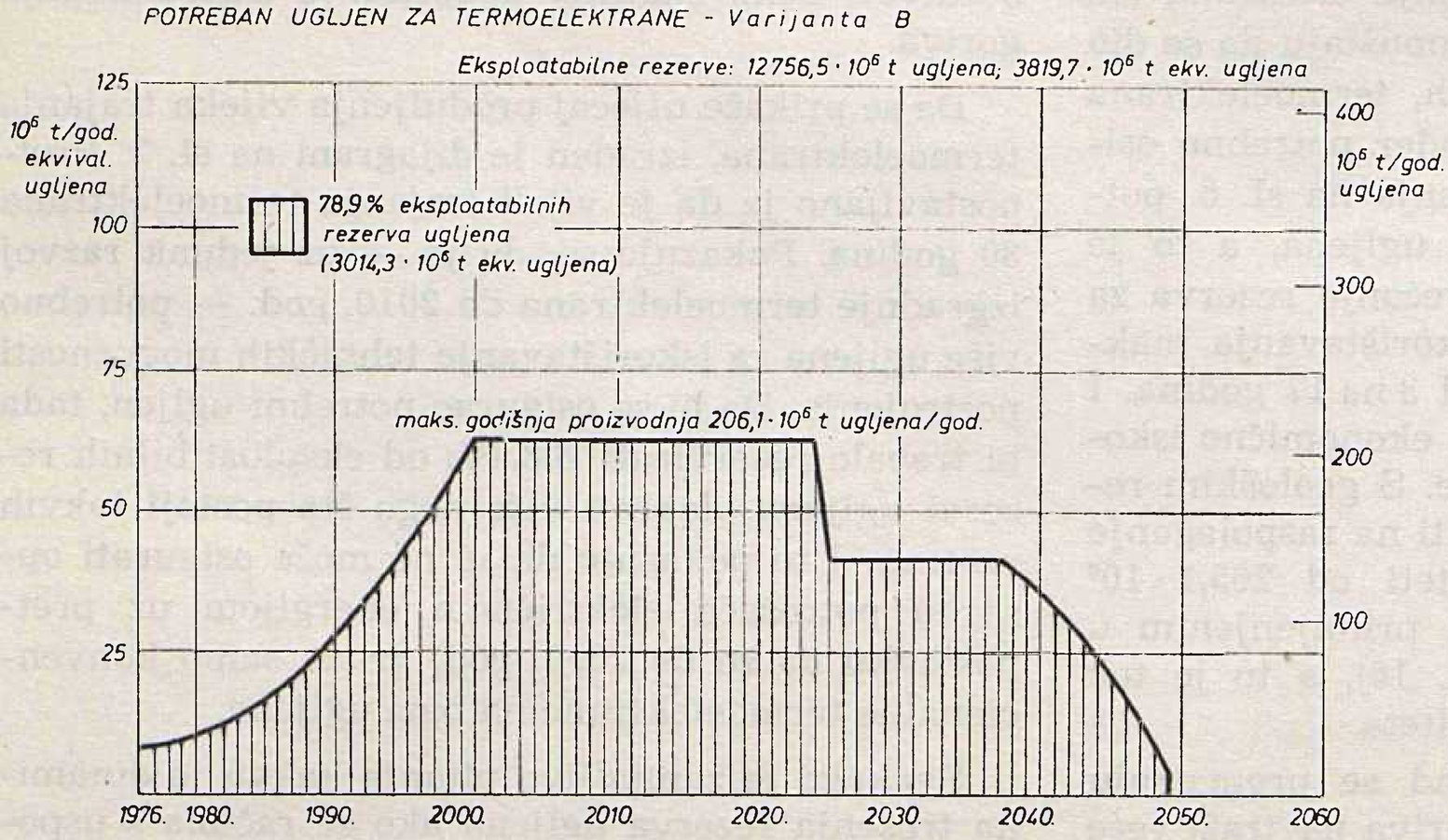
Za varijantu B, po kojoj se do 2000. god. grade samo konvencionalne termoelektrane na bazi ugljena, a nakon toga samo nuklearne elektrane, dinamika trošenja ugljena vidi se na dijagramu na sl. 9. Potrošnja ugljena raste do 2000. god., a nakon toga ostaje praktički na istoj razini sve do 2024. god., što znači da se maksimalni rudnički kapaciteti iskorištavaju 24 godine. Nakon toga potrošnja ugljena naglo pada, jer se obustavljaju dotrajale termoelektrane. Uz takvu dinamiku trošenja ugljena potrebno je za elektroprivuredu $3\,014{,}3 \cdot 10^6$ t ekv. ugljena ili 78,9% od eksploatabilnih rezerva, dok bi makismalni kapacitet rudnika morao biti $206{,}1 \cdot 10^6$ t ugljena. Takva je dinamika gradnje termoelektrana prihvatljiva s obzirom na potrebne količine ugljena, ali traži veće rudničke kapacitete od onih koji su po shvaćanjima rudara ekonomski opravdani. Ona, naime, traži 22% veće kapacitete rudnika od onih koji se smatraju ekonomičnima, naravno uz pretpostavku



Sl. 7.



Sl. 8.

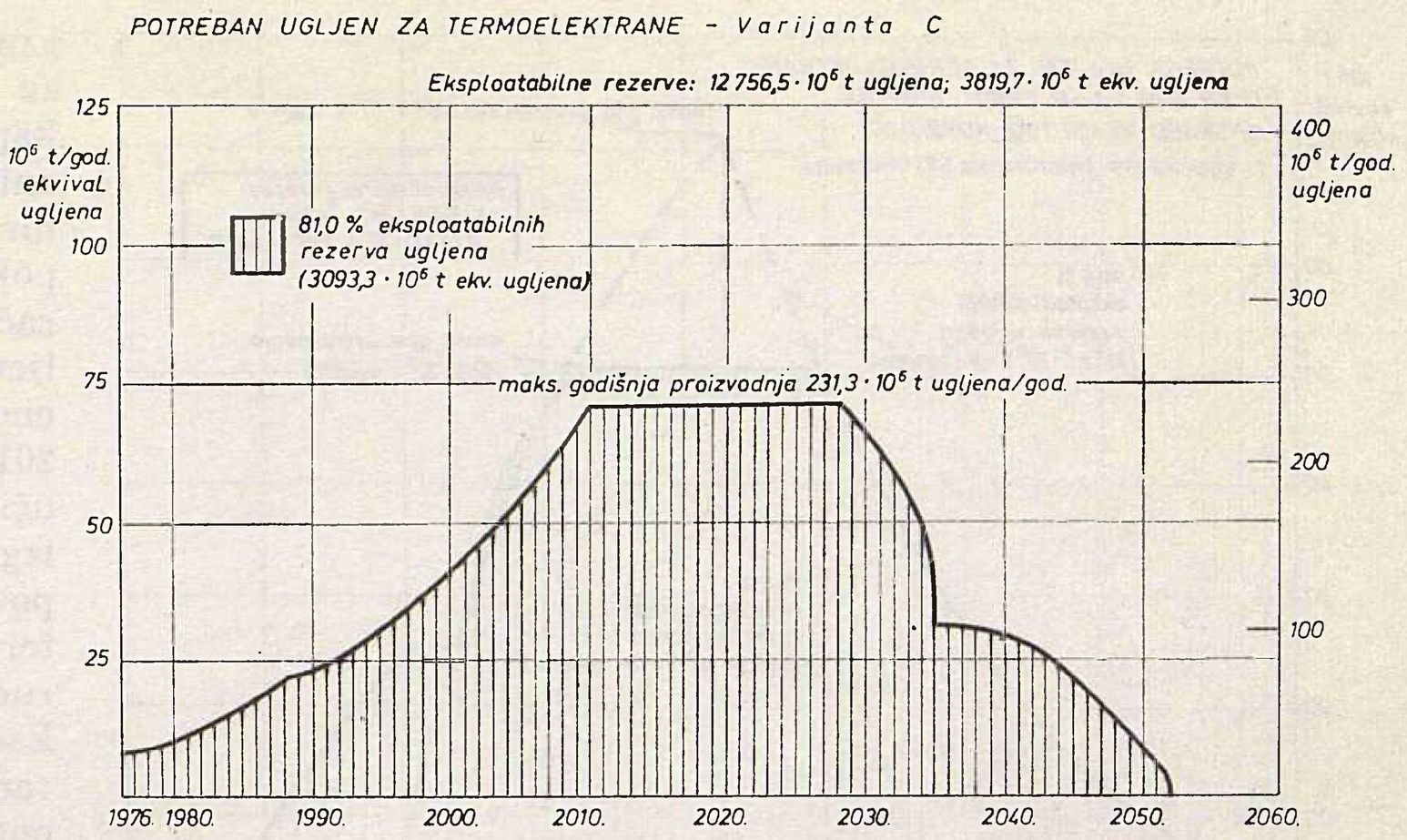


Sl. 9.

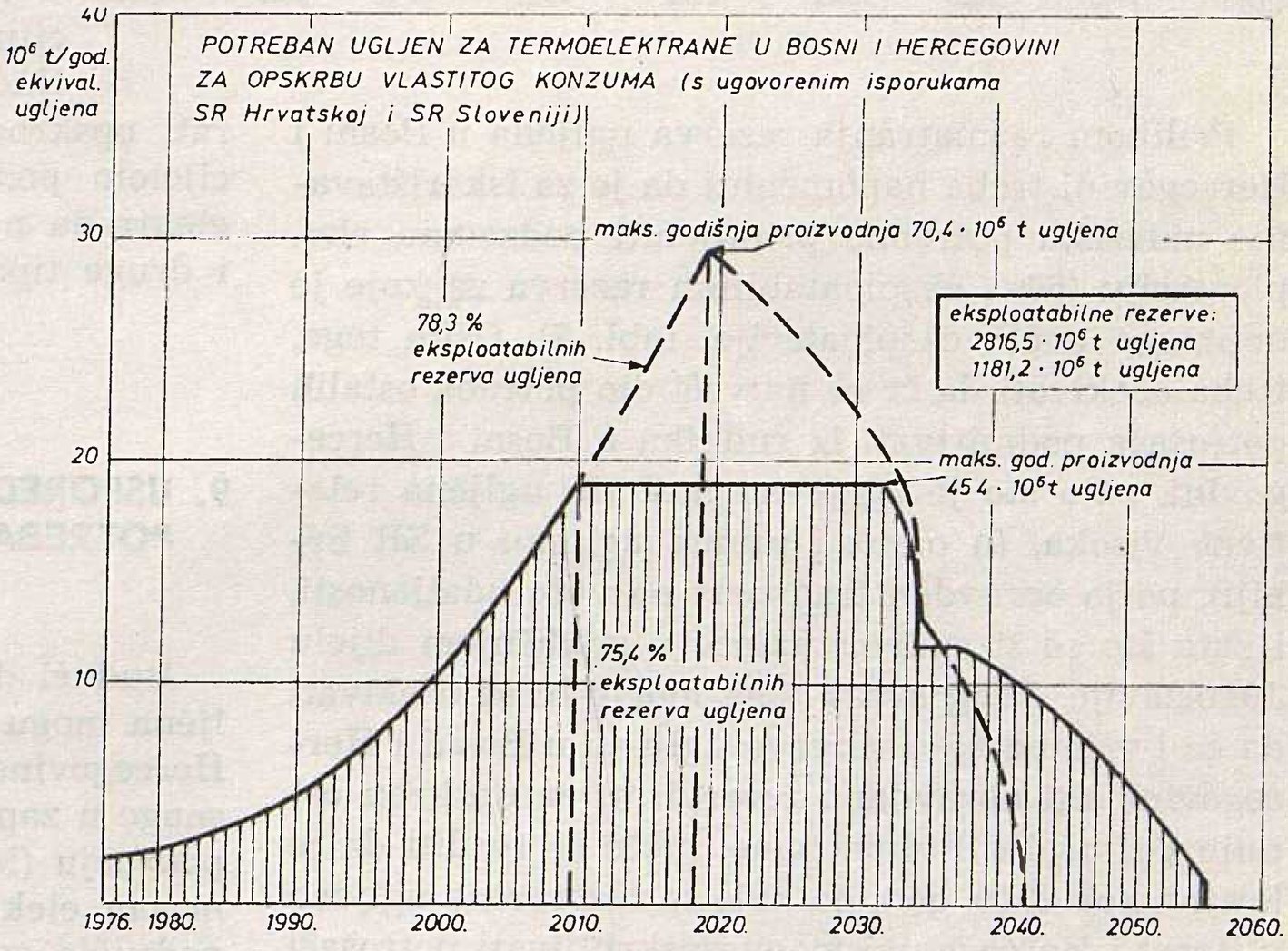
da je 25% rudničkih kapaciteta osigurano za ostale potrošače.

Prema varijanti C, grade se nuklearne elektrane s malim rezervama ugljena (Hrvatska, Slovenija, Makedonija), i to zato da se praktički eliminira deficit električne energije u tim područjima. Termoelektrane na bazi ugljena grade se u drugim područjima i njihov je zadatak da podmire potrebe u svojim područjima, te da nadoknade one manjkove u ostalim područjima koji se pojavljuju zbog porasta potrošnje između stavljanja u pogon dviju nuklearnih elektrana. Zbog toga treba, sve do kraja pro-

matranog razdoblja, povećati proizvodne kapacitete rudnika (sl. 10), pa je potrebna maksimalna proizvodnja od 231,3 · 10^6 t ugljena godišnje. Uz održavanje tolike proizvodnje u toku 18 godina i uz osiguranje ugljena za 25 godina za sve izgrađene termoelektrane, potrebno je za elektroprivredu osigurati 3 093,3 · 10^6 t ekv. ugljena ili 81,0% eksploatabilnih rezerva. Kao i za varijantu B, takva je dinamika trošenja ugljena prihvatljiva, s obzirom na potreban dio rezerva koji treba osigurati za elektroprivredu, ali ona traži 37% veće rudničke kapacitete od onih koje rudari smatraju ekonomski opravdanima.



Sl. 10.



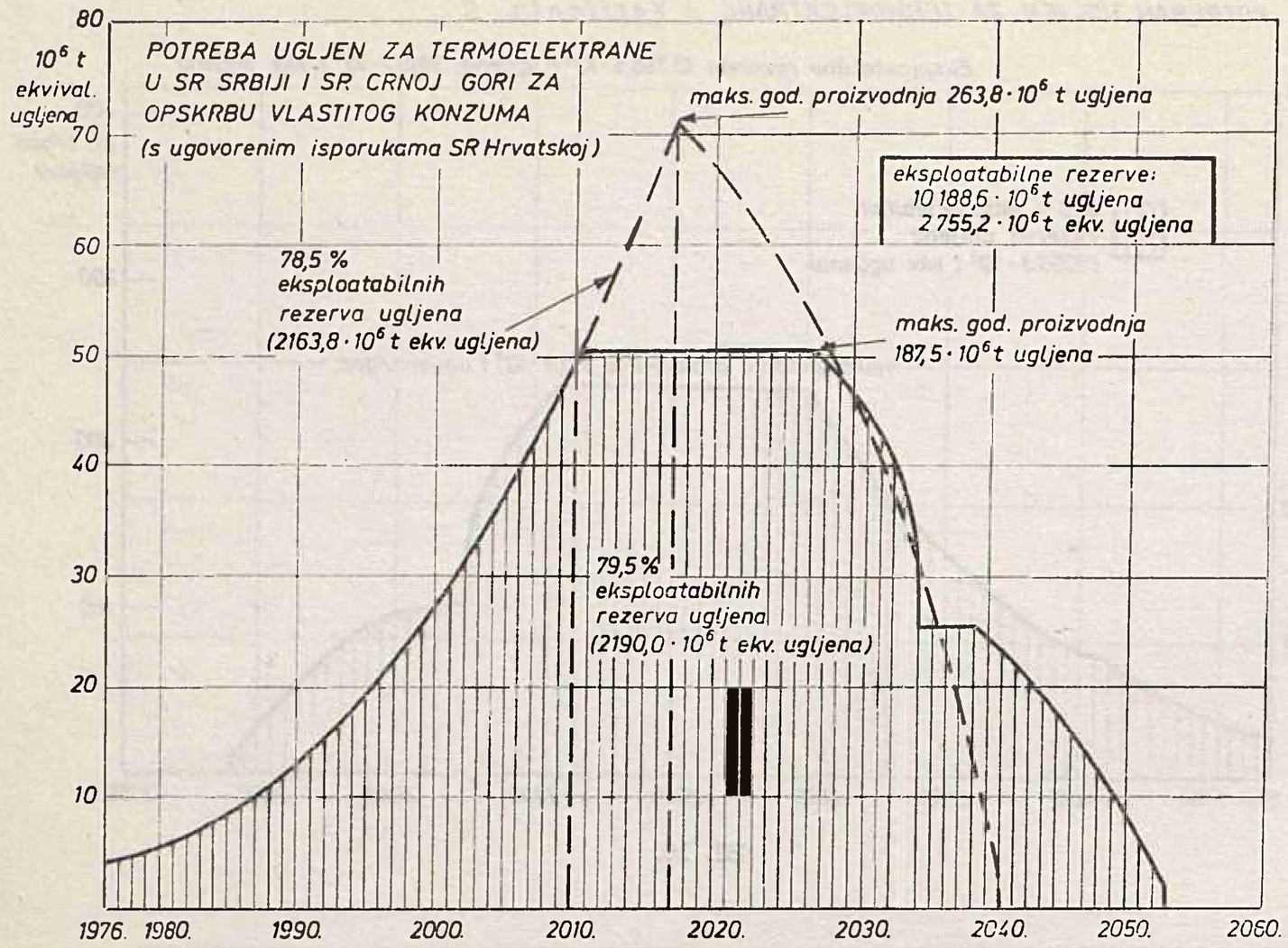
Sl. 11.

Prema varijanti C, grade se termoelektrane na bazi ugljena u SR Srbiji i SR Bosni i Hercegovini praktički onim tempom kakav je potreban da se opskrbe vlastiti potrošači. Zanimljivo je stoga promotriti situaciju u te dvije republike, uz pretpostavku da se vlastitim rezervama ugljena osigura opskrba vlastitih potrošača do 2010. god. Pri tome se računalo da ta dva područja osiguravaju potrebne količine ugljena koje slijede iz već preuzetih obaveza za isporuku električne energije u druge republike (SR Bosna i Hercegovina za SR Hrvatsku i SR Sloveniju, a SR Srbija za SR Hrvatsku). Treba naglasiti da su te obaveze relativno malene i da one ne utječu na rezultat.

Dinamika potrošnje ugljena za opskrbu vlastitih potrošača u SR Bosni i Hercegovini određena je uz dvije pretpostavke: a) instalirana snaga termoelektrana povećava se, prema potrebama potrošnje, do 2019. god., b) instalirana snaga termoelektrana prema potrebama potrošnje do 2010. god. (sl. 11).

Uz prvu pretpostavku, potrebni rudnički kapaciteti dostižu vrijednost od 70,4 · 10^6 t ugljena godišnje, ali se taj kapacitet može iskorištavati samo u jednoj godini, jer se uz takav tempo iskorištavanja rezerva i uz osiguranje ugljena za termoelektrane koje su još sposobne za pogon mora osigurati za elektroprivredu 78,3% eksploatabilnih rezerva na području SR Bosne i Hercegovine. Treba napomenuti da se u ovom slučaju računalo s većim rezervama ugljena u SR Bosni i Hercegovini od onih koje su iskazane u studiji Rudarskog instituta u Beogradu, jer su — nakon objavljivanja te studije — prema obavijesti Eelektroprivrede Bosne i Hercegovine, utvrđene dodatne eksploatabilne rezerve (prema studiji, eksploatabilne rezerve iznose 2 054,2 · 10^6 t ugljena ili 891,1 · 10^6 t ekv. ugljena, a povećane rezerve iznose 2 816,5 · 10^6 t ugljena ili 1 181,2 · 10^6 t ekv. ugljena). Ako se s povećanjem rezerva povećaju maksimalni rudnički kapaciteti, koji tada iznose 37,88 · 10^6 t godišnje (dio koji otpada na elektroprivredu), vidi se da su unatoč tome potrebni kapaciteti 86% veći od ekonomski prihvatljivih maksimalnih rudničkih kapaciteta. Takav način razvoja potrošnje ugljena, dakle, nije prihvatljiv.

Uz drugu pretpostavku, potrebno je osigurati proizvodnju 45,4 · 10^6 t ugljena godišnje, što je 20% više od maksimalnih rudničkih kapaciteta, prema studiji Rudarskog instituta, a uvaživši već spomenuto povećanje eksploatabilnih rezerva. Uz rezerviranje 75,4% povećanih eksploatabilnih rezerva za potrebe elektroprivrede, godišnja proizvodnja od 45,5 · 10^6 t ugljena može se održati 22 godine. To znači da je vjerojatno opravdano izgraditi tolike rudničke kapacitete ako se pokaže da je postojalo opravdanje za povišenje eksploatabilnih rezerva.



Sl. 12.

Prilikom razmatranja rezerva ugljena u Bosni i Hercegovini treba napomenuti da je za iskorištavanje nalazišta potrebno primijeniti podzemnu eksploataciju (60% eksploatabilnih rezerva za koje je definiran način eksploatacije, tabl. 7). Osim toga, treba očekivati da će se najveći dio potreba ostalih potrošača podmirivati iz rudnika u Bosni i Hercegovini, zato što je ogrjevna moć tih ugljena relativno visoka, (u odnosu prema ugljenu u SR Srbiji), pa je opravdan transport na veće udaljenosti, i zato što se ti rudnici nalaze u središnjem dijelu Jugoslavije. Zbog svega toga moglo bi se očekivati da će i više od 25% rezerva ugljena u Bosni i Hercegovini biti opravdano rezervirati za opskrbu ostalih potrošača. Prema tome, može se tvrditi da je krajnji rok 2010. god. do koje se rezervama ugljena u Bosni i Hercegovini mogu opskrbljivati potrošači električne energije na vlastitom području.

Analogna analiza provedena je za područje SR Srbije i SR Crne Gore, koja su promatrana zajedno (sl. 12).

Uz prvu pretpostavku — povećanje instaliranih snaga termoelektrana do 2017. god. — potrebno je izgraditi rudničke kapacitete za godišnju proizvodnju od $263{,}8 \cdot 10^6$ t ugljena, ali se toliki kapaciteti — s obzirom na eksploatabilne rezerve i na iskorištavanje termoelektrana u toku vijeka trajanja — može iskorištavati samo jednu godinu. Uz takvu pretpostavku razvoja termoelektrana, za elektroprivredu treba osigurati 78,5% eksploatabilnih rezerva ugljena. Potrebni rudnički kapaciteti veći su za 103% od kapaciteta koji se smatraju ekonomski opravdanima. To pokazuje da takav način gradnje termoelektrana nema opravdanja.

Uz drugu pretpostavku — povećanje instaliranih snaga termoelektrana do 2010. god. — potrebni su rudnički kapaciteti od $187{,}5 \cdot 10^6$ t ugljena godišnje i osiguranje 79,5% eksploatabilnih rezerva za elektroprivredu. Prema tome, rudnički kapaciteti treba da budu 44% veći od onih s kojima se računa kao s maksimalnima u studiji Rubdarskog instituta. To pokazuje da se ne može sa sigurnošću računati da će se vlastitim rezervama ugljena osigurati razvoj potrošnje električne energije u SR Srbiji i SR Crnoj Gori do 2010. god., pa je potrebno detaljno proučiti pitanje da li je ekonomski opravdano izgraditi toliko termoelektrana i nije li povoljnije prije dostići maksimalnu snagu termoelektrana, pa tako smanjiti potrebne rudničke kapacitete, produljiti vrijeme iskorištavanja rudničkih kapaciteta, ali i ranije prijeći na druge primarne izvore energije za proizvodnju električne energije.

Analiza prilika u dva energetski suficitna područja Jugoslavije potvrđuje zaključak da se do 2010. god. ne može osigurati opskrba potrošača električnom energijom na cijelom području Jugoslavije izgradnjom termoelektrana na bazi ugljena, te da je nužno graditi i druge tipove elektrana.

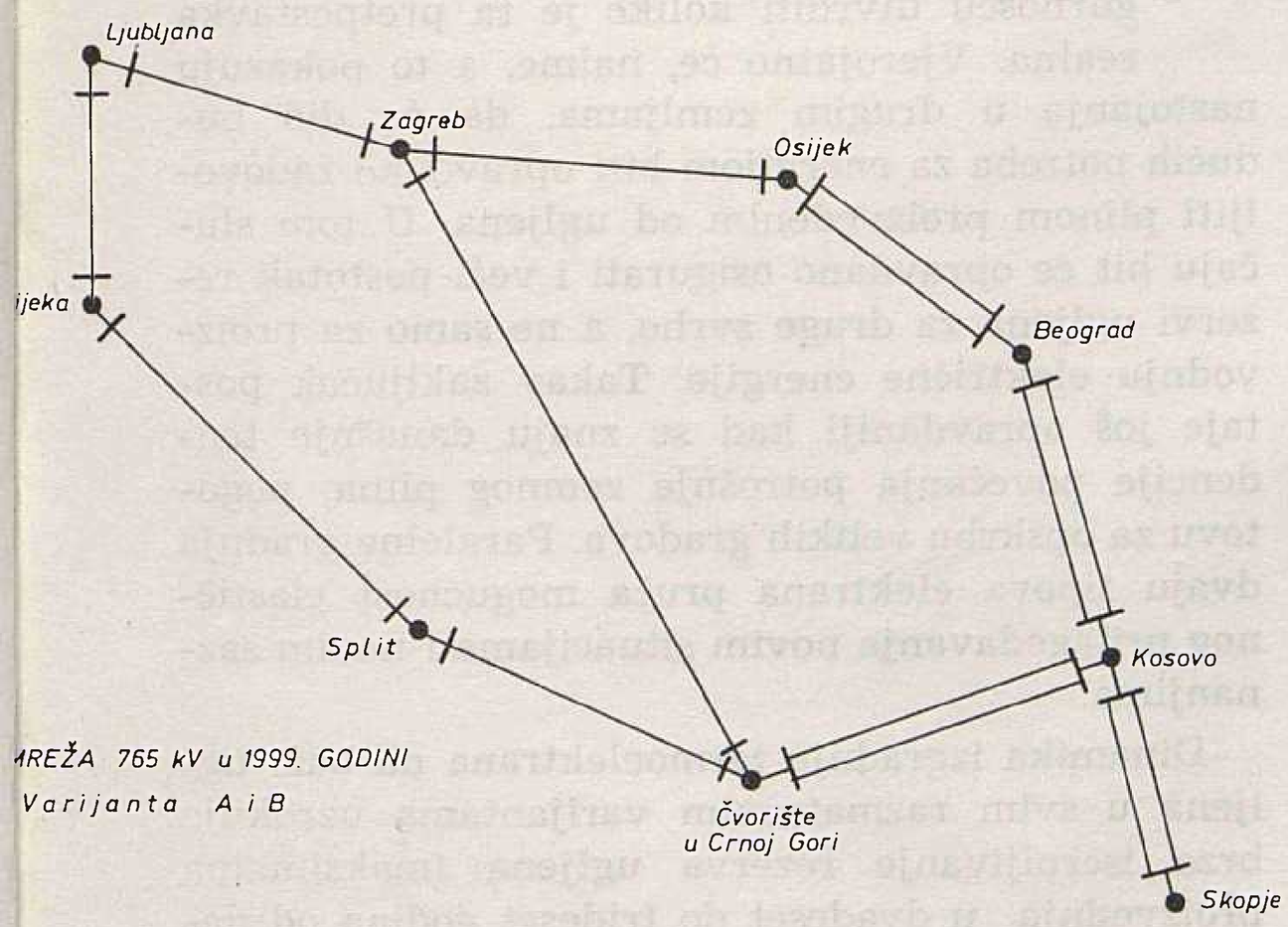
9. USPOREDBA VARIJANATA PREMA POTREBAMA PRIJENOSA ENERGIJE

Budući da se nove termoelektrane na bazi ugljena mogu graditi samo na području SR Bosne i Hercegovine i SR Srbije, sav manjak energije i snage u zapadnom (Hrvatska i Slovenija) i južnom području (Makedonija) mora se nadoknaditi prijenosom električne energije iz energetski sufícitnih područja, sve dok se grade samo termoelektrane na bazi ugljena (do 2010. god. prema varijanti A, a do 2000. god. prema varijanti C). Promatrajući prostorni raspored rezerva ugljena, sigurno je da će najveća koncentracija instaliranih snaga biti na području Kosova, pa treba očekivati da će na tom području biti i glavno čvorište za raspodjelu energije u deficitna područja.

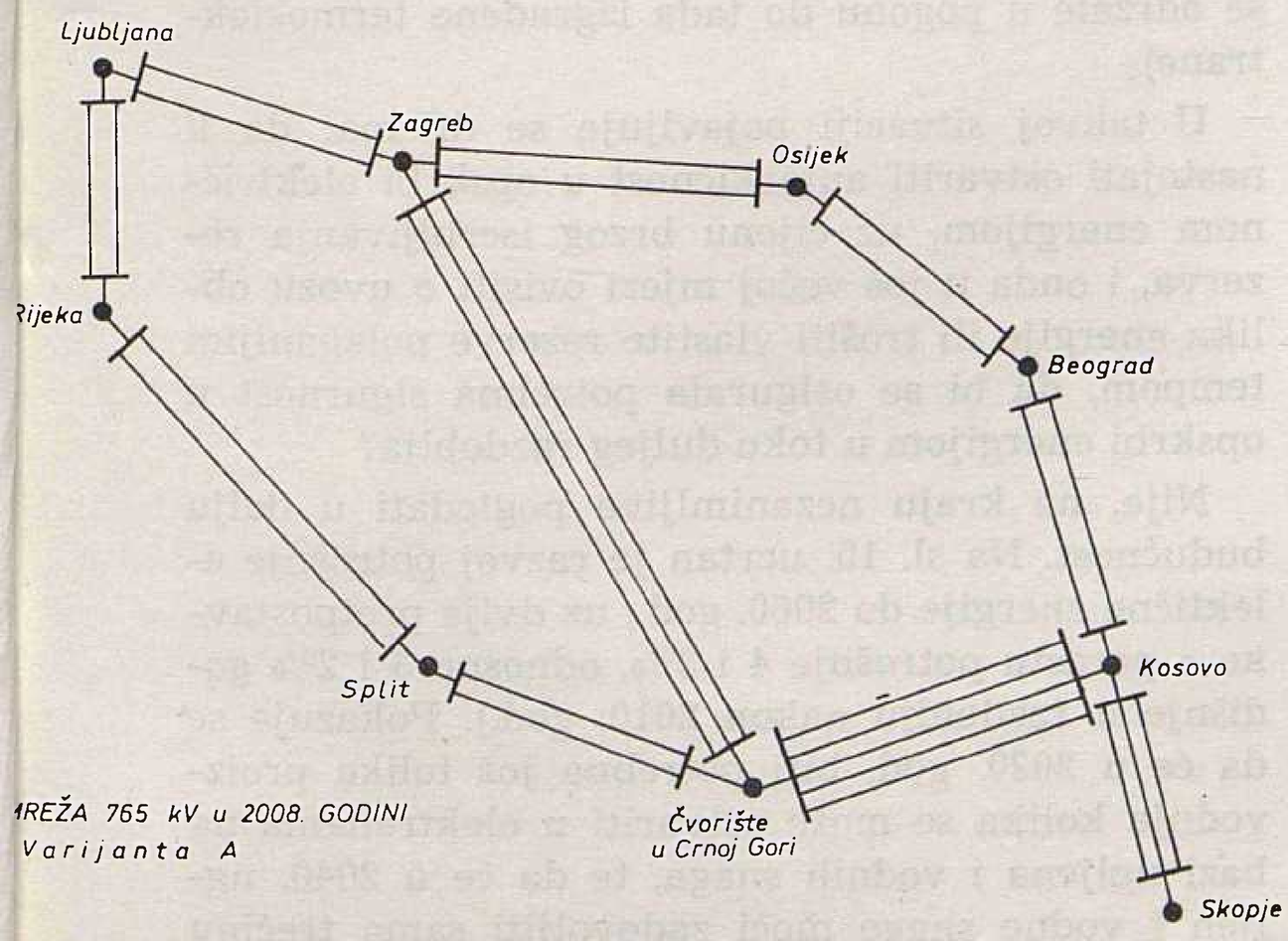
Manjkovi energije i snage u deficitnim područjima izračunati su uz pretpostavku da se elektrane u tim područjima iskorištavaju onako kako je najpovoljnije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije. Takva pretpostavka daje veće manjkove energije od onih koji bi se pojavili kad bi se forsirala proizvodnja u tim termoelektranama bez obzira na troškove za gorivo. Manjkovi energije, međutim, nemaju utjecaja na potrebnu izgradnju mreže, jer njezini prijenosni kapaciteti ovise o potrebnom prijenosu snage, a pretpostavljeni način eksploatacije termoelektrana u deficitnim područjima nema utjecaja na manjkove snage. Tako izračunati manjkovi snage i energije iznose:

Zapadno područje (Hrvatska i Slovenija)				
1988.	1 571	MW	11,43	TWh
1990.	2 181	MW	15,70	TWh
1995.	4 283	MW	29,74	TWh
2000.	6 808	MW	45,67	TWh
2005.	10 018	MW	70,53	TWh
2010.	14 423	MW	95,27	TWh
Južno područje (Makedonija)				
1988.	774	MW	5,34	TWh
1990.	993	MW	6,89	TWh
1995.	1 604	MW	11,42	TWh
2000.	2 582	MW	18,12	TWh
2005.	3 809	MW	26,47	TWh
2010.	5 180	MW	35,69	TWh

Za prijenos tolikih snaga nužno je upotrijebiti slijedeći viši napon iznad 400 kV, a to je prema današnjem shvaćanju, napon 765 kV, uz koji se jednim vodom može prenijeti prirodna snaga od 2 000 MW. Uz takvu pretpostavku, određena je konfiguracija potrebne mreže napona 765 kV. Na sl. 13. vidi se konfiguracija mreže dovoljna za prijenos manjkova u deficitna područja u 2000. god., a to je ujedno i konačna konfiguracija za varijantu B, ali i prijelazno stanje izgradnje za varijantu C, za koju se konačno stanje mreže vidi na sl. 14. Treba, međutim, naglasiti da je jedina svrha određivanja mreže vrlo visokog napona da se izračunaju potrebne investicije i troškovi prijenosa energije iz energetski suficitnih u energetski deficitna područja. Može se, sigurno, poći od neke drukčije konfiguracije mreže ili još višeg napona (oko 1 000 kV), ali se neće doći do bitno kraćih vodova, odnosno manjih investicija, pogotovo kad se uzmu u obzir raspored rezerva ugljena i raspored manjkova energije, koji su raspodijeljeni na relativno širokom području.



Sl. 13.



Sl. 14.

Lokacija nuklearnih elektrana nije vezana za nalazišta urana ni uz postrojenje za njegovo obogaćivanje, pa se one mogu locirati, s obzirom na dopremu goriva, na bilo kojem mjestu, ako su, naravno, zadovoljeni ostali uvjeti. Zbog toga se u varijanti C ne pojavljuje problem prijenosa velikih snaga između područja. Budući da nuklearne elektrane ima smisla graditi s jedinicama velikih snaga, bit će potrebna neka prijenosna mreža za prijenos manjkova i viškova koji će se povremeno pojavljivati zbog nemogućnosti usklađivanja snage agregata i manjkova u pojedinim područjima. Zbog toga se, opet da se utvrde potrebne investicije za prijenosnu mrežu, računalo da će se osim mreže 400 kV, koja se već gradi, do 1990. god. izgraditi jednostruki vod istog napona po trasama ucrtanima na sl. 13, a kasnije (približno do 2000. god.) još jedan vod paralelno s već izgrađenim.

10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA O OPSKRBI JUGOSLAVIJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Provedena analiza pokazuje da varijanta A, prema kojoj se do 2010. god. grade samo konvencionalne termoelektrane na bazi ugljena, nema opravdanja zato što se dovodi u pitanje opskrba ugljenom ostalih potrošača, ne mogu se racionalno iskoristiti rudnička postrojenja, koja je potrebno izgraditi za maksimalnu potrošnju ugljena, i zato što je nužno izgraditi prijenosnu mrežu vrlo velikog prijenosnog kapaciteta, koja bi samo kratko vrijeme bila potpuno iskorištena jer će se s razvojem potrošnje u suficitnim područjima viškovi energije smanjivati.

Zapravo treba odabrati između dviju varijanti, koje se razlikuju, u krajnjoj liniji, samo u dinamici izgradnje dvaju tipova elektrana, jer bi se mogle bez poteškoća izraditi dvije varijante, u kojima bi na kraju promatranog razdoblja bio jednaki broj agregata u konvencionalnim i jednak broj agregata u nuklearnim elektranama. Prema tome, dilema je da li je opravdano u početku forsirati gradnju konvencionalnih termoelektrana dok to dopuštaju re-

Tablica 11.

POVEĆANJE INSTALIRANIH SNAGA TERMOELEKTRANA (MW)

Godina	A		B		C	
	Kruto	Nuklearno	Kruto	Nuklearno	Kruto	Nuklearno
1988.	1 200	—	1 200	—	—	900
1989.	1 200	—	1 200	—	600	900
1990.	1 200	—	1 200	—	600	900
1991.	1 800	—	1 800	—	600	—
1992.	1 800	—	1 800	—	1 200	900
1993.	1 800	—	1 800	—	1 200	900
1994.	1 800	—	1 800	—	1 200	900
1995.	1 800	—	1 800	—	600	900
1996.	2 400	—	2 400	—	1 800	900
1997.	1 800	—	1 800	—	1 200	900
1998.	2 400	—	2 400	—	1 200	900
1999.	2 400	—	2 400	—	1 200	900
2000.	2 400	—	2 400	—	1 200	900
2001.	2 400	—	—	2 700	1 800	900
2002.	3 000	—	—	2 700	1 800	900
2003.	2 400	—	—	2 700	1 800	900
2004.	2 400	—	—	2 700	1 800	900
2005.	3 000	—	—	2 700	1 800	1 800
2006.	3 600	—	—	3 600	1 800	900
2007.	3 600	—	—	3 600	2 400	1 800
2008.	3 600	—	—	3 600	2 400	900
2009.	3 600	—	—	3 600	3 600	1 800
2010.	3 600	—	—	3 600	2 400	1 800
Ukupno	55 200	—	24 000	31 500	31 800	23 400

zerve ugljena, pa nakon toga prijeći na gradnju nuklearnih elektrana, ili postepeno graditi i konvencionalne termoelektrane i nuklearne elektrane prilagođavajući tempo njihove gradnje racionalnom trošenju rezerva ugljena i prostornom rasporedu potražnje električne energije.

Po našem mišljenju pogodnije je rješenje istodobna gradnja obaju tipova elektrana. U prilog takvog rješenja govori nekoliko razloga.

Ako se usporedi dinamika izgradnje agregata (tabl 11), vidi se da je prema varijanti B, potrebno u 2000. god., odnosno u godini do koje se može osigurati opskrba potrošača samo gradnjom konvencionalnih termoelektrana, prestati s ugrađivanjem agregata u takvom tipu termoelektrana, te naglo započeti stavljati u pogon najprije po tri reaktora električne snage 900 MW, a zatim i po četiri takva reaktora godišnje. Teško je zamisliti takvu, gotovo momentalnu preorijentaciju industrije opreme za elektrane. Osim toga, postavlja se pitanje da li je opravdano da se industrija opreme pripremi za gradnju po četiri agregata od 600 MW godišnje, s obzirom na to da bi se toliko proizvodni kapacitet iskorištavao samo nekoliko godina, nakon čega bi takva proizvodnja bila potpuno obustavljena. Zbog toga, sa stajališta, industrije opreme ima prednost varijanta prema kojoj bi se istodobno gradila oba tipa elektrana.

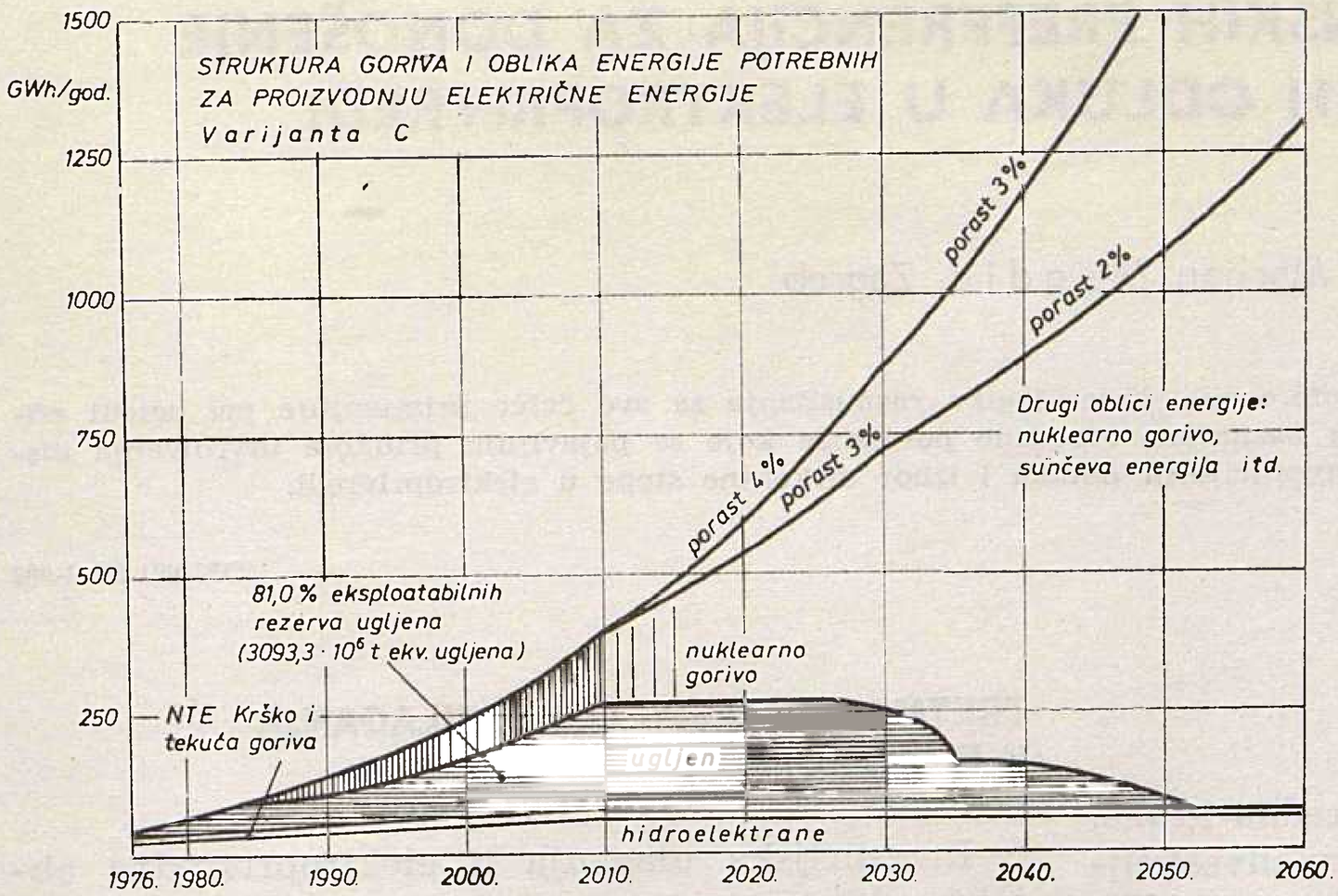
Usporedo s gradnjom konvencionalnih termoelektrana u prvom dijelu promtranog rapzdoblja nužno je graditi prijenosnu mrežu koja mora boti sposobna da prema zapadu prenosi s dovoljnom količinom 6 do 7 tisuća MW, a prema jugu 2 do 3 tisuće MW, jer je konvencionalne termoelektrane opravdano graditi samo uz rudnike ugljena. Problem gradnje mreže vrlo visokog napona (765 kV) ne satsoji se samo u povećanju investicija, nego — što je vjerojatno teže praktički riješiti — u pronalaženju slobodnog prostora za njezin smještaj. Za vod tako visokog napona potreban je, naime, koridor širok oko 60 m uzduž cijele trake dalekovoda. Osim toga, nakon gradnje samo konvencionalnih termoelektrana grade se samo nuklearne elektrane, a za izbor njihove lokacije postoje mnogo veće slobode, pa se mogu locirati bliže centrima potrošnje. Zbog toga, a i zbog sve većeg smanjivanja viškova u energetski suficitnim područjima, vrijeme gradnje nuklearnih elektrana smanjivat će se potrebe prijenosa, pa će se do tada izgrađena mreža sve manje iskorištavati i bez stvarne potrebe opterećivati izdatke za proizvodnju i prijenos električne energije.

Svi proračuni o dinamici potrošnje ugljena osnivaju se na pretpostavci da za ostale potrošače treba osigurati 25% rezerva ugljena. Danas se ne može s nekom velikom sigurnošću utvrditi koliko je ta pretpostavka realna. Vjerojatno će, naime, a to pokazuju nastojanja u drugim zemljama, da će dio budućih potreba za energijom biti opravdano zadovoljiti plinom proizvedenim od ugljena. U tom slučaju bit će opravdano osigurati i veći postotak rezervi ugljena za druge svrhe, a ne samo za proizvodnju električne energije. Takav zaključak postaje još opravdaniji kad se znaju današnje tendencije povećanja potrošnje zemnog plina, pogotovu za opskrbu velikih gradova. Paralelna gradnja dvaju tipova elektrana pruža mogućnost elastičnog prilagođavanja novim situacijama i novim saznanjima.

Dinamika izgradnje termoelektrana na bazi ugljena u svim razmatranim varijantama uzrokuje brzo iscrpljivanje rezerva ugljena (maksimalna proizvodnja u dvadeset do trideset godina od danas, s kasnijim naglim padom proizvodnje da bi se održale u pogonu do tada izgrađene termoelektrane).

U takvoj situaciji pojavljuje se dilema: da li nastojati ostvariti autarkičnost u opskrbi električnom energijom, uz cijenu brzog iscrpljivanja rezerva, i onda u još većoj mjeri ovisiti o uvozu oblika energije ili trošiti vlastite rezerve polaganijim tempom, da bi se osigurala potrebna sigurnost u opskrbi energijom u toku duljeg razdoblja?

Nije, na kraju nezanimljivo pogledati u dalju budućnost. Na sl. 15. ucrtan je razvoj potrošnje elektične energije do 2060. god., uz dvije pretpostavke o porastu potrošnje 4 i 3%, odnosno 3 i 2% godišnje u razdoblju nakon 2010. god.). Pokazuje se da će u 2020. god. biti potrebna još tolika proizvodnja kolika se može ostvariti u elektranama na bazi ugljena i vodnih snaga, te da će u 2040. ugljen i vodne snage moći zadovoljiti samo trećinu



Sl. 15.

svih potreba. Kasnije će se moći proizvoditi električna energija praktički samo pomoću nuklearnog goriva i novih energetskih izvora (energija Sunca, fuzija, energija vjetra, geotermička energija), jer će vodne snage činiti samo malen dio, a rezerve ugljena bit će iscrpljene.

Naslov pisca:
Dr Hrvoje Požar, dipl. inž.
Dr Božo Udovičić, dipl. inž.
Mr Goran Granić, dipl. mg.
Institut za elekroprivredu, 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.

ZNAČENJE VREMENSKIH PREFERENCIJA ZA DONOŠENJE INVENSTICIJSKIH ODLUKA U ELEKTROPRIVREDI

Marijan Magdić, Zagreb

U članku se govori o pojmu vremenskih preferencija, koja logika razmišljanja se sve češće primjenjuje pri ocjeni efikasnocti investicijskih ulaganja. Isto su tako naznačene određene poteškoće koje se pojavljuju prilikom utvrđivanja diskontne stope, njezino značenje u donošenju investicijskih odluka i izbor diskontne stope u elektroprivredi.

DK 621.311.1.003

UVOD

Elektroprivreda, kao značajna privredna grana, ostvaruje svake godine relativno veliku investicijsku aktivnost. Podatak da se prema planu za 1978. god. u elektroprivredi SR Hrvatske namjerava investirati 1 578 000 000 dinara* (podatak nije baš dovoljno reprezentativan jer se objekti grade četiri--pet godina), kao i podatak da je vrijednost svih aktiviranih sredstava u elektroprivredi SR Hrvatske (bez TE Tuzla i Kakanj) porasla od 2,8 mld u 1966. na 25,9 u 1977. god.,** govore u prilog prijašnje konstatacije o relativno velikoj investicijskoj aktivnosti.

S jedne strane, sve brži razvoj privrede, a s druge strane, vezano s tim, permanentni porast životnog standarda zahtijevaju da se elektroprivreda tako ponaša.

S obzirom na to da elektroprivreda angažira tako značajan dio društvene akumulacije, investicijskim ulaganjima treba posvetiti naročitu pažnju, kako bi se ostvarili maksimalni efekti. Zbog toga podloge (investicijski programi) moraju biti realne, a ocjene efikasnosti moraju se temeljiti na suvremenim metodama. Samo na taj način postići će se da se društveni resursi alociraju na najracionalniji način. Takvo ponašanje pruža nam stanovitu sigurnost da će elektroprivreda ispuniti svoju svrhu, a to je da pravodobno, kvalitetno, u dovoljnim količinama i uz minimalnu cijenu zadovolji potrebe društva za električnom energijom.

U suvremenim metodama ekonomske ocjene efikasnosti investicijskih ulaganja često se nailazi na poteškoću koja se sastoji u određivanju diskontne stope.

Svrha je ovog članka da se pokuša pojmovno razjasniti bit diskontne stope, način izračunavanja, te utvrđivanje njezine veličine, za primjenu ocjenjivanja investicijskih ulaganja u elektroprivredi, te da na taj način predstavlja doprinos naporima koji se ulažu da se investicijska ulaganja u elektroprivredi promatraju u jednom drugom svjetlu nego što je to do sada činjeno.

* Zajednički plan izgradnje elektroenergetskih objekata proizvodnje, prijenosa i distribucije za 1978. godinu.

** Referat Ive Božina, dipl. inž., na Konferenciji SK elektroprivrede Hrvatske, održanoj 6. 7. 1978. u Zagrebu.

TRETMAN INVESTICIJSKIH ULAGANJA U ELEKTROPRIVREDI

Investicijska ulaganja u elektroprivredne objekte ulaganja su u infrastrukturu. Pri takvim ulaganjima u velikoj se mjeri pojavljuju eksterni efekti, i to u obliku eksternih ekonomija[1]. Pojam eksternih efekata (ekonomija i disekonomija) možemo objasniti kao ovisnost outputa nekog OUR-a ne samo o faktorima proizvodnje koje upotrebljava taj OUR, nego i o outputa nekog drugog OUR-a.

Sigurno je da se elektroprivrednom djelatnosti ostvaruju eksterne ekonomije (razvoj nekog OUR-a umnogome će ovisiti o solidnoj energetskoj bazi, koja mu je nužna u proizvodnom procesu), a to znači da je društvena korist elektroprivrednih investicija veća nego što su marginalni društveni troškovi investicijskih ulaganja. To možemo dokazati ovim izrazom:

$$\frac{\mathrm{d\,DK}}{\mathrm{d\,DT}} > 1.$$

Navedena relacija govori nam da jedinica društvenih troškova ostvaruje više od jedinice društvenih koristi, što znači da elektroprivredna djelatnost stvara uvjete za razvoj, odnosno ubrzava ga.

Iz takve konstatacije onda logično proizlazi da može doći do nepodudaranja individualne rentabilnosti projekta s društvenom rentabilnošću. Donosili bismo pogrešne odluke ako bismo se ograničili samo na individualnu rentabilnost, a da pri tome zanemarimo komponentu društvene korisnosti.

Kako su cijene električne energije pod kontrolom društva, to je još razlog više da se naglasi da efekte treba valorizirati na drugi način. Kod elektroprivrede u prvom redu treba respektirati društvenu efikasnost.

Navedena poimanja o elektroprivredi potrebna su da joj odredimo mjesto i ulogu u cjelokupnom privrednom sistemu, što će nam onda omogućiti da se opredijelimo za određene kriterije, određene metode koje će nam poslužiti za ocjenjivanje koristi i efekata što ih ostvaruje elektroprivreda.

[1] Detaljno o eksternim efektima: piše mr. Zoran Jašić: »Eksterni efekti i ekonomska politika«, Ekonomski institut, Zagreb, 1975.

Već je naglašeno da je kod lektroprivrede značajnija društvena efikasnost, a to znači da su društvene koristi koje ostvaruje elektroprivreda objekt koje treba promatrati, pa na temelju njihove valorizacije donositi odluke. Prema tome, kod elektroprivrede nije objekt promatranja komercijalna, odnosno financijska efikasnost projekta (iako je likvidnost sa stajališta projekta neobično važna i ne može se zanemariti), već njihova društvena efikasnost, a to znači doprinos projekta svim ciljevima društveno-ekonomskog razvoja. Ocjenjivanje efikasnosti elektroprivrednih efekata ne zaustavlja se samo na efektima u sklopu samog projekta, već uzima u obzir i ostale implikacije koje taj projekt ostvaruje u svom djelovanju (indirektni učinci). Katkad, npr. pri izgradnji hidroelektrane, nemoguće je utvrditi osnovni motiv akcije, jer se uz proizvodnju električne energije pojavljuju i drugi efekti (plovidba, navodnjavanje, uređenje toka rijeke itd.), pa onda cijeli kompleks čini jedan projekt. Pri tome nije ni potrebno tražiti direktne i indirektne učinke. Osnovna je svrha da se racionalno iskoriste određeni resursi koji su na raspolaganju.

Kriterij za donošenje odluke jest da se između alternativnih rješenja izabere jedno koje će uz dani opseg troškova maksimirati efekte, odnosno kod zadanih efekata minimirati troškove.

Za ocjenu efikasnosti infrastrukturnih ulaganja (gdje se razumijeva i ulaganje u elektroprivredu) potrebna nam je metoda koja će u obzir uzeti ne samo direktne (primarne), nego i indirektne (sekundarne) učinke. Takva metoda je metoda koristi i troškova (benefit-cost analize).[2]

Kod te metode, koja je najprikladnija za ocjenu efikasnosti, a to onda znači i za donošenje investicijskih odluka u elektroprivredi, uzimaju se u obzir vremenske preferencije, koje se izražavaju pomoću diskontne stope.

POJAM VREMENSKIH PREFERENCIJA

Za donosioca investicijskih odluka, preko kojih se realizira razvojna politika, koristi i troškovi, koji se ostvaruju u različitim vremenskim razdobljima, imaju i različito značenje. Različitost značenja očituje se u tome da svaki donosilac želi da se investicija što prije aktivira, da donese što više efekta, a da mu se troškovi pojave što kasnije. Razlog su takva ponašanja rizici i neizvjesnost, koji su svojstveni budućnosti.[3] To znači da se više vrednuju koristi koje dolaze prije, dok troškovi koji se javljaju odmah imaju veću »težinu« nego oni koji se javljaju kasnije. »Drugim riječima, buduće veličine koje su bliže sadašnjosti za njega su značajnije, i u pozitivnom i u negativnom smislu, od onih koje su dalje u budućnosti, tj. on ima svoje vremenske preferencije«.[4]

Ako se, na primjer, radi o koristima, a veličina koristi je u svim godinama (unutar jednog razdoblja) jednaka, ekonomska logika daje prednost veličinama koje su bliže nultoj godini, u odnosu prema koristi u ostalim godinama. To znači da se preferiraju koristi u godini koja označava sadašnjost u odnosu prema veličinama koristi u ostalim godinama. »To je zbog toga što je rizik takve odluke sveden na nulu i što se pozitivan efekt (korist) za njega javlja odmah«.[5]

Postavlja se sada pitanje kako će se ponašati donosilac odluke ako intenzitet koristi u godinama promatranog razdoblja nije isti svake godine. Donosilac investicijske odluke dati će određeno značenje koristima u budućim godinama, ako su one veće nego koristi u početnim godinama. Može se dogoditi da se donosilac odluke odluči i preferira koristi u budućnosti u odnosu na sadašnje, a to znači da su buduće koristi atraktivne makar u sebi sadrže dio neizvjesnosti. Prema tome » . . . očito je da pri povećanju budućih koristi najprije dolazimo na točku indiferencije pri izboru između sadašnjih i budućih koristi, a zatim — ako es buduće koristi dovoljno povećavaju — i u interval kad preferiramo buduće koristi. To, drugim riječima, znači da je donosilac razvojne odluke voljan odgoditi sadašnje koristi, ali samo uz uvjet da buduće koristi, koje će se realizirati kasnije, budu dovoljno veće od sadašnjih«.[6]

S obzirom na to da je analogna situacija s troškovima, može se na temelju dosadašnjih konstatacija zaključiti da se uvijek veća vrijednost daje sadašnjim veličinama nego budućim, odnosno, gledano sa stajališta sadašnjosti, vrednije su sadašnje veličine nego buduće. To znači da je sadašnja vrijednost budućih veličina manja nego njihova nomianlna veličina s obzirom na godinu kad se pojavljuje. Prema tome, nema jednakosti ni u koristima ni u troškovima veličina koje se pojavljuju u različito vrijeme, iako su njihove nominalne vrijednosti jednake. Zbog toga u tehnici računanja veličine u različitim godinama treba »svesti na zajednički nazivnik«, pa na temelju tako dobivenih podataka donositi odluke. To znači da koristi i troškove treba vrednovati u određenom trenutku, a to je svođenje veličina pojedinih godina na jednu odabranu godinu promatranja. Ako, npr. buduće veličine svodimo na sadašnju vrijednost, primijenit ćemo ovaj izraz:[7]

---

[2] J. Bendeković: »Metodologija za donošenje investicionih odluka u elektroprivredi«, Energija 11—12/1970.

[3] Detaljnije o riziku i neizvjesnosti vidi u: dr Josip Pavlović, »Značaj rizika i neizvjesnosti pri donošenju investicione odluke«, Poslovne financije, zbornik radova, priredio mr. P. Jurković, Fakultet za vanjsku trgovinu, Zagreb, 1975, i u Dubravko Bendeković: »Rizik i neizvjesnost u ocjeni investicionih projekata«, Poduzeće-banka, br. 6/1977.

[4] J. Bendeković, D. Brković, V. Simić, J. Teodorović: »Investicioni projekti«, Centar za informacije i publicitet, Zagreb, 1977, str. 17.

[5] Isto, str. 18.

[6] Isto, str. 18.

[7] Detaljnije o tome pišu: A. Dabčević, S. Filipović, B. Sekulić: »Osnove matematike za ekonomiste«, Informator, 1973, II izdanje, str. 269.

$\frac{K_n}{(1+p)^n}$, ako se radi o koristima, odnosno

$\frac{T_n}{(1+p)^n}$ ako se radi o troškovima, gdje je:

K_n = koristi u n—tom razdoblju

T_n = troškovi u n—tom razdoblju

p = diskontna stopa

n = redni broj razdoblja u kojem se pojavljuje trošak ili korist.

Ako s pažljivije razmotri navedeni izraz, pomoću kojeg se buduće veličine svode na sadašnju vrijednost, dolazimo do jedne relevantne veličine, a to je diskontna stopa.

Kad smo govorili o budućim prihodima konstatirali smo da oni moraju biti veći nego sadašnji da bismo ih preferirali. Isto smo tako govorili o točki indiferencije, gdje se sadašnje veličine izjednačuju s budućima. Mjera koja nam omogućuje indiferentno ponašanje jest diskontna stopa.

Drugim riječima, »diskontna stopa zapravo je mjera onoga što se gubi zbog kasnijeg primanja iznosa, koje diskontiramo«,[8] a to znači da diskontna stopa izražava oportunitetne troškove. Pojam oportunitetnih troškova može se objasniti na veoma jednostavan način. »Oportunitetni trošak je fiktivni gubitak dobiti koji nastaje zato što se neki input ne upotrebljava u proizvodnji proizvoda čija je vrijednost veća.«[9] To, drugim riječima, znači: neka radna organizacija može proizvoditi, na primjer, dva proizvoda, proizvod A i proizvod B, a za proizvodnju jednog i drugog proizvoda upotrebljavaju se isti inputi (materijal, sredstva, rad . . .) i u istim količinama. Ako dobit po jedinici za proizvod A iznosi 5, za proizvod B 7, a radna organizacija unatoč takvoj situaciji proizvodi samo proizvod A, ona ostvaruje oportunitetni trošak-gubitak koji po jedinice proizvoda iznosi 2. Iako proizvod A ostvaruje dobitak, ipak se pojavljuje fiktivni gubitak zato što se s istim inputima ne proizvodi proizvod B, gdje bi onda navedeni inputi imali veću vrijednost.[10]

Iz navedenog primjera može se zaključiti da se proizvodni faktori mogu upotrijebiti u različite svrhe, gdje će se onda razlikovati i postignuti rezultati. S obzirom na to da su resursi ograničeni, dolazimo do alternativne alokacije proizvodnih faktora. Da bi se postiglo minimiranje oportunitetnih troškova, potrebno je razmotriti upotrebu proizvodnih faktora za svaku alternativu.

Upravo zbog ograničenosti proizvodnih faktora pojavljuju se oportunitetni troškovi. Investicijskom odlukom aktiviraju se određeni resursi, pa se tako aktivirani ne mogu alocirati za neku drugu aktivnost, a s obzirom na to da su ograničeni, druga aktivnost ostaje prikraćena u stvaranju određenih koristi.[11] U tom se smislu treba razumijevati egzistiranje diskontne stope.

Ako donosilac investicijske odluke u određenom trenutku ne raspolaže potrebnim sredstvima, on ne može započeti nikakvu aktivnost, on ne može ostvariti nikakve koristi. Međutim, ako on u budućim vremenskim razdobljima očekuje stanovite prihode, onda oni, gledajući s pozicije sadašnjosti, za njega vrijede manje, i to upravo za onoliko koliko bi on u međuvremenu ostvario neto-koristi da je ta sredstva mogao danas angažirati.[12] Drugim riječima, diskontna stopa nam označava mjeru ukamaćivanja početne investicije.

Diskontna stopa je relevantan faktor za izračunavanje rentabilnosti investicijskih ulaganja, odnosno ostalih pokazatelja koji nam služe za donošenje investicijskih odluka.[13] Na diskontnu stopu utječe više faktora. »Među najvažnijima su: stabilnost razvoja nacionalne privrede, uslovi financi ranja investicija, mogućnosti dobijanja investicionog kredita i visina kamata po kojoj se odobravaju, rizik koji karakterizira kategoriju financiranja investicija, minimalno zahtevana stopa rentabiliteta investiranja i stopa rasta društvenog proizvoda.«[14] Izboru diskontne stope treba prići veoma seriozno, jer često sadrži komponentu subjektivnosti, a o njezinoj veličini umnogome ovise rezultati ocjene, što nam služe kao podloge za donošenje investicijskihi odluka, ako pri ocjeni pri mjenjujemo sadašnje vrijednosti.[15]

Konstataciju da je diskontna stopa relevantan faktor u donošenju odluka možemo ilustrirati primjerom.

Pretpostavimo da između projekta A i projekta B moramo izabrati jedan, a da oba projekta imaju iste tehničke karakteristike, te ostvaruju ove koristi i troškove:

Godina	PROJEKT			
	A		B	
	Koristi	Troškovi	Koristi	Troškovi
1.	120	95	120	110
2.	120	95	120	110
3.	150	100	150	130
4.	160	130	160	100
5.	160	130	160	90

[8] Dr Jadranko Bendeković: »Metode za donošenje investicionih odluka«, Ekonomski institut, Zagreb, 1970, str. 15.

[9] Isto, str. 6.

[10] Nema nikakvih ograničenja da se za ilustraciju primjera umjesto proizvoda A i B uzmu u razmatranje dvije elektrane.

[11] Značajna su sredstva koja se angažiraju odlukom o izgradnji jedne elektrane, a da pri tom koji put nismo dovoljno razmotrili druga alternativna rješenja.

[12] Neto-koristima smatramo razliku između koristi i troškova.

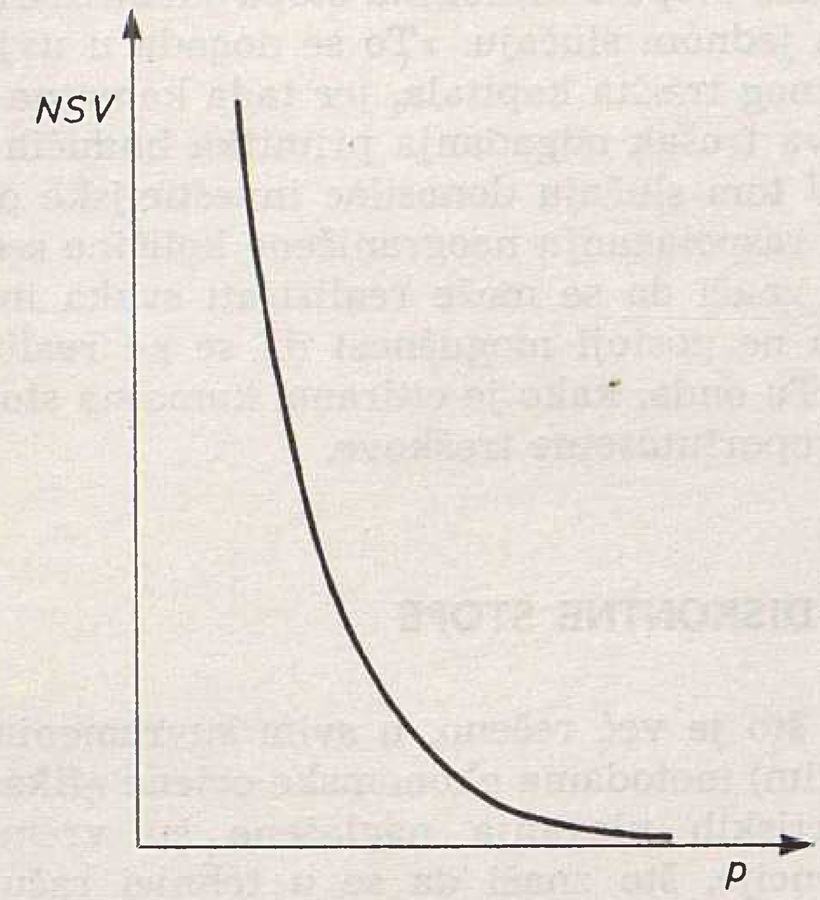
[13] Detaljnije o pokazateljima vidi u: Dr Jadranko Bendeković i mr. Ivan Teodorović: »Analiza toka gotovine u ocjeni investicionih projekata«, Ekonomski pregled, br. 10—11/1974.

[14] Dr Mirko Puljić: »Bankarske metode ocene investicionih projekata u samoupravnoj privredi«, Tanjug, redakcija ekonomskih informacija, 1977.

[15] O metodama za ocjenu projekata vidi u: Jadranko Bendeković: »Metode za donošenje investicionih odluka«, Ekonomski institut, Zagreb, 1970.

Ako odluku donosimo na temelju sadašnje vrijednosti neto-koristi (razlike koristi i troškova), onda nam je uz diskontnu stopu 5% povoljniji projekt B, dok su uz diskontnu stopu 8% neto-koristi izjednačene, a uz stopu 10% povoljniji je projekt A[16]. Ovaj jednostavni primjer ilustrira nam utjecaj diskontne stope na donošenje odluka, jer se nameće maksimalna objektivnost u njezinu izboru.

Veličinu sadašnje vrijednosti, zavisno od kretanja diskontne stope, prikazujemo i grafički:



RAZLIKA IZMEĐU DISKONTNE I KAMATNE STOPE

Često se u praksi, tj. u primjeni ocjene investicijskih projekata putem dinamičkih metoda, poistovjećuju diskontna i kamatna stopa. Istovjetnost im se može pripisati u manifestiranju, ili u tome da i jedna i druga stopa izražavaju neku mjeru, a ipak među njima postoji bitna razlika.

Da bismo mogli objasniti razliku između diskontne i kamatne stope, potrebno je da nešto kažemo o kamatnoj stopi, pa da onda istaknemo sličnosti i razlike U objašnjenju kamatne stope nužno je »zakoračiti« u područje političke ekonomije. Pri tome je izuzetno važno da shvatimo egizistiranje kamatne stope u kapitalističkom i u našem društveno-ekonomskom sistemu. Započnimo s kapitalističkim sistemom.

Marx je u svom čuvenom djelu »Kapital« eksplicitno rekao da su kamate dio profita, koje pripadaju vlasniku novca, a taj novac u ovom slučaju postaje roba, i to roba svoje vrste, gdje onda zajedno s ostalom robom postaje sredstvo za stvaranje profita.[17] To, drugim riječima, znači da se profit razdvaja na dva dijela: na poduzetničku dobit i na kamate.[18] Iz toga proizlazi da se kamate javljaju kao naknada, kao »cijena«, koju treba da plati poduzetnik (industrijalac ili trgovac) zajmodavcu (novčarskom kapitalistu) za njegov novac upotrijebljen kao kapital[19]. U kapitalizmu je svaki novac potencijalni kapital, što znači da svaki novac sadrži potencijalni profit. To je onda razlog zašto svaki novčarski kapitalist zahtijeva kamate od onga kome pozajmljuje svoj novac. U krajnjoj liniji, novčarskog kapitalistu se ne tiče kako će se njegov novac upotrijebiti, tj. hoće li on u rukama poduzetnika donijeti profit ili neće.

Novčarski kapitalist ne smije biti oštećen. Kamate proizlaze iz samog odnosa posuđivanja novca, iz čega se onda izvlači prividni zaključak da je u prirodi novca inkorporirano svojstvo stvaranja kamata. Međutim, ne postoje neke »prirodne« kamate.[20]

»Novčarski kapitalist također prisvaja tuđi rad, odnosno višak rada (višak vrijednosti) u obliku kamata.«[21] Kamate nastaju zbog pukog vlasništva nad novcem, kada se on predujmi poduzetniku kao kapital. Dokle god je novac u rukama zajmodavca (svog vlasnika) on ne donosi kamate, on se ne ponaša kao kapital. S druge strane, iz tog vlasničkog odnosa prema novcu, poduzetnik (to znači aktivni kapitalist) mora podijeliti profit s vlasnikom novca u određenom iznosu, tako da zajmodavcu pripadaju kamate, a poduzetniku poduzetnička dobit. Kad bi poduzetnik, koji se nalazi, kako smo rekli, u proizvodnoj, u aktivnoj funkciji, bio u mogućnosti da ne posuđuje novac, a to znači da se potpuno služi vlastitim kapitalom, ostvareni profit ne bi morao dijeliti, nego bi njime potpuno raspolagao.

Kamate osciliraju unutar određenog raspona koji je omeđen granicama: s jedne strane je to profit, a s druge strane minimalni iznos kamata. Unutar tih dviju granica kamate osciliraju zbog djelovanja ponude i potražnje novčanog kapitala kao i drugih faktora. Akumuliranje industrijskog kapitala u novčanom obliku nastaje mehanizmom kružnog kretanja kapitala.[22] I, konačno, kamatna stopa je odnos veličine kamata i veličine kamatonosnog kapitala.

U socijalističkom samoupravnom sistemu novac također mora egzistirati. Ne može se likvidirati sve dotle dok postoji roba, a to znači postojanje robne proizvodnje, postojanje zakona vrijednosti, postojanje tržišta, jer sve to pretpostavlja postojanje novca. Međutim, odmah se mora konstatirati da u socijalizmu novac, unatoč funkciji koju ima, ne može postati kapital jer su zajmodavac i zajmopri-

---

[16] U primjeru smo zanemarili nabavnu vrijednost i preostalu vrijednost projekta nakon promatranog vremenskog horizonta od pet godina, da bismo istakli značenje diskontne stope u ocjeni projekta.

[17] Detaljno o tome vidi: K. Marx »Kapital«, Prosveta, Beograd, 1973., glava XXII, str. 1433.

[18] Detaljno o profilu vidi: K. Marx, citirano djelo, str. 1159—1198.

[19] Kapitalom ovdje smatramo proces oplođivanja novca, proces stvaranja viška vrijednosti, koji se očituje u formuli N—R—N', gdje je $N' = N + \Delta N$.

[20] K. Marx: citirano djelo, str. 1437.

[21] Grupa autora, redakcija Ivan Vrančić: »Politička ekonomija kapitalizma«, Informator, Zagreb, 1976, IV izmijenjeno izdanie, str. 234.

[22] Detaljno o kružnom kretanju vidi: K. Marx, citirano djelo, str. 729—749.

mac u istom statusu. S tim u vezi potrebno je istaknuti da i u socijalizmu egzistira kredit, ali kredit koji ne sadrži kapitalističke komponente. U socijalizmu je on sastavni dio društvenih odnosa, s osnovnom svrhom da privredu opskrbljuje potrebnim sredstvima kako bi se povećavao dohodak svake radne organizacije, a to znači povećanje dohotka cijelog društva.

Uz postojanje kredita vezano je i postojanje kamate, čije je egzistiranje u socijalizmu vrlo složen i kompleksan fenomen.

»Jasno je stoga što se i danas kamata smatra kao nešto što pripada u nadležnost banaka (naravno, i državne intervencije na tom polju), a ne fenomen koji se uopće formira na širokom frontu privrednih odnosa i cjelokupne financijske strukture — to znači i mimo samih banaka. Upravo zbog toga je normalno izgledalo da je bankarski sistem taj faktor koji treba da ima najveću nadležnost u determiniranju kretanja i formiranja strukture kamatnih stopa kod nas.«[23] Da je kamata ekonomski fenomen koji proizlazi iz privrednih odnosa i koja u svojoj biti nije jedino bankarski proizvod, govori u prilog i činjenica da kamatna stopa egzistira i onda ako je koeficijent samofinancirinja K=1. Ako radna organizacija za proširenje materijalne osnove rada upotrebljava vlastita sredstva, čini se da kamatne stope nema. Točno je da u tom slučaju kamatna stopa nestaje. Međutim, nestaje samo s pozicije preraspodjele novo ostvarene vrijednosti, »ali je nosilac investicije ukalkulira u svoje dohodovne efekte, dakle računa se s kamatom i kada je formalno nema«.[24]

Na taj način, »time što djeluje na visinu kamatne stope suvremena država određuje jedan od najznačajnijih uvjeta privređivanja — minimalnu stopu rentabiliteta upotrebe društvenih sredstava«.[25]

Prema tome, kamatna stopa u socijalizmu, uz ostale funkcije, treba da utječe na racionalnu alokaciju sredstava, što daje najveće efekte.

Ako se proizvodni faktori ne raspoređuju administrativno, a s obzirom na to da su ograničeni, onda »raspoređivanje« treba da bude konkurentno, a to znači na temelju ponude i potražnje, pa bi stoga kamatna stopa u neku ruku morala biti regulator ponude i potražnje kreditnih sredstava.

Isto tako kamate mogu biti naknade onima koji su dobrim poslovanjem i zalaganjem ostvarili stanoviti »višak«, pa se ta sredstva onda mogu angažirati u nekoj drugoj radnoj organizaciji u najprikladnijoj formi. Tu kamatna stopa treba da bude stimulans međusobnog posuđivanja sredstava. Tu ona dobiva karakteristiku cijene dohotka, što znači priznavanje kamate na sve oblike novca u privredi, a ne samo u bankarskim transakcijama.

S druge strane, postoje mišljenja da kamata u socijalističkom sistemu nema svrhu postojanja, što znači da je nepotrebna, jer i zajmoprimac i zajmodavac ne ostvaruju dohodak na osnovi vlasništva nego na osnovi rada, na osnovi korištenja i racionalne upotrebe društvenih sredstava.

Iz do sada navedenih osnovnih pojmova o kamatnoj stopi, koja predstavlja »cijenu« prema Marxu, iracionalan oblik cijene)[26] upotrijebljenih sredstava i diskontne stope koja predstavlja mjeru »izgubljenog« dobitka, zbog kasnijeg primanja određenih iznosa možemo uočiti njihovu različitost. Kamatana stopa i diskontna stopa identificiraju se samo u jednom slučaju. »To se događa u uvjetima perfektnog tržišta kapitala, jer tada kamatna stopa odražava trošak odgađanja primitka budućih iznosa.«[27] U tom slučaju donosilac investicijske odluke ima na raspolaganju neograničene količine sredstava, što znači da se može realizirati svaka investicija, pa ne postoji mogućnost da se ne realiziraju efekti. Tu onda, kako je citirano, kamatna stopa izražava oportunitetne troškove.

IZBOR DISKONTNE STOPE

Kao što je već rečeno, u svim suvremenim (dinamičkim) metodama ekonomske ocjene efikasnosti investicijskih ulaganja naglašene su vremenske preferencije, što znači da se u tehnici računanja primjenjuje diskontiranje, tj. služimo se tehnikom složene diskontimuirane kapitalizacije.[28] Pri tome je nužno da utvrdimo diskontnu stopu.[29]

Za izbor diskontne stope valja naglasiti činjenicu da diskontna stopa zavisi od uvjeta koji se pojavljuju pri financiranju određene investicije, drugim riječima zavisi od strukture izvora financiranja.

Poznato je da izvore financiranja proširene reprodukcije možemo podijeliti u dvije osnovne grupe: interne i eksterne.

U interne izvore (ili, kako se to često naziva, vlastita sredstva) ubrajaju se: slobodni dio sredstava amortizacije i dio novostvorene vrijednosti koja je namijenjena proširivanju materijalne osnove rada.

U eksterne izvore financiranja proširene reprodukcije možemo ubrojiti:[30]

— sredstva ostalih OOUR-a
— sredstva budžeta društveno-političkih zajednica
— sredstva samoupravnih fondova
— sredstva bankarskog mehanizma

[23] Dr S. V. Komazec: »Novac, kredit i kamata u samoupravnom socijalizmu«, Štampa, Šibenik, 1975, str. 122.

[24] Isto, str. 94.

[25] Isto, str. 92.

[26] K. Marx, citirano djelo, str. 1429.

[27] J. Bendeković, citirano djelo, str. 15.

[28] Dabčević, Filipović, Sekulić, citirano djelo, str. 269.

[29] Jedino pri metodi interne stope rentabilnosti nije potrebno utvrditi veličinu diskontne stope, jer se ona u tom slučaju pojavljuje kao rješenje jednadžbe. Interna stopa rentabilnosti definira se kao diskontna stopa koja izjednačuje početna investiciona ulaganja sa sadašnjom vrijednosti budućih neto-prihoda.

[30] J. Bendeković u knjizi »Poslovne financije«, str. 67, navedeno pod 1.

— sredstva individualne štednje stanovništva
— sredstva organizacija iz prometa roba i usluga
— sredstva zajednice osiguranja.

Pri financiranju određenog objekta treba težiti optimalnoj konstrukciji financiranja, a to znači optimalni odnos internih i eksternih izvora. Jasno je da se pri ulaganju u infrastrukturu (a to znači i u elektroprivredu) optimalna kombinacija izvora teško postiže, jer ta ulaganja imaju drukčiji tretman, pa se sredstva za razvoj elektroprivrede formiraju na specifičan način. Međutim, valja naglasiti da i u elektroprivredi postoje spomenute dvije grupe izvora financiranja, interni i eksterni.

Interni i eksterni izvori financiranja imaju svoje »cijenu«. Njihova cijena očituje se u dobiti koju oni mogu ostvariti. Kod eksternih izvora to je kamatna stopa, jer, kao što smo već rekli, kamatna stopa (kao ekonomski fenomen, a ne tvorevina bankarstva) trebalo bi da odražava stanovitu (minimum) rentabilnost, koja onda predstavlja oportunitetni trošak, odnosno diskontnu stopu eksternih izvora. Isto smo tako rekli da se kamatne stope i diskontne stope izjednačuju samo u uvjetima tzv. perfektiog tržišta sredstava. Kada to nije, diskontna stopa eksternih izvora morala bi biti malo veća od kamatne stope po kojoj se odobravaju investicijski krediti. S obzirom na poteškoće koje se pri tome pojavljuju, možemo se zadovoljiti da kao diskontnu stopu uzimamo u ovom slučaju kamatnu stopu po kojoj se odobravaju investicijski krediti, a to znači da smo onda prihvatili da kamatna stopa na kredite odražava oportunitne troškove.

Diskontna stopa internih izvora financiranja trebalo bi da odražava minimalnu stopu rentabiliteta određene grane, ili željenu stopu dohotka.

S obzirom na eksterne i interne izvore financiranja i njihove diskontne stope možemo izračunati jednu prosječnu stopu, koja će nam poslužiti u metodama ocjene, na ovaj način:

$$p = \frac{S_v \cdot i_v + S_k \cdot i_k}{S_v + S_k}, \text{ gdje je:}$$

S_v = vlastita sredstva

i_v = stopa rentabilnosti (dohotka) vlastitih sredstava

S_k = kreditna sredstva

i_k = kamatna stopa na kredite.

Pri izračunavanju diskontne stope u elektroprivredi potrebno je uzeti u obzir neke specifičnosti.

Ako u pogledu eksternih izvora prihvatimo konstataciju da kamate na kredite odrražavaju oportunitetne troškove, tada nema nikakvih poteškoća.

Malo je kompliciranija situacija u pogledu izračunavanja stope rentabiliteta (dohotka) što je ostvaruju vlastita sredstva. Razlog tome su cijene električne energije, koje nisu ekonomske. Zbog toga se u takvu slučaju moramo poslužiti obračunskim veličinama. To znači da dohodak moramo formirati kao veličinu koja će sadržavati sve elemente jednostavne produkcije, kao i stanoviti dio proširene reprodukcije.

Proračun diskontne stope možemo ilustrirati jednim jednostavnim hipotetskim primjerom.

Pretpostavimo da u financiranju izgradnje jedne elektrane sudjeluju eksterni izvora sa 70 000 novčanih jedinica, uz godišnju kamatnu stopu 7%, a vlastita sredstva sa 30 000 novčanih jedinica. Pretpostavimo da dohodak iznosi 20 000 nočanih jedinica. Prema tome, stopa dohotka iznosi 20% (20 000 : 100 000). Uvrstimo li pretpostavljene veličine u već navedenu formulu, dobivamo:

$$p = \frac{30\,000 \cdot 0{,}2 + 70\,000 \cdot 0{,}07}{100\,000} = 0{,}109. \text{ odnosno } p \approx 11\%.$$

U literaturi se osim navedenog načina računanja diskontne stope katkad spominje i proračun pomoću »željene stope« (ciljne stope prinosa), koja se onda identificira s diskontnom stopom, a koja bi bila stopa dohotka (20%). Međutim, ipak se više prednosti daje ponderiranoj diskontnoj stopi.

LITERATURA

1. Bendeković J.: Metoda donošenja investicionih odluka, Ekonomski institut, Zagreb, 1970.
2. Bendeković J.: Metodologija za donošenje investicionih odluka u elektroprivredi, Energija 11—12/1970.
3. Bendeković J. — Teodorović J.: Analiza toka gotovine u ocjeni investicionih projekata, Ekonomski pregled 10—11/1974.
4. Bendeković J. — Teodorović J.: Investment Project in Yugoslavia, Ekonomski institut, Zagreb, 1975.
5. Bendeković D.: Rizik i neizvjesnost u ocjeni investicionih projekata, Poduzeće-banka 6/1977.
6. Bendeković J. — Brković D. — Simić V. — Teodorović J.: Investicioni projekti, Centar za informacije i publicitet, Zagreb, 1977.
7. Dabčević A. — Filipović S. — Sekulić B.: Osnove matematike za ekonomiste, Informator 1973, II izdanje.
8. Gorupić D.: Investiciona politika poduzeća, Ekonomski institut, Zagreb, 1964 (poseban otisak iz knjige Investicije u poduzeću).
9. Jašić Z.: Eksterni efekti i ekonomska politika, Ekonomski institut, Zagreb, 1975.
10. Jurković P.: Poslovne financije, Zbornik radova, Fakultet za vanjsku trgovinu, Zagreb, 1975.
11. Jurković P.: Ocjena investicionih projekata, Poduzeće-banka 4/1977.
12. Komazec S.: Novac, kredit i kamata u samoupravnom socijalizmu, Štampa, Šibenik, 1975.
13. Krasulja D.: Financijska efektivnost i financiranje investicija, Naučna knjiga, Beograd, 1977.
14. Marx K.: Kapital, I—III, Prosveta, Beograd, 1973.
15. Puljić M.: Bankarske metode ocene investionih projekata u samoupravnoj privredi, Tanjug, redakcija ekonomskih informacija, 1977.
16. Speranski Lj.: Planiranje investicionih ulaganja u organizaciji udruženog rada, Savremena administracija, Beograd, 1977.
17. Vrančić J. (redakcija): Politička ekonomija kapitalizma, Informator, 1976, IV, izmijenjeno izdanje.
18. Časopis Ekonomska revija 2—3/1972.

Naslov pisca:
Marijan Magdić, dipl. ecc.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

ISPITIVANJE PRILIKA NA JUGOSLAVENSKOJ SJEVERNOJ MAGISTRALI 400 kV MREŽE NA ELEKTRONIČKOM RAČUNALU

Boris Markovčić i Zdenko Tonković, Zagreb

Prikazani su rezultati ispitivanja na elektroničkom računalu, provedeni u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu, prilikom puštanja u rad sjeverne magistrale, Maribor—Zagreb—Ernestinovo, osnovne jugoslavenske 400 kV mreže. Ispitivanja su provedena za normalna pogonska stanja i ispade elemenata mreže, a posebna je pažnja posvećena mogućnosti sklapanja uzduž 400 kV voda pri različitim režimima u sistemu.

DK 621.316.1 : 681.3

1. UVOD

Zapadno područje Jugoslavije, a posebno zagrebačka regija, godinama trpi od pomanjkanja električne energije, pa je prijenos iz centra na zapad problem, stalno prisutan u jugoslavenskom elektroenergetskom sistemu.

Elektroenergetski deficit u zagrebačkoj regiji počeo je od tog časa kad je potrošnja prerasla mogućnosti stare zagrebačke gradske električne centrale (GEC). Do prvih poratnih godina Slovenija nije imala poteškoća i bila je čak elektroenergetski suficitna, pa je još 1943. god. izgrađen 110 kV vod (u pogonu sa 35 kV) između TE »Brestanica« i Zagreba. Početkom pedesetih godina izgrađena je daljnja veza sa Slovenijom, 110 kV linijom preko Varaždina na Dravske elektrane. Tih je godina proradila HE »Vinodol«, koja je vezana na Zagreb sa dva 110 kV voda, što je bila dalja pomoć sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Pred kraj pedesetih godina potrošnja zagrebačke regije nije se više mogla podmirivati ni uz pomoć susjedne Slovenije i HE »Vinodol«, pa je hitno izgrađen dvostruki 110 kV vod od HE »Jajce« do Zagreba, kako bi se viškovi Bosne i Hercegovine mogli prenijeti na sve deficitniji zapad.

Početkom šezdesetih godina počeli su prema zapadu ulaziti u pogon prijenosni vodovi višeg naponskog nivoa. Izgrađen je 220 kV vod iz Dalmacije do Zagreba, a zatim sukcesivno, dva voda, također 220 kV, iz Bosne i Hercegovine do Zagreba. U posljednjih dvadesetak godina prijenosna se moć povećavala, ali je elektroenergetski deficit zapada toliko brzo rastao da se poboljšanje zbog ulaska u pogon novog voda osjećalo redovno vrlo kratko.

Studija razvoja mreže Jugoslavije, rađena još 1968, pokazala je da bi u slučaju težih ispada elektrana na zapadu i dovoljno energije u centru ili na istoku već 1973. bio potreban jedan vod na potezu Obrenovac—Zagreb—Slovenija, barem na naponskom nivou 220 kV.

Međutim, tek gradnjom sjeverne magistrale na naponskom nivou 400 kV, kao dijela osnovne jugoslavenske superponirane mreže, moglo bi se očekivati bitno poboljšanje prijenosnih prilika prema zapadu.

Kako je tokom prve polovice 1978. trebala ući u pogon upravo sjeverna magistrala 400 kV mreže, elektroprivredne organizacije Hrvatske bile su vrlo zainteresirane za prilike koje se mogu očekivati na tom potezu tokom stavljanja pod napon kao i u pogonu u neposrednoj budućnosti.

Da bi se ta pitanja razjasnila, u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu provedena su opsežna ispitivanja na elektroničkom računalu, čije ćemo najvažnije rezultate ovdje iznijeti.

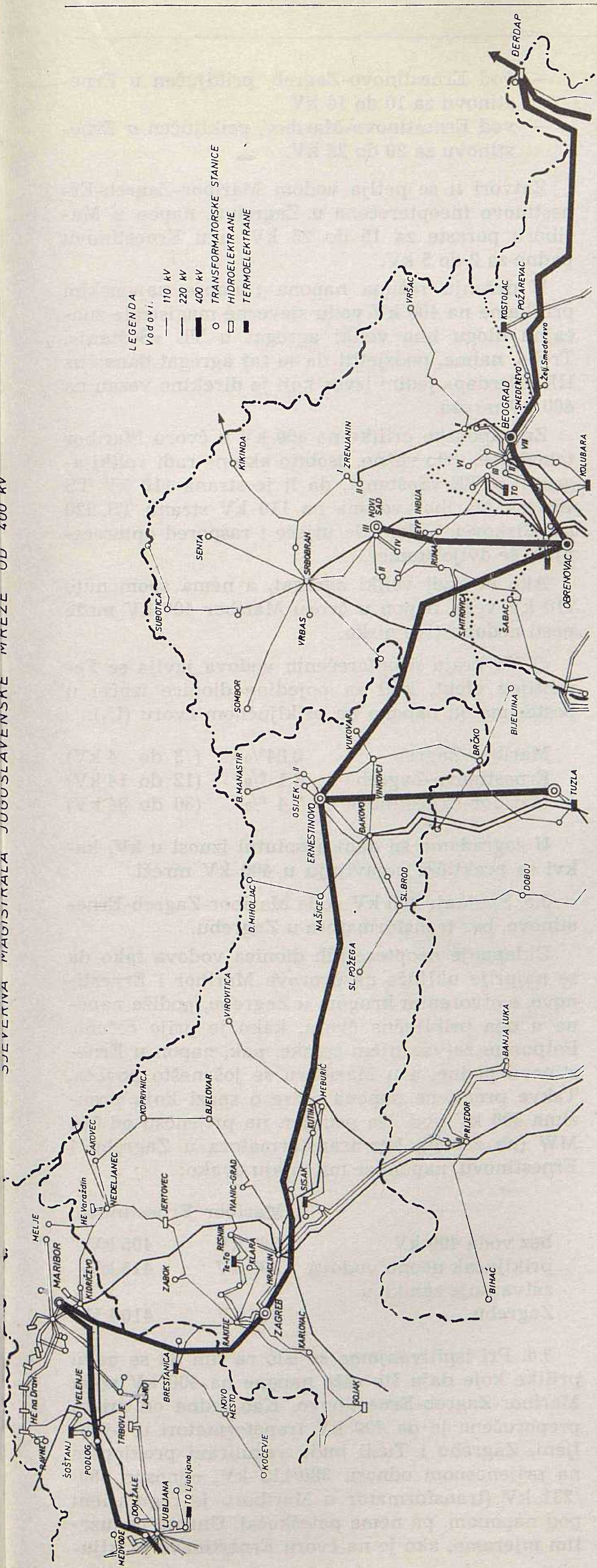
2. ELEKTROENERGETSKI UVJETI I PRETPOSTAVKE ZA POTREBE ISPITIVANJA

Ispitivanja su provedena za elektroenergetske prilike, tj. predviđenu potrošnju, rad elektrana i prijenos za Sloveniju prema mjesečnim dispečerskim planovima za 1978. god. Promatrani su siječanj, travanj, srpanj i prosinac 1978. god. Za ta istraživanja modelirana je cijela 220 kV i 400 kV mreža Jugoslavije, ekvivalentirana u Srbiji, bez Makedonije. U području zagrebačke regije modelirana je i 110 kV mreža, kako bi se mogao ispitati utjecaj promjena na nivou 400 kV na nivo 110 kV.

U najvećem broju ispitivanja pretpostavljeno je da se točke Šoštanj, Tuzla, Obrenovac i Đerdap mogu smatrati točkama čvrstog napona. U većini pogonskih slučajeva takvo je stajalište na mjestu, osim ako su u promatranom momentu elektrane u tim čvorištima izvan pogona ili djelomično u pogonu.

Naponi u navedenim čvrstim točkama držani su na onoj visini kakva se u praksi stvarno realizira. U 220 kV čvorištima Tuzla i Obrenovac naponi se drže redovno vrlo visoko (oko 235 kV i više) zbog potreba okolne mreže, pa se s tolikim naponima i računalo.

Osim normalnih, ispitivanja su rađena za slučajeve ispada različitih agregata i vodova na zapadu, kao i različitog režima rada elektrana u centru i na istoku, Ispitivao se utjecaj položaja preklopki na 400 kV transformatorima i regulacione sklopke na 220 kV transformatoru u TS »Mraclin«, koji radi paralelno s 400 kV transformatorom. Posebna je



SJEVERNA MAGISTRALA JUGOSLAVENSKE MREŽE OD 400 KV

pažnja posvećena ispadu sklopki na 400 kV vodu Maribor-Zagreb-Ernestinovo i mogućnosti ponovnog uklapanja u različitim režimima rada sistema.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Premda su ispitivanja na stroju provedena sukcesivno prema potrebama ulaska u pogon pojedinih elemenata 400 kV sjeverne magistrale i konkretnom traženju operative, rezultati se mogu sažeti i dati kao cjelovit prikaz, koji je iznesen u daljnjem tekstu.

3.1. Uzimajući u obzir potrebe prijenosa na zapad, prema dispečerskim predviđanjima u 1978, koji u normalnom pogonu ne prelaze 260 MW, nema prijenosnih poteškoća iako 400 kV vod nije u pogonu. Pri tom nije uzet u obzir eventualni povećani prijenos zbog izvoza.

Uklapanje 400 kV voda nije za promatrane, normalne prilike tehnički nužno, ali je korisno zbog poboljšanja napona na zapadu, smanjenja gubitaka i sigurnosti pogona. Pri težim ispadima na zapadu, kad potrebna snaga prijenosa prijeđe nekih 350 MW, 400 kV vod Maribor-Zagreb-Ernestinovo jedino je rješenje ako se ne želi reducirati potrošnja.

Granične mogućnosti prijenosa na zapad, 220 kV vodovima (bez 400 kV voda) mogu varirati u znatnom rasponu. One ovise o mjestu manjka snage, odnosno ispada, i o lokaciji elektrana na području s kojega se prenosi višak.

Mnogo je lošija situacija pojavi li se manjak snage u Sloveniji (npr. ispad u TE »Šoštanj«) nego ako jednako tolika snaga ispadne u području Siska.

Ako je forsiran rad termoelektrana na sjeveru centralnog ili istočnog dijela zemlje (TE »Tuzla«, TE »Obrenovac«), a nizak je režim rada hidroelektrana Hercegovine i Dalmacije, 220 kV vodovi iz Bosne prema Zagrebu visoko su opterećeni, dok je vod iz Dalmacije u Rijeku prilično neiskorišten. Budući da su 220 kV vodovi iz Bosne već znatno opterećeni potrebama Bosne (čvorovi opterećenja Jajce i Prijedor), tranzitna snaga na zapad visoko opterećuje dionice Jablanica-Jajce i Kakanj-Prijedor. Posljedica toga je da razlike kutova vektora naglo rastu, a sigurnost se s ozbirom na statičku stabilnost smanjuje. Takav pogon, osim toga, traži znatne jalove snage i djeluje na sniženje napona na zapadu.

Mnogo je povoljnije ako je Dalmacija elektroenergetski izravnana ili čak suficitna, a hidroelektrane Hercegovine rade punim kapacitetom. U takvu se slučaju snaga podijeli na prijenosne vodove mnogo ravnomjernije, što pri jednakoj snazi prijenosa čini mnogo povoljnije pogonske prilike. Time se povisuje granična prijenosna snaga.

Iz izloženog proizlazi da se ne može jednoznačno utvrditi granična prijenosna snaga prema zapadu. Ona se može procijeniti samo statistički gleda-

no, kao granična snaga koja se u pogonu pojavljuje najčešće.

3.2. Dok tri 220 kV voda već za današnje potrebe znače ograničenje u prijenosu, 400 kV vodom Maribor-Zagreb-Ernestinovo mogu se prenijeti i najveće snage s kojima se danas može praktički računati a da se ne prijeđu granične prijenosne mogućnosti.

Uz 400 kV vod, ispad bilo kojeg od tri 220 kV voda prema zapadu ne zadaje nikakvih poteškoća.

Ako se na zapad prenosi ukupno snaga od oko 500 do 600 MW (ovisno o rasporedu rada elektrana u centru), unatoč 400 kV vodu, u opasnosti su od preopterećenja dionice 220 kV vodova Kakanj-Prijedor i Jablanica-Jajce. Pri ispitivanju istovremenog ispada TE »Sisak« i 220 kV voda Brinje-Mraclin pokazalo se da i nakon uključenja 400 kV voda Maribor-Ernestinovo dolazi do preopterećenja 220 kV dionice Pehlin-Divača. Ta će dionica biti posebno u opasnosti od preopterećenja kad riječka regija bude osjetno suficitna (puno opterećenje HE »Senj« i TE »Rijeka«), a Dalmacija bez manjkova.

3.3. Uklapanjem 400 kV voda u mrežu pogonske se prilike mijenjaju iz temelja nabolje. Od ukupno prenesene snage na zapad, 400 kV vod preuzima od 40% do 80%, ovisno o radu elektrana u centru, kako je to izneseno u prijašnjim točkama.

Pomoć 400 kV voda posebno dolazi do izražaja kad bosanske termoelektrane i TE »Obrenovac« rade punom snagom, jer je tada taj vod najviše opterećen, tj. preuzima najveći postotak snage.

Jednakim razmatranjem kao za graničnu snagu 220 kV vodova, može se doći do zaključka da se 400 kV vodom Maribor-Zagreb-Obrenovac prijenosna snaga vodova prema zapadu praktički povećava do oko 700 — 800 MW. Veza sa SUDEL vrlo povoljno djeluje na prijenosne mogućnosti.

3.4. Priključkom neopterećenih 400 kV vodova Maribor-Zagreb i Ernestinovo- Zagreb na čvorove Maribor, odnosno Ernestinovo, postižu se ovi efekti:

a) Jak tok jalove snage iz neopterećenih vodova teče u priključne čvorne točke. Veličina jalove snage ovisi o naponu priključnog čvora, a on pak o čvrstoći mreže. Prema tome, ne može se govoriti jednoznačno o nekoj određenoj jalovoj snazi, već o nekoj najviše očekivanoj vrijednosti. U našem se slučaju može računati s ovim snagama:

400 kV vod Maribor-Zagreb	60 MVAr
400 kV vod Ernestinovo-Zagreb	135 MVAr
400 kV vod Maribor-Zagreb-Ernestinovo	230 MVAr

b) Dodatak jalove snage iz neopterećenih vodova povećava napon u priključnom čvoru kako slijedi:

— vod Maribor-Zageb, priključen u Mariboru za 15 do 25 kV
— vod Maribor-Ernestinovo, priključen u Mariboru za 40 kV do 70 kV
— vod Ernestinovo-Zagreb, priključen u Ernestinovu za 10 do 15 kV
— vod Ernestinovo-Maribor, priključen u Ernestinovu za 20 do 22 kV.

Zatvori li se petlja vodom Maribor-Zagreb-Ernestinovo (neopterećena u Zagrebu), napon u Mariboru poraste za 15 do 25 kV, a u Ernestinovu padne za 2 do 5 kV.

U držanju režima napona i uopće naponskim prilikama na 400 kV vodu sjeverne magistrale značajnu ulogu ima veliki agregat u TE »Šoštanj«. Treba, naime, podsjetiti da je taj agregat danas uz HE »Đerdap« jedini izvor koji je direktno vezan na 400 kV mrežu.

Za naponske prilike na 400 kV u čvoru Maribor također je vrlo važno, osobito ako ne radi veliki agregat u TE »Šoštanj«, da li je strana 110 kV TS 400 kV Maribor vezana na 110 kV stranu TS 220 kV Cirkovci, a donekle utječe i raspored opterećenja u te dvije stanice.

Ako ne radi veliki agregat, a nema spomenute 110 kV veze, napon u čvoru Maribor 400 kV može pasti nedopustivo nisko.

c) Na kraju neopterećenih vodova javlja se Ferantijev efekt, koji za pojedine dionice iznosi u postocima od napona na priključnom čvoru (U_1):

Maribor-Zagreb	0,84%	(3 do 4 kV)
Ernestinovo-Zagreb	3,1 %	(12 do 14 kV)
Maribor-Ernestinovo	7,4 %	(30 do 34 kV)

U zagradama su dani apsolutni iznosi u kV, kakvi se praktički pojavljuju u 400 kV mreži.

3.5. Spajanje 400 kV voda Maribor-Zagreb-Ernestinovo, bez transformatora u Zagrebu.

Uklapanje neopterećnih dionica vodova tako da se najprije uključe na čvorove Maribor i Ernestinovo, s otvorenim krugom u Zagrebu, podiže napone u oba priključna čvora, kako je prije rečeno. Potpunim zatvaranjem zamke, pak, napon u Ernestinovu padne, a u Mariboru se još nešto poveća. Takve promjene napona ovise o snazi koju preuzima 400 kV vod. Na primjer, na prijenosu od 140 MW (na zapad), bez transformatora u Zagrebu i Ernestinovu, naponi se mijenjaju ovako:

	Maribor	Ernestinovo
bez voda 400 kV	367 kV	405 kV
priključak neopt. vodova	390 kV	418 kV
zatvaranje zamke u Zagrebu	400 kV.	410 kV.

3.6. Pri ispitivanjama se išlo za tim da se nađu prilike koje daju što niže napone na 400 kV vodu Maribor-Zagreb-Ernestinovo. Kao jedna od mjera preporučeno je da 400 kV transformatori u Ljubljani, Zagrebu i Tuzli budu regulirani preklopom na prijenosnom odnosu 380/115 kV, odnosno 380/ /231 kV (transformator u Mariboru je regulacioni pod naponom, pa nema poteškoća). Unatoč poduzetim mjerama, ako je na čvoru Ernestinovo priklju-

čeni neopterećeni vod prema Zagrebu, nije vjerojatno da bi se napon na kraju voda mogao u noćnom minimumu držati ispod 420 kV. To je zbog toga što i TE »Tuzla« i TE »Obrenovac« drže u noći napon vrlo visoko (235 kV i više).

3.7. Djelovanje prigušnica vezanih na transformatore.

a) Prigušnice (2x50 MVAr) na transformatoru u Ernestinovu djeluju tako da nakon njihova priključenja napon u čvoru padne za 9 do 11 kV. Manje je sniženje napona ako je zamka 400 kV potpuno zatvorena. Zbog toga se i u Zagrebu snizuje napon za 5 do 7 kV.

Ako se pak mreža oslabi time da je, npr., otvorena veza prema Tuzli, a vod nije zatvoren prema Mariboru, napon u čvoru Ernestinovo može pasti za 20 kV i više.

b) Djelovanje prigušnice priključene na transformatoru u Zagrebu promatran je pri zatvorenom vodu Maribor-Zagreb-Ernestinovo i na otvorenom vodu, a transformator visi priključen samo s jedne strane, bilo na Mariboru bilo na Ernestinovu.

Priključenjem prigušnice u prvom slučaju napon padne za 6 do 7 kV, a u drugom za 10 do 13 kV.

Prigušnice u Ernestinovu osobito su korisne u pogonskim prilikama kad se TE »Tuzla« ili TE »Obrenovac« ne mogu smatrati čvrstim naponskim točkama. To može biti zato što je u pogonu malo agregata, zato što u sistemu ima previše jalove snage ili je mreža oslabljena nekim isključenjem. O djelovanju opterećenih transformatora na sniženje napona ne može se općenito ništa reći, jer ono ovisi o veličini i vrsti opterećenja transformatora (u prvom redu udio jalove snage u opterećenju).

3.8. Na 400 kV vodu Maribor-Zagreb-Ernestinovo ispitivale su se prilike pogodnog redoslijeda uklapanja voda, odnosno prilike koje nastaju ispadom sklopke na nekoj točki voda i mogućnosti ponovnog uklapanja. Pri tome se ispitivala razlika napona i razlika kuta vektora napona na otvorenim mjestima. Prema dispečerskim predviđanjima, jedva ima pogonskih stanja, prije stavljanja u pogon NE »Krško«, gdje bi se energija kretala iz Zagreba prema Ernestinovu. Glavni tok energije, osobito većih snaga, redovno je obrnut. Prema tome, redovna je i pojava da 400 kV čvor Maribor ima niži napon od 400 kV čvora Ernestinovo. Također je redovna pojava da je čvor Maribor slabiji i osjetljiviji na dotok jalove snage od čvora Ernestinovo, no to u mnogome ovisi o radu elektrana u tom momentu (TE »Šoštanj« na čvor Maribor, a TE »Tuzla« i TE »Obrenovac« na čvor Ernestinovo).

Ako se 400 kV vod priključuje kad se na zapad prenosi mala snaga, sigurno nema poteškoća s velikim razlikama kuta vektora napona na spojnom mjestu. Veći problem nože nastati zbog znatne naponske razlike. Ako su općenito u sistemu prije uklapanja 400 kV voda naponi razmjerno visoki, treba računati s tim da će se napon uklapanjem voda još podići i, eventualno prijeći dopuštenu granicu. To, naravno, traži, da se poduzmu potrebne mjere za sniženje napona prije uklapanja.

Pri slabim opterećenjima treba, nadalje, računati s time da slabo opterećen transformator neće bitno sniziti napon, pa je priključak prigušnica nužan.

Pri velikim prijenosima prema zapadu na spojnim se mjestima mogu pojaviti znatne razlike napona i kuta vektora napona. Međutim, nije vjerojatno da bi razlika kuta vektora napona mogla bitno premašiti 30°, zbog stabilnosti sistema (prije uklapanja).

Pokazalo se da je (redom) najpovoljniji ovaj redoslijed uklapanja:

— priključiti neopterećene vodove na čvorove Maribor i Ernestinovo
— vezati vodove u Zagrebu, ako nisu velike razlike napona i kutne razlike
— priključiti transformator u Zagrebu, ili
— priključiti neopterećene vodove kao gore
— ako su razlike napona i kuta znatne, priključiti transformator i prigušnicu na krak višeg napona, a to je redovno krak iz Ernestinova
— spojiti vod u Zagrebu.

Manipulacijom prigušnicama mogu se nastale naponske razlike znatno ublažiti.

Pokazalo se da je redovno najnezgodniji ispad sklopke u Zagrebu prema Ernestinovu, ako transformator ostaje visiti na kraku iz Maribora. Prilikom takva prekida mogu se očekivati najveće naponske i kutne razlike. Slična kutna razlika nastaje i ispadom sklopke u Ernestinovu prema Zagrebu, a naponske razlike samo pri niskim opterećenjima.

Najpogodnije, pak, prilike za ponovno uklapanje javljaju se ispadom sklopke u Zagrebu prema Mariboru.

Vrlo male kutne razlike nastaju također ispadom sklopke u Mariboru prema Zagrebu, ali se mogu očekivati nešto veće naponske razlike.

Ako se ukupni prijenos na zapad kreće oko 350 MW ili više, vjerojatno će posljedica ispada sklopke u Zagrebu prema Ernestinovu biti raspad sistema. Ako su u momentu ispada bile forsirane TE »Tuzla« (TE »Kakanj«) i TE »Obrenovac«, uz stanovit manjak Dalmacije, takav bi se raspad zbio i pri manjoj snazi prijenosa.

3.9. Da se vidi utjecaj pojačanja magistrale vodovima 220 kV (400 kV), koji će se staviti u pogon u skoroj budućnosti, na kutnu razliku vektora napona na 400 kV vodu Maribor-Zagreb-Ernestinovo, provedeno je nekoliko ispitivanja. Pokazalo se da je poboljšanje prilika neznatno, osobito u slučaju forsiranog rada TE »Tuzla« i »Obrenovac«. Pri pojačanom radu hidroelektrana u Hercegovini (HE »Čapljina«) uloga pojačanja bit će značajna.

3.10. Uloga regulacije na 400 kV transformatorima u vezi sa sniženjem napona na nivou 400 kV već je prije izložena. No posebno se istraživao problem regulacije u Zagrebu, gdje je predviđen pa-

ralelni rad na strani 110 kV transformatora u TS »Zagreb I« i TS »Mraclin«. Kao što je poznato, 400 kV transformator u TS »Zagreb I« ima samo preklopku i ne može se regulirati pod opterećenjem, dok 220 kV transformator u TS »Mraclin« ima regulaciju pod teretom. Interesantno je bilo istražiti kako se odražava položaj preklopke na 400 kV transformatoru, odnosno položaj regulacione sklopke na 220 kV transformatoru, na napone svih triju naponskih nivoa, tj. 110 kV, 220 kV i 400 kV čvora Zagreb.

Ispitivana su dva slučaja:

a) da je 400 kV transformator napajan iz 400 kV voda Maribor-Ernestinovo, opterećenje transformatora 165 MW;

b) da je 400 kV transformator napajan iz 400 kV voda vezanog samo na čvor Ernestinovo, opterećenje transformatora 65 MW.

Rezultati ispitivanja bili su slijedeći:

Slučaj a)			
Položaj regulacione sklopke	Napon na nivou		
	110 kV	220 kV	400 kV
420—380/115 kV 255—187/115 kV	117—119 kV 112—122 kV	219—221 kV 240—206 kV	412—397 kV 392—398 kV

Jalova snaga na 110 kV vodu između stanica kretala se od —70 do +80 MVAr.

Slučaj b)			
Položaj regulacione sklopke	Napon na nivou		
	110 kV	220 kV	400 kV
420—380/115 kV 255—187/115 kV	116—118 kV 111—122 kV	219—222 kV 237—208 kV	411—390 kV 273—380 kV

Iz navedenih usporedbi vidi se efikasnost regulacije na pojedinim nivoima. Ovdje nisu interesantne apsolutne visine napona, jer su one odraz monumentalnog općeg stanja u sistemu, već promjene napona koje izaziva položaj regulacione sklopke (preklopke) u cijelom mogućem rasponu.

Za oba promatrana slučaja, a) i b), nema bitnih razlika u djelovanju regulacije.

4. NEPOSREDNA KORIST 400 kV VODA ZA ZAPADNI SISTEM JUGOSLAVIJE

Posebno je prilikom ispitivanja razmatrana korist koju pruža 400 kV vod Maribor-Zagreb-Ernestinovo danas i u neposrednoj budućnosti, ne ulazeći u njegovu vrlo važnu ulogu idućih godina, kad opterećenje još više poraste i kad uđe u pogon NE »Krško«.

Koristi od voda možemo razmatrati u dvije grupe slučajeva:

a) Pri prijenosu snage na zapad, koja se i do sada mogla prenositi sa tri 220 kV voda (Konjsko-Brinje, Jajce-Mraclin i Prijedor-Sisak), koja se kreće oko 350 MW.

b) Pri povećanom prijenosu iznad spomenute granične snage, do 700 — 800 MW. Kad se govori o ulozi tog voda, tada vrijedi ono što je već iznesено u prethodnim točkama, da 400 kV vod preuzima različiti postotak ukupne snage koja se prenosi na zapad (40% do 80%), već prema tome koje su elektrane u centru u pogonu, odnosno punom pogonu.

Prema dispečerskom predviđanju za 1978. god. za Sloveniju, u svim mjesecima predviđen je maksimalni tranzit od 130 MW, a minimalni 60 MW. Viškovi, odnosno manjkovi, regija Zagreba i Rijeke zajedno variraju od —130 do +175 MW u maksimumu i od +40 do +150 MW u minimumu.

Prema tome, za normalni planirani pogon predviđen prijenos na zapad ne bi prešao 260 MW, a to je niže od granice mogućeg prijenosa za postojeća tri 220 kV voda.

Međutim, dogodi li se neki veći kvar na zapadu, teško je vjerovati da bi zapad od redukcija mogle spasiti plinske elektrane. U takvu je slučaju, naravno, 400 kV vod jedini spas.

Ispitivanja su pokazala da je pri većim prijenosima na zapad prijenos bio održan već samim vezanjem neopterećenog 400 kV voda Maribor-Zagreb u Mariboru. Time je, naime, u kriznoj situaciji zapad dobio dragocjenih 60 MVA. Takva je pomoć manje potrebna ako je jugoslavenski sistem vezan na SUDEL mrežu. No i tada takva kompenzacija dobro dolazi jer je dotok jalove snage iz Italije i Austrije redovno velik.

U primjeru gdje je na zapad prenošena razmjerno mala snaga od 90 MW, priključak neopterećenog 400 kV voda u čvoru Maribor snizila je gubitke u mreži za 10 MW.

Koliko se smanjuju gubici u mreži uključenjem 400 kV voda Maribor-Ernestinovo s transformatorom u Zagrebu vidi se i iz ovih primjera:

a) Na zapad se prenosi ukupno 194 MW, od toga 400 kV vod preuzima oko 90%. Ispadom voda 400 kV gubici se povećavaju za 34 MW. Ovdje je, doduše, izabran takav raspored elektrana da 400 kV preuzima najveći dio tereta, ali to je ipak jedan od mogućih, iako ekstremnih slučajeva.

b) Na zapad se prenosi ukupno 250 MW; 400 kV vod preuzima 60% opterećenja. Ispadom 400 kV voda povećavaju se gubici za 30 MW.

c) Na zapad se prenosi 275 MW, 400 kV vod preuzima 60% ukupnog prijenosa. Bez 400 kV voda gubici se povećavaju za 24 MW.

d) Na zapad se prenosi 325 MW, od toga 400 kV vod preuzima 40%, ali nema transformacije 400/115 kV u Zagrebu. Ispadom voda gubici se povećavaju za 20 MW.

e) Na zapad se prenosi 375 MW, od toga 400 kV vod preuzima 65%. Bez 400 kV voda gubici se povećavaju za 53 MW.

Treba napomenuti da je prijenos naveden pod e) isforsiran i praktično ne dolazi u obzir, jer su razlike kuta vektora napona prevelike, a osim toga su dionice 220 kV vodova prema Zagrebu u bosanskom dijelu preopterećene, ali može poslužiti kao dobar primjer.

Usporede li se prijenosi pod d) i pod e), vidi se da je razlika u prijenosnoj snazi samo 50 MW, ali se dobiju, bez 400 kV voda, pod e) mnogo teže pogonske prilike s obzirom na gubitke i na statičku stabilnost (u d je npr. razlika kuta vektora napona snižena u TS 220 kV Ljubljana za 12°).

Iz ovog se primjera, nadalje, vidi bitan utjecaj mjesta gubitka snage na zapadu. Dok je pod d) gubitak nastao u području Siska, pod e) je nastupio u području Šoštanja, što je mnogo neugodnije, kako je već istaknuto.

Na kraju se može reći da već pri prijenosima koji su tehnički izvedivi bez 400 kV voda Maribor-Zagreb-Ernestinovo, 400 kV vod donosi velike prednosti i ušteđuje snagu jedne elektrane od 20 do 30 MW, a pri većim ispadima ušteđuju se, naravno, redukcije, odnosno rad manje ekonomičnih elektrana.

4. ZAKLJUČAK

Ispitivani su, dakle, najrazličitiji pogonski slučajevi u sistemu, što ne znači da nisu moguća iznenađenja, koja se u pogonu mogu uvijek očekivati.

Dobiveni rezultati bili su za vrijeme stavljanja u pogon 400 kV voda dobar putokaz operativi, a praksa je dio dobivenih rezultata već i verificirala. Pogon će uskoro pokazati koliko su primijenjene pretpostavke bile točne i opravdane i koliko su, prema tome, dobiveni rezultati ispravni.

Naslov pisaca:
Boris Markovčić, dipl. inž.
Mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

MONTER ZAGREB

„MONTER" MONTAŽNO PODUZEĆE

OOUR ELEKTROPOGON ■ 41000 ZAGREB, Demonjina 4

Tel. centrala: 571-866 ■ direktor: 574-024 ■ telex: 21-433 yu monter

■ *IZVODIMO SVE VRSTE INSTALACIJA JAKE I SLABE STRUJE, POGONSKE INSTALACIJE, TRAFOSTANICE, DALEKOVODE, ZRAČNE I KABELSKE MREŽE I GROMOBRANE TE SVE PO SEKTORU AUTOMATIKE, MJERENJA I REGULACIJE ZA KLIMATIZACIJU I PROCESNU INDUSTRIJU.*

■ *PROIZVODIMO RAZVODNE, KOMANDNE I KONTROLNE UREĐAJE ZA VISOKI I NISKI NAPON OBLIKA I SADRŽAJA PO ŽELJI NARUČIOCA.*

■ *PROJEKTIRAMO U VLASTITOM »OOUR PROJEKTNI BIRO« NAVEDENE INSTALACIJE.*

NAJVEĆI OČEKIVANI PADOVI NAPONA U ODABRANIM ČVORIŠTIMA ELEKTROENERGETSKE MREŽE DALMACIJE PRILIKOM POKRETANJA GENERATORA RHE OBROVAC, KAO ELEKTROMOTORA

Miroslav Jung, Zagreb

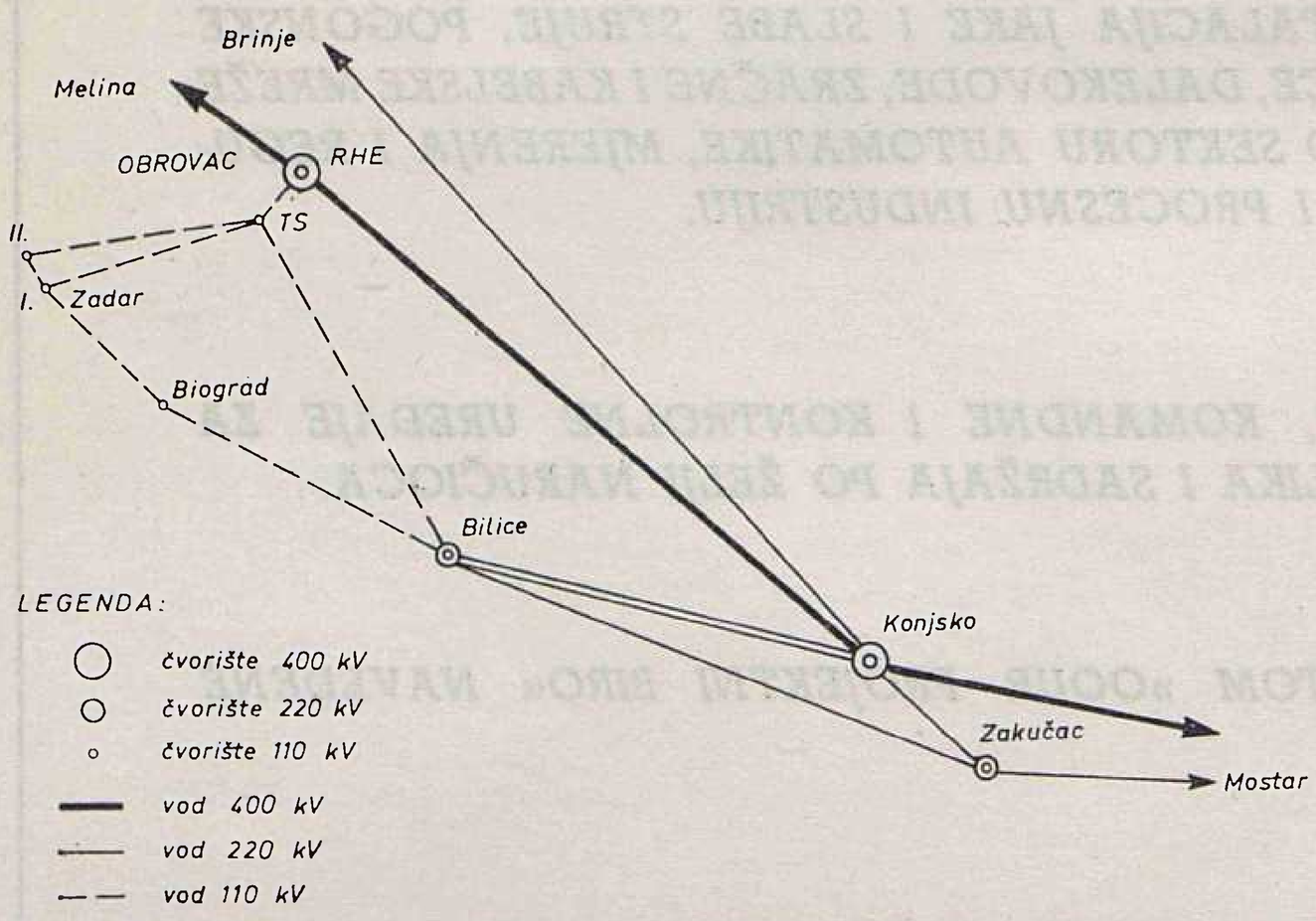
Prikazani su tok i rezultati proračuna najviših momentalnih padova napona u najosjetljivijim čvorištima 110, 220 i 400 kV elektroenergetske mreže Dalmacije, koje treba 1979. god. očekivati u prvom trenutku zaleta, ovisno o načinu motornog pokretanja generatora RHE »Obrovac«. Preporučene su mjere za izbor načina pokretanja ovisno o uklopnom stanju 400 kV mreže, uz ograničenje navedenih padova napona u 110 kV čvorištima na najviše 5 %.

DK 621.316.1

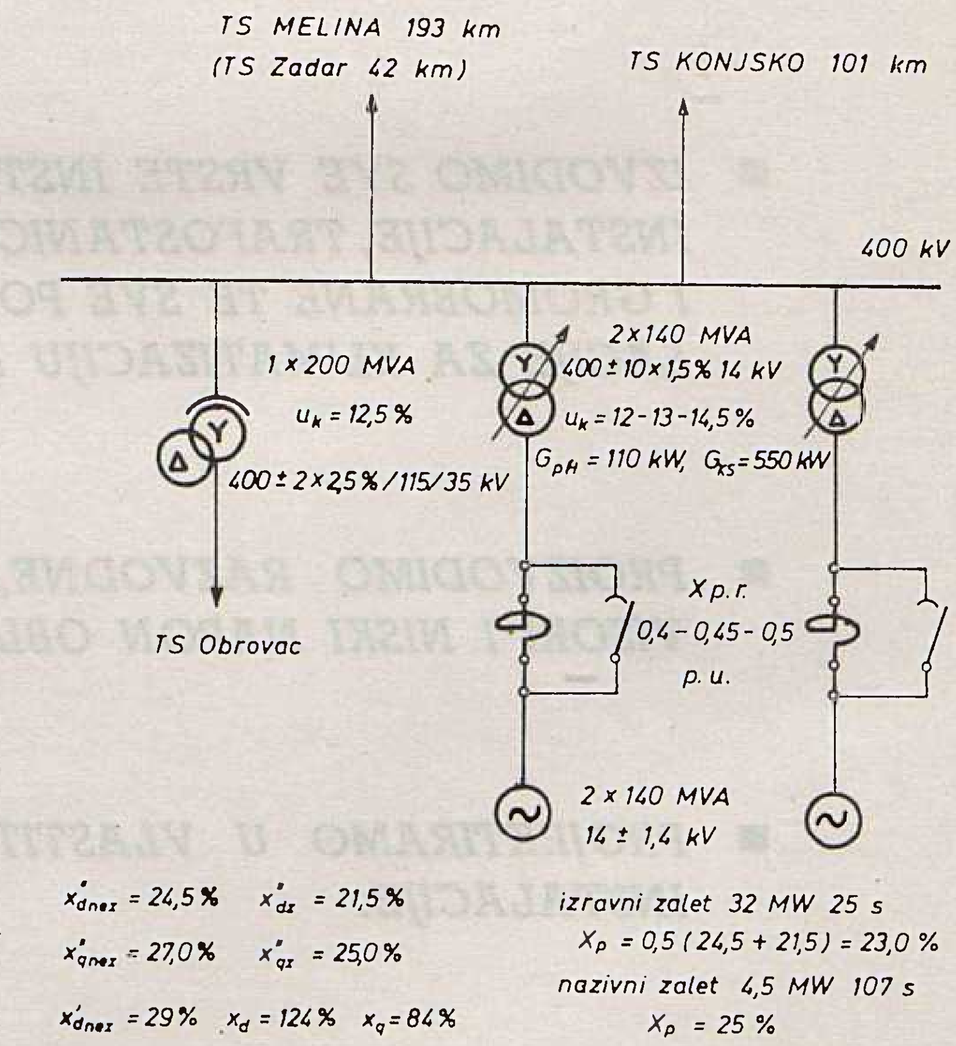
1. UVOD

Buduća reverzibilna hidroelektrana (RHE) »Obrovac« priključit će se 1982. god. na elektroenergetski sistem Dalmacije, čija je pojednostavnjena konfiguracija prikazana na sl. 1, prema načelnoj shemi danoj na sl. 2. Njezini generatori pokretat će se kao elektromotori noću, kada će postojati višak energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, u uvjetima očekivanih najmanjih snaga kratkog spoja u čvorištu 400 kV Obrovac i njemu električki najbližim čvorištima 110, 220 i 400 kV, čiji će potrošači upravo stoga biti najizloženiji naponskim promjenama u razdoblju zaleta generatora RHE »Obrovac«. Zadržat ćemo se samo na najvećim momentalnim iznosima padova napona, koji će se javljati upravo u trenutku pokretanja generatora.

Dakako, pri pokretanju prvog, odnosno jednog od oba mirujuća generatora u RHE »Obrovac«, kao elektromtora, najveće padove napona u čvorištima: 400 kV Melina, Mostar, Konjsko i Obrovac, te 220 kV Bilice i Konjsko, kao i 110 kV Bilice, Biograd, Obrovac, Zadar I, i Zadar II, treba očekivati odmah nakon puštanja RHE »Obrovac« u rad, jer će nakon toga snage kratkog spoja u elektroenergetskom sistemu općenito rasti, pa će prema tome posebno rasti i očekivane najmanje snage kratkog spoja u čvorištu 400 kV Obrovac. Osobit porast potonjih snaga nastat će kad se pusti u pogon nuklearna termoelektrana Vir i transformatorske stanica 400/110 kV Zadar. Pa ipak će, radi sprečavanja prevelikih udaraca na elektroenergetsku mrežu, kako 1982. god. tako i kasnije, biti dopušteno istodobno motorno pokretanje samo jednog od generatora u reverzibilnim hidroelektranama, južnog dijela elektroenergetskog sistema Jugoslavije.



Sl. 1. Pojednostavnjena konfiguracija elektroprivrednog sistema Dalmacije u godini 1982.



Sl. 2. Načelna shema priključka RHE »Obrovac« na mrežu

2. PARAMETRI RHE »OBROVAC«

Automatska regulacija blok-transformatora 140 MVA, 400±10x1,5%/14 kV u RHE »Obrovac« namijenjena je osiguranju urednog pokretanja pripadnog generatora, kao elektromotora, i u uvjetima znatnijih padova napona u 400 kV mreži za trajanja zaleta. Pri tome je napon kratkog spoja promatranog blok-transformatora, dakako, ovisan o položaju regulacione preklopke, te iznosi: 12% kod najvišeg prijenosnog omjera 460/14 kV (21. položaj regulacione preklopke), 13% kod nazivnog prijenosnog omjera 400/14 kV (11. ili srednji položaj r. p.), odnosno 14,5% kod najnižeg prijenosnog omjera 360/14 kV (1. položaj r. p.). Gubici praznog hoda i kratkog spoja istog transformatora iznose, kod srednjeg položaja regulacione preklopke 110, odnosno 550 kW.

S druge strane, uključivanjem prigušnice, s beznaponskom regulacijom njezine reaktancije na 40, 45 ili 50% od iznosa nazivne reaktancije generatora, mogu se osjetno ublažiti udarna opterećenja elektroenergetskog sistema u trenutku pokretanja generatora, kao elektromotora, pa se tako ograničavajući struju i snagu pokretanja generatora može utjecati i na smanjenje padova napona u nabrojenim čvorištima.

Reaktancija pokretanja generatora ovisi o načinu pokretanja, a iznosi 25% kod neizravnog pokretanja preko prigušnice, bez obzira na položaj njezine regulacione preklopke, dok je kod izravnog pokretanja, s kratko spojenom prigušnicom, jednaka aritmetičkoj sredini zbroja nezasićene i zasićene vrijednosti suptransientne reaktancije generatora $X_p = (24,5 + 21,5) : 2 = 23\%$. Zalet u prvom slučaju traje 107 sekundi, a u potonjem slučaju 25 sekundi.

Od 84 moguće kombinacije pokretanja: 21 položaj regulacione preklopke transformatora x (3 odcjepa prigušnice + kratko spojena prigušnica) s faktorom snage, koji iznosi približno 0,1; odabrali smo za analizu izbora načina pokretanja s obzirom na očekivane najveće trenutne padove napona u odabranim čvorištima elektroenergetske mreže Dalmacije po dva osobita slučaja neizravnog i izravnog pokretanja, i to:

1. neizravno pokretanje, uz najveći otpor prigušnice (50%) i najviši prijenosni omjer blok-transformatora (460/14 kV), kojemu uz najvišu nadomjesnu impedanciju

$$\overline{Z}_{p1} = \frac{460^2}{140} \times (0,25 + 0,50 + 0,12) \,|\underline{84,26°} = 1315 \,|\underline{84,26°} \text{ oma}$$

kod pokretanja na beskonačno jaku mrežu pogonskog napona 400 kV odgovara snaga (struja) pokretanja

$$\frac{N^x_{p1}}{N_n} = \frac{I^x_{p1}}{I_n} = \left(\frac{400}{460}\right)^2 : 0,87 \doteq 0,869, \text{ odnosno}$$

$$N^x_{p1} = 0,869 \times 140 \doteq 122 \text{ MWA};$$

2. neizravno pokretanje, uz srednji otpor prigušnice (45%) i nazivni prijenosni omjer blok-transformatora (400/14 kV), kojemu uz nadomjesnu impedanciju

$$\overline{Z}_{p2} = \frac{400^2}{140} \times (0,25 + 0,45 + 0,13) \,|\underline{84,26°} = 949 \,|\underline{84,26°} \text{ oma}$$

kod pokretanja na beskonačno jaku mrežu pogonskog napona 400 kV odgovara snaga (struja) pokretanja

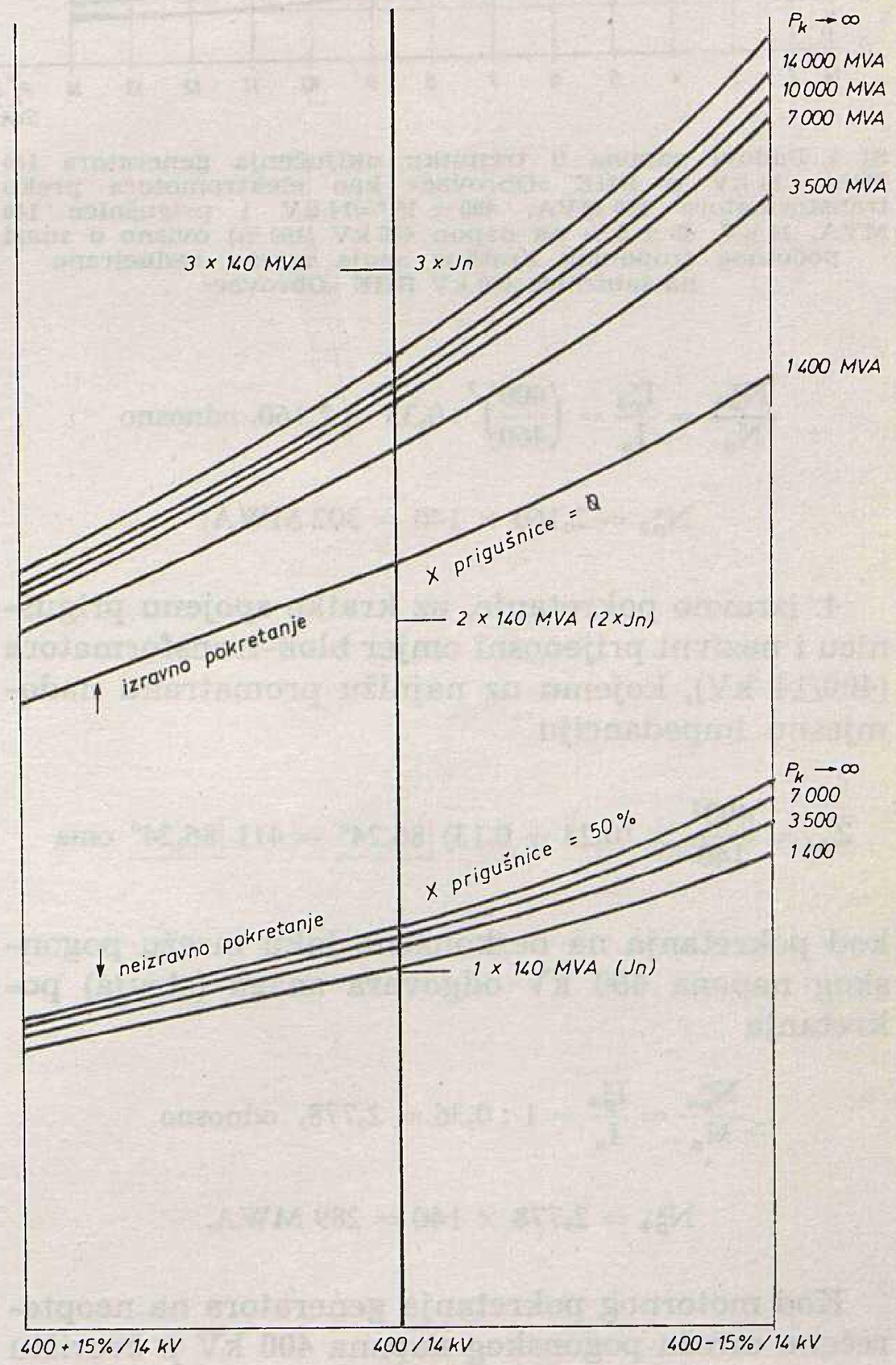
$$\frac{N^x_{p2}}{N_n} = \frac{I^x_{p2}}{I_n} 1:0,83 = 1,205, \text{ odnosno}$$

$$N_{p2} = 1,205 \times 140 = 169 \text{ MWA};$$

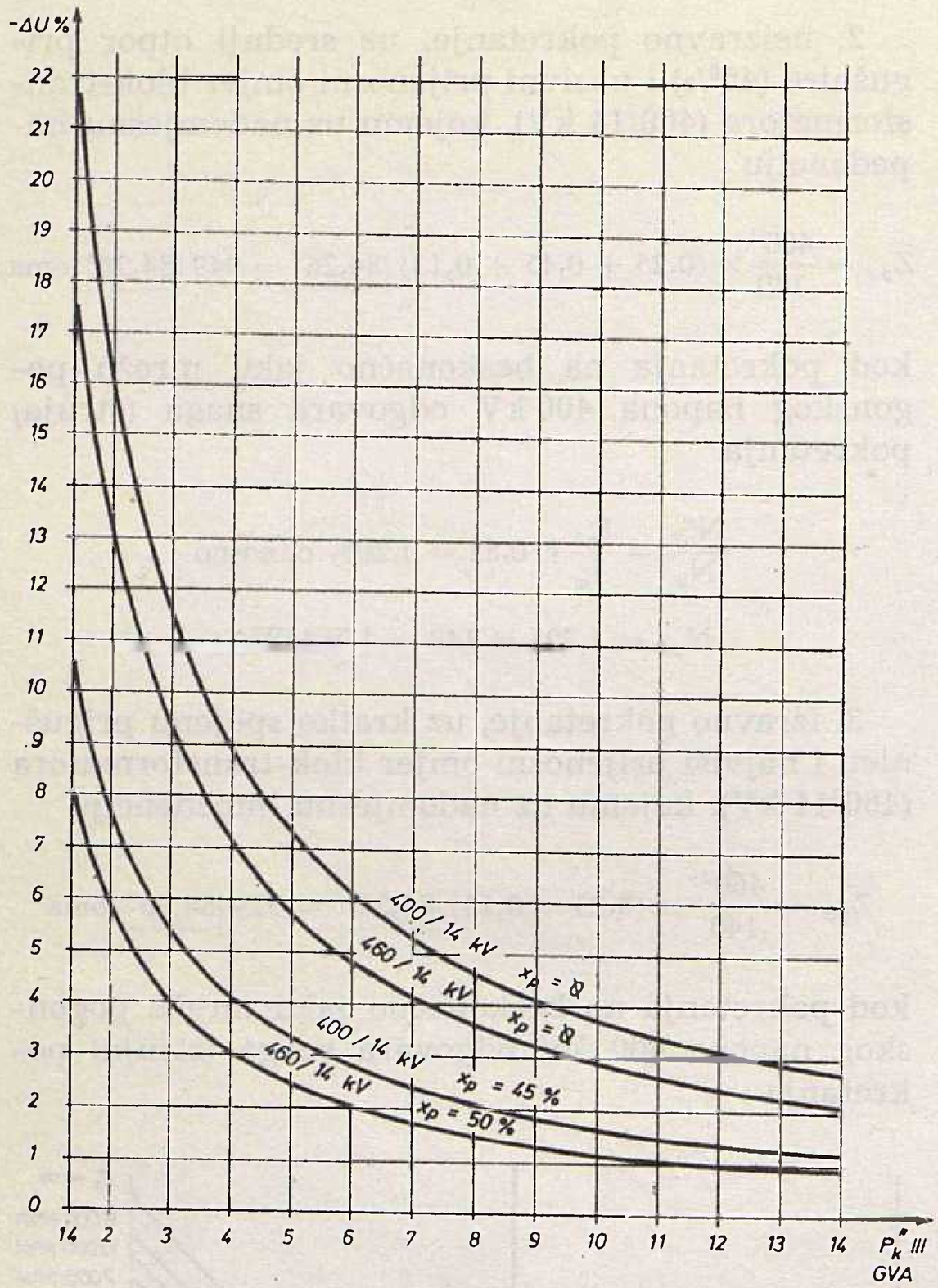
3. izravno pokretanje, uz kratko spojenu prigušnicu i najviši prijenosni omjer blok-transformatora (460/14 kV), kojemu uz nadomjesnu impedenciju

$$\overline{Z}_{p3} = \frac{460^2}{140} \times (0,23 + 0,12) \,|\underline{84,26°} = 529 \,|\underline{84,26°} \text{ oma}$$

kod pokretanja na beskonačno jaku mrežu pogonskog napona 400 kV odgovara snaga (struja) pokretanja



Sl. 3. Relativni iznosi početnih struja (snaga) pokretanja ovisno o položaju regulacione preklopke blok-transformatora i otpora prigušnice za pokretanje



Sl. 4. Padovi napona u trenutku uključenja generatora 140 MVA, 14 kV u RHE »Obrovac« kao elektromotora preko transformatora 140 MVA, 400 ± 15 %/14 kV i prigušnice 140 MVA, 14 kV, 45 ± 5 % na napon 400 kV (100 %) ovisno o snazi početnog tropolnog kratkog spoja mreže, reducirane na sabirnice 400 kV RHE »Obrovac«

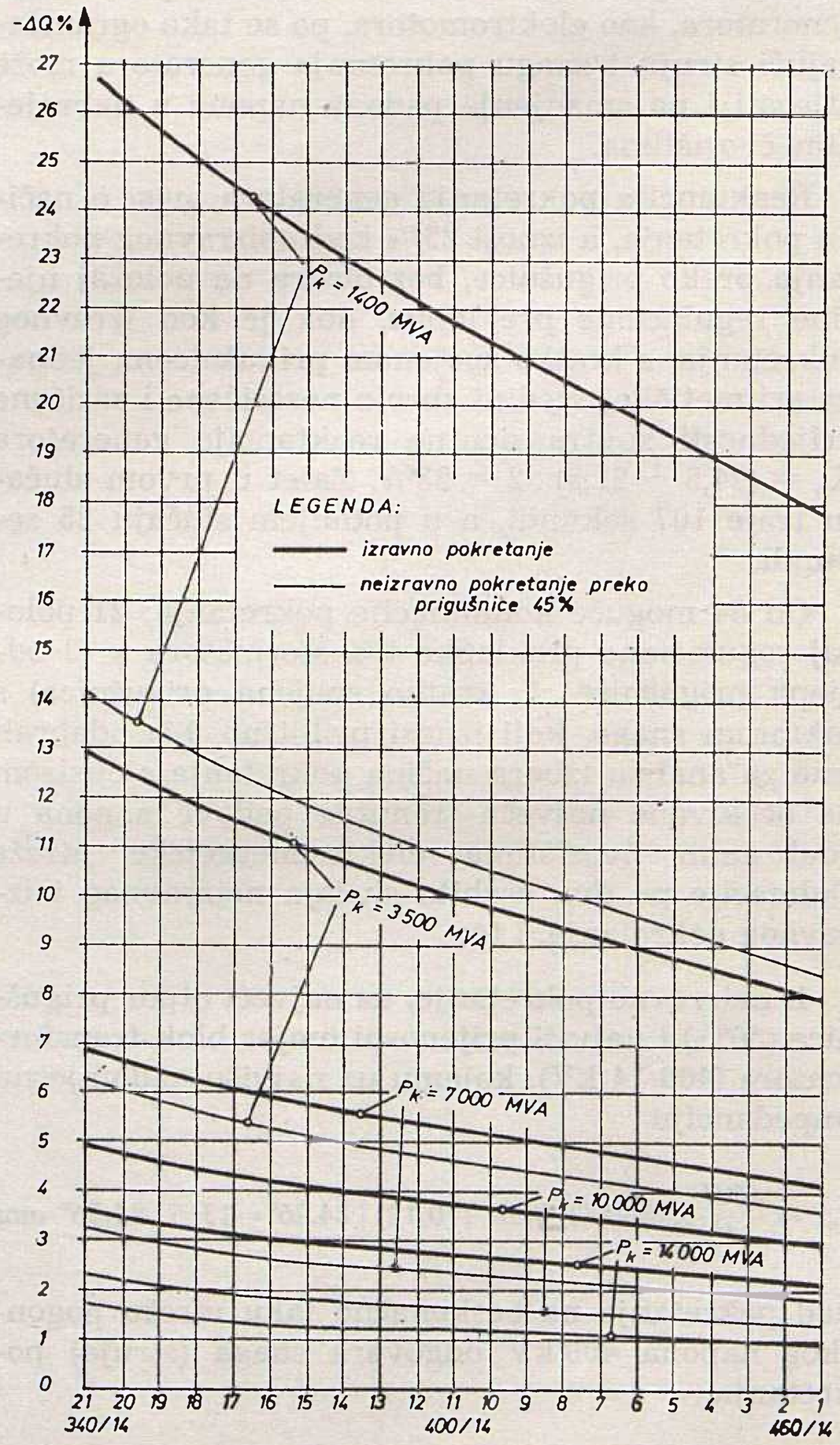
(struju) i momentalni pad napona u prvom trenutku zaleta pisati:

$$\overline{N}_{pi} = \frac{\overline{N}_k \times \overline{N}^x_{pi}}{\overline{N}_k + \overline{N}^x_{pi}}, \text{ odnosno}$$

$$-\Delta U\,\% = \frac{100}{1 + \dfrac{\overline{N}_k}{\overline{N}_p}},$$

tj. jednako kao i kod tropolnog kratkog spoja preko impedancije kvara $\overline{Z}_p$.

Na temelju gornjih izraza izračunate vrijednosti: omjera snage (struje) pokretanja na mrežu pogonskog napona 400 kV prema nazivnoj snazi (struji) bloka generator-transformator u (RHE) »Obrovac« te pripadnih padova napona, za snage kratkog spoja mreže $N_k \leq 10 \times N_n = 1.400$ MVA prikazane su na sl. 3-6.



Sl. 5. Padovi napona 400 kV u trenutku izravnog pokretanja generatora 140 MVA, 14 kV u RHE »Obrovac« kao elektromotora ovisno o položaju regulacione preklopke transformatora i o snazi početnog tropolnog kratkog spoja, te usporedba s iznosima kod neizravnog pokretanja

$$\frac{N^x_{p3}}{N_n} = \frac{I^x_{p3}}{I_n} = \left(\frac{400}{460}\right)^2 : 0{,}35 = 2{,}160, \text{ odnosno}$$

$$N^x_{p3} = 2{,}160 \times 140 = 302 \text{ MWA};$$

4. izravno pokretanje, uz kratko spojenu prigušnicu i nazivni prijenosni omjer blok-transformatora (400/14 kV), kojemu uz najnižu promatranu nadomjesnu impedanciju

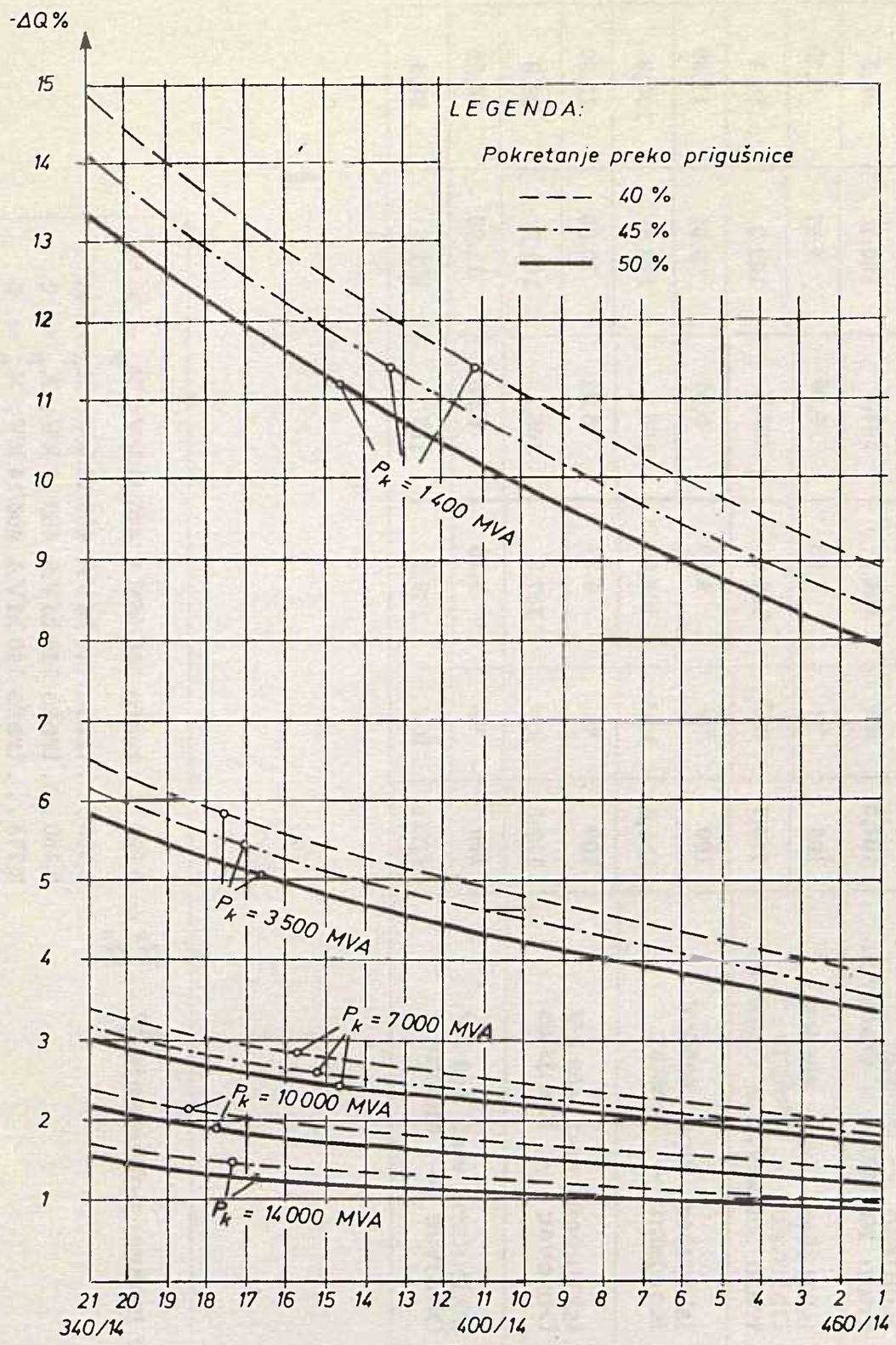
$$\overline{Z}_{p4} = \frac{400^2}{140} \times (0{,}23 + 0{,}13)\,\underline{|86{,}24°} = 411\,\underline{|86{,}24°} \text{ oma}$$

kod pokretanja na beskonačno jaku mrežu pogonskog napona 400 kV odgovara snaga (struja) pokretanja

$$\frac{N^x_{p4}}{N_n} = \frac{I^x_{p4}}{I_n} = 1 : 0{,}36 = 2{,}778, \text{ odnosno}$$

$$N^x_{p4} = 2{,}778 \times 140 = 289 \text{ MWA}.$$

Kod motornog pokretanja generatora na neopterećenu mrežu pogonskog napona 400 kV u čvorištu sa snagom (strujom) početnog tropolnog kratkog spoja ograničenom na N_KMVA možemo za snagu



Sl. 6. Padovi napona 400 kV u trenutku neizravnog pokretanja generatora 140 MVA, 14 kV u RHE »Obrovac« kao elektromotora ovisno o položaju regulacionih preklopki transformatora i prigušnice, kao i snazi početnog tropolnog kratkog spoja mreže

3. NAJMANJI KRATKI SPOJ

Očekivane najveće padove napona na sabirnicama 400 kV u HE »Obrovac« kod motornog pokretanja njezina generatora moći ćemo stoga izračunati pošto prethodno utvrdimo očekivane najmanje snage početnog tropolnog kratkog spoja u navedenom čvorištu. One ne ovise samo o očekivanom najmanjem uvrštenju susjednih elektrana u elektroenergetskom sistemu Dalmacije i Jugoslavije, već su vrlo osjetljive i na moguće ispade pojedinih najutjecajnijih elemenata mreže 400 kV Dalmacije.

Zato su proračuni očekivanih najmanjih snaga početnog tropolnog kratkog spoja na sabirnicama 400 kV u HE »Obrovac«, uz zaustavljene sve generatore u svim dalmatinskim elektranama, izvršeni za:

a) redovito uklopno stanje mreže, s uključenim svim vodovima 400 kV i transformatorima gornjeg napona 400 kV;

b) isto kao pod a), ali i uz isključeni trafo 200 MVA u Obrovcu;

c) ispad transformatora 400 MVA u Konjskom;

d) isto kao pod c), ali i uz isključeni trafo 200 MVA u Obrovcu;

e) ispad voda 400 kV Konjsko-Mostar;

f) isto kao pod e), ali i uz isključeni trafo 200 MVA u Obrovcu;

g) ispad voda 400 kV Obrovac-Konjsko;

h) isto kao pod g), ali i uz isključeni trafo 200 MVA u Obrovcu;

i) ispad voda 400 kV Obrovac-Melina;

j) isto kao pod i), ali i uz isključeni trafo 200 MVA u Obrovcu.

Uz navedeni redoslijed, dobivene su ove vrijednosti: 3497 — 3426 — 3480 — 3397 — 2545 — 2511 — 2048 — 1722 — 1867 — 1791 MVA, kako je to prikazano u tabl. 1, gdje su u kolonama »kratki spoj« prikazani i rezultati proračuna pripadnih padova napona na sabirnicama 400 kV RHE »Obrovac« u prvom trenutku motornog zaleta njezina generatora, i to prema navedenom izrazu za četiri posebno izdvojena načina pokretanja.

Očito je da uklopno stanje transformatora 200 MVA, 400/115/kV u RHE »Obrovac« nema nikakva praktičnog utjecaja na naponske prilike u 400 kV mreži, što se, međutim, ne može tvrditi i za 110 kV mrežu.

4. OČEKIVANI NAJVEĆI PADOVI NAPONA

Proračun očekivanih najvećih momentalnih padova napona u odabranim čvorištima 110, 220 i 400 kV elektroenergetske mreže Dalmacije, u prvom trenutku pokretanja prvog generatora RHE »Obrovac«, kao elektromotora, 1982. god. proveden je po principu superpozicije struja udarnog opterećenja, za svaki od četiri posebno izdvojena načina pokretanja, i pogonskih struja, kakve se očekuju u noćnom režimu rada promatrane mreže.

Dobiveni rezultati prikazani su za sabirnice 400 kV RHE »Obrovac« u tabl. 1, kolone »opterećenje«, pa možemo utvrditi da kod promatranih načina pokretanja najveći trenutni pad napona u 400 kV mreži neće biti veći od 18,4%, i to uz ispad voda 400 kV Obrovac-Konjsko, kratko spojenu prigušnicu i nazivni prijenosni omjer blok-transformatora prije pokretanja generatora.

Odgovarajući padovi napona u 220 kV mreži ostaju u granicama do 10% ,a najniži ustanovljeni kratkotrajni napon iznosi 195 kV, i to u TS Bilice, uz ispad voda 400 kV Konjsko-Mostar i ispad transformatora 200 MVA 400/115 kV u RHE »Obrovac«, te kratko spojenu prigušnicu i nazivni prijenosni omjer blok-transformatora prije pokretanja generatora.

Za osjetljivost potrošača svakako su najmjerodavniji padovi napona u mreži 110 kV, čije se najviše vrijednosti javljaju na sabirnicama 110 kV TS 110/35 Obrovac, a koje mogu prema tabl. 2, uz

Tablica 1.

PREGLED REZULTATA PRORAČUNA SNAGA POČETNIH TROPOLNIH KRATKIH SPOJEVA U MVA I POČETNIH PADOVA NAPONA NA SABIRNICAMA 400 kV u RHE »OBROVAC« ZA ODABRANA UKLOPNA STANJA MREŽE 1982. GOD.

Uklopno stanje mreže	Struja (snaga) pokretanja generatora I_p/I_n N_p/N_n	Transformator 200 MVA; 400/115 kV u RHE »Obrovac«					
		uključen			isključen		
		kratki spoj		opterećenje	kratki spoj		opterećenje
		MVA	-ΔU %	-ΔU %	MVA	-ΔU %	-ΔU %
redovito		3 497			3 426		
	0,869		3,36	3,36		3,43	3,47
	1,205		4,60	4,60		4,69	4,75
	2,160		7,96	7,95		8,11	8,21
	2,778		10,01	10,000		10,19	10,31
isključen transformator 400 MVA, 400/230 kV u TS Konjsko		3 480			3 397		
	0,869		3,38	3,42		3,46	3,49
	1,205		4,62	4,67		4,73	4,77
	2,160		8,00	8,08		8,18	8,25
	2,778		10,05	10,16		10,27	10,36
isključen vod 400 kV TS Konjsko — TS Mostar		2 545			2 511		
	0,869		4,56	4,47		4,62	4,54
	1,205		6,22	6,09		6,29	6,17
	2,160		10,62	10,43		10,75	10,55
	2,778		13,25	13,02		13,41	13,17
isključen vod 400 kV RHE Obrovac — TS Konjsko		2 048			1 722		
	0,869		5,61	5,73		6,60	6,50
	1,205		7,61	7,78		8,92	8,83
	2,160		12,87	13,14		14,94	14,86
	2,778		15,96	16,28		18,42	18,34
isključen vod 400 kV RHE Obrovac — TE Melina		1 867			1 791		
	0,869		6,12	5,30		6,36	6,30
	1,205		8,29	8,04		8,61	8,53
	2,160		13,94	13,55		14,45	14,32
	2,778		17,24	16,77		17,84	17,69

Tablica 2.

PREGLED REZULTATA PRORAČUNA NAJVEĆIH PADOVA NAPONA U % ODN. NAJNIŽIH IZNOSA NAPONA U kV U MREŽI 110 kV DALMACIJE, TJ. NA SABIRNICAMA 110 kV U TS 110/35 kV OBROVAC, U TRENUTKU POKRETANJA RHE »OBROVAC«, KAO ELEKTROMOTORA, 1962. GOD.

Uklopno stanje elektroenergetskog sistema redovito, tj. bez isključenja odn. iznimna, s naznačenim isključenjima	Napon prije pokretanja % / kV	-Δ U = f ($I_p/I_n = N_p/N_n$ odn. načina pokretanja)				
		Pad napona % / kV	0,869 460/14 kV $X_p = 50$ %	1,205 400/14 kV $X_p = 45$ %	2,160 460/14 kV $X_p = 0$	2,778 400/14 kV $X_p = 0$
isključen vod 400 kV Obrovac — Konjsko i trafo 200 MVA u Obrovcu	100	%	0,20	0,27	0,46	0,57
	106,3	kV	106,1	106,0	105,8	105,7
isključen trafo 200 MVA u Obrovcu	100	%	1,91	2,61	4,52	5,67
	109,8	kV	107,7	107,0	104,9	103,6
isključen trafo 400 MVA u Konjskom i trafo 200 MVA u Obrovcu	100	%	2,19	2,83	4,59	5,65
	106,7	kV	104,4	103,7	101,8	100,7
redovito	100	%	2,95	4,03	6,97	8,76
	115,0	kV	111,6	110,4	107,0	104,9
isključen trafo 400 MVA u Konjskom	100	%	2,98	4,08	7,05	8,86
	114,4	kV	111,0	109,7	106,3	104,3
isključen vod 400 kV Konjsko — Mostar i trafo 200 MVA u Obrovcu	100	%	3,03	4,13	7,06	8,82
	107,8	kV	104,5	103,3	100,1	98,3
isključen vod 400 kV Obrovac — Melina i trafo 200 MVA u Obrovcu	100	%	3,33	4,50	7,57	9,35
	110,7	kV	107,0	105,7	102,3	100,4
isključen vod 400 kV Konjsko — Mostar	100	%	4,09	5,57	9,52	11,89
	114,4	kV	109,8	108,1	103,5	100,8
isključen vod 400 kV Obrovac — Konjsko	100	%	4,37	5,92	10,00	12,39
	112,8	kV	107,8	106,1	101,5	98,8
isključen vod 400 kV Obrovac — Melina	100	%	5,16	6,98	11,78	14,59
	115,1	kV	109,2	107,1	101,6	98,4

Struje (snage) pokretanja $\frac{I_p}{I_n} = \frac{N_p}{N_n}$ =
0,869 . . . trafo 140 MVA 460/14 kV; $X_p = 50$ %
1,205 . . . trafo 140 MVA 400/14 kV; $X_p = 45$ %
2,160 . . . trafo 140 MVA 460/14 kV; $X_p = 0$
2,778 . . . trafo 140 MVA 400/14 kV; $X_p = 0$

ispad voda 400 kV Obrovac-Melina ovisno o načinu pokretanja doseći do:

a) 5,16%, uz prijenosni omjer blok-transfomatora 460/14 kV i $X_p = 50\%$;

b) 6,98%, uz prijenosni omjer blok-transformatora 400/14 kV i $X_p = 45\%$;

c) 11,78%, uz prijenosni omjer blok-transformatora 460/14 kV i $X_p = 0\%$;

d) 14,59%, uz prijenosni omjer blok-transformatora 400/14 kV i $X_p = 0\%$;

uz najniži trenutni pogonski napon od 98,4 kV koji sam po sebi i ne bi bio toliko nizak da se ne radi o trenutnom sniženju napona od 14,6%.

5. ZAKLJUČAK

Dopustimo li, u pomanjkanju odgovarajućih propisa, sa stajališta zaštite potrošača električne energije najveće trenutne padove napona u 110 kV mreži do oko 5%, možemo na temelju izloženog zaključiti:

1. Od puštanja RHE »Obrovac« u pogon do daljnjeg je u pravilu nužno pokretati njezin generator kao elektromotor preko prigušnice trajno priključene na srednjem odcjepu i regulacione preklopke blok-transformatora postavljene u srednji položaj (nazivni prijenosni omjer 400/14 kV).

Iznimka je pokretanje uz ispad jednog od vodova 400 kV: Obrovac-Melina, Obrovac-Konjsko i Konjsko-Mostar, kada je potrebno prije pokretanja postaviti regulacionu preklopku blok-transformatora u najviši položaj (prijenosni omjer 400/14 kV) ili, što je povoljnije, za padove napona u mreži 110 kV, kao i za samo pokretanje, isključiti iz pogona transformator 200 MVA, 400/115 kV u RHE »Obrovac«.

2. U uvjetima pokretanja, kao pod 1, trenutni pad napona u 110 kV mreži neće ni u jednom slučaju prekoračiti 5,16%, dok trenutni pogonski napon neće pasti ispod vrijednosti 103,3 kV.

3. Uvjete pokretanja, navedene pod 1, treba u skoroj budućnosti preispitati i, ovisno o povećanju očekivanih najmanjih snaga kratkog spoja, eventualno ublažiti.

Naslov pisca:
Miroslav J u n g, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Elektra
KOPRIVNICA

OOUR ELEKTRE — ZAGREB

PODUZEĆA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

ELEKTRA — KOPRIVNICA

43 300 Koprivnica — Rade Končara 10 Telefoni: 72-422 i 72-420

METODOLOGIJA ANALIZE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Josip M o s e r, Zagreb

Dan je opis metodologije analize gubitaka električne energije u distributivnim mrežama. Opisana su mjesta nastajanja gubitaka i vrste gubitaka. Posebno je dan način određivanja stalnih, o opterećenju neovisnih i promjenljivih o opterećenju ovisnih gubitaka. Metodologija je rađena sa svrhom da se pripremi program za elektroničko računalo radi obrade iznosa gubitaka električne energije u stvarnim distributivnim mrežama ili pri planiranju novih mreža radi smanjenja tih iznosa.

DK 621.316.11 : 621.3.017.2

1. UZROCI I MJESTA NASTAJANJA GUBITAKA

Tokom prijenosa električne energije od mjesta proizvodnje do mjesta predaje potrošačima nastaju gubici. Oni su posljedica trošenja električne energije na svladavanje otpora u elementima mreža (vodovima i transformatorima), zatim za vlastitu potrošnju u nekim elementima postrojenja (gubici praznog hoda kod transformatora, kabela i sl.) i u drugim okolnostima koje povremeno nastaju pri prijenosu energije i koji uzrokuju nastanak gubitaka (na primjer korona).

Zbog gubitaka dužno je proizvesti veću količinu energije nego što potrošači trebaju i preuzimaju. Kod distributivnih organizacija nužno je nabaviti veću količinu energije, a to znači da se povećavaju troškovi, i to ne samo zbog veće količine nabavljene energije nego i zbog potrebe dodatnog dimenzioniranja svih elektroenergetskih postrojenja kroz koja se prenosi energija. Osim dodatnim dimenzioniranjem postrojenja, povećavaju se investicioni troškovi pri izgradnji postrojenja i godišnji troškovi pri eksploataciji postrojenja.

Prema tome, gubitke električne energije iskazujemo kao energetske veličine, a ne smijemo pri tome zaboraviti da su oni značajni u prvom redu po negativnom novčanom efektu koji izazivaju. Zbog toga se energetske veličine gubitaka mogu pretvoriti u novčane iznose njihovim vrednovanjem.

Sa stajališta uzroka nastajanje gubitaka električne energije gubici se mogu podijeliti na:

1. gubitke neovisne o opterećenju (stalne),
2. gubitke ovisne o opterećenju (promjenljive),
3. gubitke ovisne o ostalim vanjskim uzrocima.

Stalni ili o opterećenju neovisni gubici pojavljuju se u pojedinim elementima mreža bez obzira na to da li potrošači električne energije potražuju ikakvu električnu snagu ili energiju, jer samim stavljanjem postrojenja ili uređaja pod napon nastaju i za sve vrijeme trajanja pogona konstantni su po intenzitetu.

Promjenljivi gubici električne energije nastaju u trenutku kada potrošači potražuju određeni iznos snage i njihov intenzitet nije vremenski konstantan nego se mijenjaju s kvadratom traženog opterećenja u amperima. Gubici snage i energije ovisni o opterećenju pojavljuju se na svim mjestima kuda teče električna energija, odnosno u svim elektroenergetskim postrojenjima. Značajna mjesta nastajanja gubitaka ovisnih o opterećenju, prema modelu mreže sistema 110-35-10-0,4 kV jesu kod distributivnog dijela sistema ovi:

a) dalekovodi 110 kV
b) transformatorske stanice 110/35 kV,
c) zračni i kabelski vodovi 35 kV,
d) transformatorske stanice 35/10 kV,
e) zračni i kabelski vodovi 10 kV,
f) transformatorske stanice 10/0,4 kV,
g) zračni i kabelski vodovi i priključci 0,4 kV,
h) mjerni uređaji za predaju električne energije potrošačima.

Kod sistema 110-20-0,4 kV i 110-10-0,4 kV iz gornjeg slijeda ispadaju točke c) i d). Posebno su izrazita mjesta nastajanja gubitaka ovisnih o opterećenju vodovi i kabeli, transformatori snage, strujni transformatori i strujni svici u brojilima za mjerenje električne energije.

Za razliku od gubitaka neovisnih o opterećenju, koji se vrlo jednostavno dadu izračunati za bilo koje vremensko razdoblje, proračun gubitaka snage i energije ovisnih o opterećenju vrlo je složen i zahtijeva poznavanje dijagrama opterećenja. I-pak, postoje metode po kojima se mogu odrediti računski iznosi tih gubitaka.

Gubici ovisni o ostalim vanjskim uzrocima gubici su koji nastaju zbog:

a) neregistriranih povećanih troškova električne energije,
b) razlike u registriranju potrošnje zbog netočnosti mjernih uređaja,
c) povećane potrošnje energije prilikom kvarova na postrojenjima,
d) krađe električne energije od strane potrošača (neevidentirana potrošnja).

Najveći dio tih gubitaka nastaje na niskom naponu. Kod neregistriranog potroška najčešće potrošači izbjegavaju plaćanje troškova regularne isporuke energije ili se priključuju na postojeću mrežu s namjerom da oštete isporučioca električne energije. Kod razlika u registriranju potrošnje zbog netočnosti mjernih uređaja treba

voditi računa da razlike mogu biti i pozitivne i negativne, te da je kod velikog broja potrošača konačna razlika neznatna u odnosu prema cjelokupnoj predaji energije. Ako se, međutim, promatraju parcijalno samo neki dijelovi mreža, onda se mogu pojaviti i značajnije razlike.

Razni pogonski događaji, dozemni i kratki spojevi imaju kao posljedicu potrošnju određene količine energije. Kolika je ta utrošena energija ovisi o učestalosti kvarova, vrsti kvarova i vremenu djelovanja zaštitnih uređaja.

Gubici ovisni o vanjskim utjecajima postoje u obliku vrlo varijabilnih veličina i gotovo ih je nemoguće odrediti računski. S njima se u analizi gubitaka mora računati, pa se oni određuju kao razlika između stvarnih gubitaka nekog distributivnog područja (određenih mjerenjem) i računskih gubitaka ovisnih i neovisnih o opterećenju.

Na osnovi izloženog možemo gubitke prema vrsti mjesta nastajanja gubitaka podijeliti na:

1. stalne gubitke u željezu transformatora snage;
2. promjenljive, o opterećenju ovisne gubitke u toku namotaja transformatora snage;
3. promjenljive, o opterećenju ovisne gubitke u vodičima zračnih i kabelskih vodova;
4. stalne dielektrične gubitke u kabelima srednjeg i niskog napona i u kondenzatorima;
5. odvodni gubici na izolatorskim lancima zračnih vodova srednjeg i visokog napona;
6. gubici korone u zračnim vodovima visokog napona;
7. promjenljivi, o opterećenju ovisni gubici u strujnim transformatorima;
8. stalni gubici u željezu naponskih transformatora;
9. stalni gubici u naponskim svicima mjernih uređaja i instrumenata;
10. promjenljivi gubici, ovisni o opterećenju, u strujnim svicima mjernih instrumenata i uređaja;
11. stalni gubici u željezu transformatora za zvonca i slične uređaje;
12. neregistrirani potrošak električne energije zbog tolerancije baždarenja u uređajima za mjerenje potroška električne energije;
13. gubici zbog netočnosti mjernih instrumenata;
14. gubici nastali u raznim slučajevima kvarova na postrojenjima;
15. gubici zbog nepovlasnog korištenja električne energije od strane potrošača (neevidentirana potrošnja).

Analiziranjem svih tih vrsta gubitaka pojedinačno za svaki element distributivnog sistema i sumiranjem za sve elemente zajedno, dobimo ukupni iznos gubitaka na području jedne distributivne mreže, recimo na području pojedinog distributivnog pogona ili regije ili na području distributivnog poduzeća. Prema tome, moguće je odrediti koliki su ukupni gubici električne energije po količini i procentualno u odnosu prema nabavljenoj i predanoj električnoj energiji. Pri tom se može definirati koliki su gubici električne energije i snage po određenim grupama elektroenergetskih postrojenja (vodovi 110 kV, transformacija 110/35 kV, vodovi 35 kV, transformacija 35/10 kV, vodovi 10 kV, transformacija 10/0,4 kV i vodovi 0,4 kV) za područje poduzeća ili regije. Isto se tako mogu iskazati gubici električne energije i snage u pojedinim dijelovima postrojenja ovisno o opterećenju tih promatranih postrojenja. Iskazivanje svih tih veličina moguće je u apsolutnim i procentualnim veličinama.

2. NAČIN PRORAČUNA STALNIH GUBITAKA, NEOVISNIH O OPTEREĆENJU

U ovu vrstu gubitaka ubrajaju se gubici praznog hoda kod transformatora snage, naponskih transformatora, transformatora za zvonce, zatim dielektrični gubici s kabelima i ransformatorima, gubici korone i odvodnih struja sa zračnim vodovima i gubici praznog hoda u naponskim svicima brojila, releja i mjernih uređaja. Za sve te gubitke, osim gubitaka korone, proračun je vrlo lak, a gubici zbog korone i odvodnih struja na izolatorima ne mogu se jednostavno izračunati jer ovise o vremenskim prilikama.

2. 1. Gubici praznog hoda u transformatorima snage nastaju zbog protjecanja struje praznog hoda ili uzbudne struje. Ta struja je složena od dvije komponente, od struje magnetiziranja i struje gubitaka. Odavde izlazi da se gubici u željezu transformatora sastoje od dva dijela, od gubitaka histereze i gubitaka vrtložnih struja. Gubici histereze su rezultat utrošenog rada za magnetiziranje, fizikalno se pojavljuju u obliku zagrijavanja jezgre. Prema tome:

$$V_{Fe} = V_h + V_v \qquad (1)$$

gdje su:

V_{Fe} ukupni gubici praznog hoda
V_h gubici hitereze i
V_v gubici zbog vrtložnih struja.

Gubici histereze računaju se po empirijskoj formuli:

$$V_{Fe} = G_{Fe} \left(\frac{B}{100000}\right)^2 k_h \cdot \frac{f}{100} + k_v \left(\frac{f}{100}\right) \cdot 10^{-3} \text{ [kW]} \qquad (2)$$

gdje je

G_{Fe} težina željezne jezgre (kg)
k_h konsanta materijala
f frekvencija (Hz)
B magnetska indukcija (Gaussa)
k_v konstanta materijala.

Za frekvenciju mreže f = 50 Hz:

$$V_{Fe} = G_{Fe} \left(\frac{B}{10000}\right)^2 (0{,}5 \cdot k_h + 0{,}25\, k_v) \cdot 10^{-3} \text{ [kW]} \quad (3)$$

i ako se uzme

$$k_{Fe} = 0{,}5\, k_h + 0{,}25\, k_v$$

što znači da konstanta k_{Fe} predstavlja gubitke u W/kg težine željezne jezgre, što ovisi o vrsti trafolima, pa je

$$V_{Fe} = G_{Fe} \cdot k_{Fe} \cdot \left(\frac{B}{1000}\right)^2 \cdot 10^{-3} \text{ [kW]} \quad (4)$$

Prema tome, ukupni godišnji gubici električne energije zbog praznog hoda jesu

$$W_{Fe} = V_{Fe} \cdot k \cdot T \quad \text{[kWh]} \quad (5)$$

gdje je

V_{Fe} ukupni gubitak snage kod praznog hoda
T broj sati trajanja pogona, 8760 sati i
k faktor prekida pogona ($k \leq 1$).

2.2. Gubici praznog hoda u kabelima i kondenzatorima visokog napona nastaju zbog toga što izolacioni materijal koji se upotrebljava kao dielektrik nije savršen izolator nego posjeduje određenu provodljivost, pa kroz njega ipak protječe neka struja. To je dodatna radna komponenta, koja se u dielektriku pretvara u toplinu, uzrokujući pri tom gubitke električne energije. Ti gubici računaju se na osnovi izraza:

$$W_\delta = V_\delta \cdot k \cdot T \quad \text{[kWh]} \quad (6)$$

gdje je gubitak snage, određen prema

$$V_\delta = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_c \cdot \text{tg}\delta \quad \text{[kW]} \quad (7)$$

a gdje je

U pogonski linijski napon (kV)
I_c struja nabijanja (punjenja) (A)
$\text{tg}\delta$ koeficijent dielektričkih gubitaka.

$$I_c = U_f \cdot W \cdot C_p \cdot 10^{-3} \quad \text{[A]} \quad (8)$$

gdje je

U_f pogonski fazni napon (kV)
W kružna frekvencija
C_p pogonski kapacitet kod kabela odnosno kapacitet kondenzatora.

2.3. Gubici praznog hoda u naponskim i strujnim transformatorima nastaju zbog kontinuiranog rada i time potroška električne energije u samom transformatoru. Taj gubitak snage i energije nije velik, jer obično po jednom strujnom transformatoru iznosi oko

0,5 W,

pa se često u proračunima zanemaruje. Ipak, prilikom točnijih računanja i tamo gdje se susreće veći broj naponskih i strujnih transformatora potrebno je i te gubitke izračunati i uzeti u obzir.

2.4. Gubici u brojilima neovisni o opterećenju nastaju zbog vlastite potrošnje u naponskom svitku. Pojedinačno ti gubici su vrlo maleni, ali je vrlo velik broj brojila u pogonu i trajanje pogona iznosi velik broj sati, pa godišnji gubici ukupno mogu biti znatni. Kako se na nekom distributivnom području mogu susresti jednofazna i trofazna brojila, to se godišnji gubici električne energije računaju po formuli:

$$W_{OB} = (V'_{OB} \cdot k \cdot T \cdot n')_{\text{jednof.}} + (V''_{OB} \cdot k \cdot T \cdot n'')_{\text{trofazno}} \text{ [kWh]} \quad (9)$$

gdje je

V'_{OB} i V''_{OB} gubitak snage određenog tipa brojila
n' i n'' broj ukupnih brojila određenog tipa.

Ovi podaci mogu se znati iz podataka o mreži iz kataloga.

2.5. Gubici korone nastaju kao posljedica razlike u vrijednosti jačine električnog polja na vanjskoj površini vodiča i probojne čvrstoće okolnog zraka, zbog čega dolazi do obilnog prijelaza elektrona s vodiča u zrak. Korona se manifestira svjetlucanjem, blagim ljubičastim svjetlom, siktavim šumom i karakterističnim mirisom ozona. Njezino je najveće djelovanje vezano uz točno određene vremenske prilike, a to su kiša, inje, rosa i magla Snijeg, relativna oblačnost, temperatura i Zemljino električno polje imaju malen utjecaj na koronu.

Gubici električne energije zbog korone mogu se izračunati po izrazu O. Mayra:

$$V_k = 4{,}44 \cdot 10^{-3} \cdot Er\,(Er - Ed) \cdot f \cdot \cdot r^2 \left[\ln \frac{\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \cdot Er}{f \cdot r} - 1\right] \text{ [kW/km]} \quad (10)$$

gdje je

Er jačina električnog polja

$$Er = 10{,}4 \cdot 10^3 \frac{U \cdot C_p}{r} \text{ [kV/cm]} \quad (11)$$

Ed probojna čvrstoća uređaja ovisno o vremenskim uvjetima
f mrežna frekvencija (Hz)
r radijus vodiča (cm).

Korona se računa za napone iznad 60 kV, a za napone 35 kV i niže zanemaruju se ti gubici. Konačno je, kao i u prethodnim slučajevima:

$$W_{ko} = V_{ko} \cdot t_{ko} \cdot lr \quad \text{[kWh/god]} \quad (12)$$

gdje je

V_{ko} gubitak snage po kilometru voda (kW/km)
t_{ko} vrijeme trajanja korone (sati/godišnje)
lr dužina svih vodova određenog napona (km).

2.6. Odvodni gubici na izolatorima visokog napona nastaju zbog toga što površina izolatora i izolatorskih lanaca visokog napona nije nikada potpuno čista i suha. Ta prljavština vezana s rosom, maglom, snijegom ili dimom izaziva smanjenje izolacione sposobnosti na površini izolacije. Gubitak snage, koji nastaje uslijed ove odvodljivosti računa se prema:

$$V_{odv} = 3 \cdot U \cdot \gamma_i \cdot n \qquad [kW/km] \qquad (13)$$

gdje je

U fazni napon (kV)

γ vodljivosti (S), a računa se iz izolacionog otpora izolatora r_i, $\gamma_i \frac{1}{r_i}$

n broj izolatora po kilometru dužine voda za jednu fazu, (broj/km).

Ukupni su godišnji gubici električne energije:

$$W_{og} = [\Sigma V_{ogi} \cdot t_{ogi}] \cdot l_{ogi} \qquad [kWh] \qquad (14)$$

Dakle, to je snaga gubitaka zbog odvodnih struja prema vremenskim uvjetima i prema trajanju tih prilika.

Kod vodova nižeg napona od 10 kV ne uzimaju se u obzir jer su i za 10 kV ti gubici relativno niski.

2.7. Ostali gubici neovisni o opterećenju nastaju zato što u mreži postoji niz različitih trošila čiji je potrošak tako nizak da se ne može registrirati brojilom. Brojila »Iskre« iz Kranja registriraju potrošnju od oko 0,35%I_n za jednofazna i oko 0,3%I_n za trofazna brojila, a to znači da je osjetljivost registriranja i aktiviranja brojila kod 7,7 odnosno 6,6 W. Zato električni sat sa 2-3 W, električna zvonca s opterećenjem 1 W, tinjalice sa 1,5 W i slično stvaraju neki potrošak koji se mora uvrstiti u gubitak električne energije. Nužno je samo poznavati broj tih aparata da bi se odredili ukupni gubici koji nastaju zbog nemogućnosti registriranja.

3. NAČIN ODREĐIVANJA PROMJENLJIVIH GUBITAKA OVISNIH O OPTEREĆENJU

Gubici snage i energije ovisni o opterećenju pojavljuju se na svim mjestima kuda protječe električna energija od izvora ili mjesta nabave do mjesta predaje. Izrazita su mjesta nastajanja gubitaka vodovi i kabeli, transformatori snage, strujni transformatori i strujni svici u brojilima za mjerenje električne energije.

Nužno je poznavati vršno i srednje prividno opterećenje, faktor prividnog opterećenja i faktor gubitaka prividnog opterećenja. Mjerenja koja se danas provode u distributivnim mrežama ne omogućuju direktno očitavanje tih veličina, jer se u praksi pojavljuju ovi slučajevi mjerenja veličina:

I slučaj — mjerenje prividnog opterećenja (I_p) u amperima;

II slučaj — mjerenje prividnog opterećenja (I_p) u amperima i djelatne električne energije (W_d);

III slučaj — mjerenje prividnog opterećenja (I_p) i djelatne električne energije i djelatnost opterećenja (P_d) u kilovatima;

IV slučaj — mjerenje prividnog opterećenja (I_p) i djelatne električne energije (W_d) i reaktivne električne energije (W_r).

Za svaki od slučajeva registracije podataka gubici se računaju posebno.

3.1. Promjenljivi gubici kod vodova napona 110 kV računaju se:

I. slučaj: po formuli

$$W_g = 3 \cdot I_{\varphi max} \cdot R \cdot T \cdot \vartheta_p \cdot 10^{-3} \qquad [kWh] \qquad (15)$$

gdje je, prema Jungeu,

$$\vartheta_p = \frac{m_\varphi \cdot (2 + m_\varphi)^2}{1 + 2\, m_\varphi} \quad \text{i} \quad m_\varphi = \frac{I_{\varphi\, m}}{I_{\varphi\, max}} = \frac{\int_{t=0}^{T=t} I_{\varphi t} \cdot dt}{T \cdot I_{\varphi\, m}}$$

II slučaj: po formuli (15) koja se može postaviti i kao

$$W_g = 3 \cdot \left(\frac{P_{d\,max}}{U \cdot \cos\varphi}\right)^2 \cdot R\, T \cdot \vartheta_\varphi \cdot 10^{-3} \quad [kWh] \qquad (16)$$

a po Langerheru je faktor gubitaka prividnog opterećenja

$$\vartheta_\varphi = m_d^{1,5} \qquad (17)$$

$$m_d = \frac{W_d}{P_{d\,max} \cdot T}$$

Postoji i metoda po izrazu Holmgreen-Junge, slična kao u I. slučaju.

III slučaj: primjenjuje se Holmgreen-Jungeov postupak

$$W_g = 3 \cdot I_{\varphi\, max}^2 \cdot R \cdot T \cdot \vartheta_\varphi \cdot 10^{-3} \quad [kWh] \qquad (18)$$

$$\vartheta_\varphi = \cos^2 \varphi_{max} \cdot \vartheta_d \sin^2 \varphi_{max} \cdot m_\alpha$$

$$\vartheta_d = \frac{m_d^2 \cdot (2 + m^2)}{1 + 2 \cdot m_d}$$

$$m_d = \frac{Wd}{P_{d\,max} \cdot T}$$

IV slučaj: primjenjuje se formula i postupak

$$W_g = 3 \cdot 10^{-3} \cdot R \cdot T \cdot I_{d\,max}^2 \cdot \frac{\vartheta_d}{\cos\varphi_{sr}} \quad [kWh] \qquad (19)$$

$$\cos\varphi_{sr} = \sqrt{\frac{1}{1 + T_g^2 \varphi_{sr}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{Wr}{Wd}\right)^2}}$$

$$I_{d\,max} = \frac{P_{d\,max}}{3 \cdot U} \quad (A)$$

$$\vartheta_\varphi = \left(0{,}124 + \frac{t_{p\varphi}}{10000}\right)^2 \cdot 8760$$

$$t_{p\varphi} = \sqrt{t_{pd}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{max} + t_{pr}^2 \cdot \sin^2 \varphi_{max}} \quad [h]$$

$$t_{pd} = \frac{Wd}{P_{d\,max}} \quad \text{sati}$$

$$t_{pr} = \frac{Wr}{P_{r\,max}} \quad \text{sati}$$

Kod kabela treba uzimati odgovarajuće veličine za omski otpor inače se proračun ne razlikuje od proračuna za zračne vodove. Za bilo koju temperaturu omski otpor za vodiče zračnih vodova jest:

a) za bakar

$$R_{\vartheta Cu} = \frac{16{,}5 + 0{,}07 \cdot \vartheta}{S} \quad [\Omega/km,°C,mm^2]$$

b) za aluminij

$$R_{\vartheta Al} = \frac{26{,}5 + 0{,}115 \cdot \vartheta}{S} \quad [\Omega/km,°C,mm^2]$$

gdje je

S stvarni presjek vodiča u mm^2

γ temperatura vodiča °C.

Za kabele je djelatni otpor vodiča:

$$RD = R_{20}\gamma \cdot k_t + \Delta R \quad [\Omega/km].$$

Vodovi 35 kV računaju se po istom postupku, samo se primjenjuje I i II slučaj mjerenja. Kod vodova 10 kV mora se proračun gubitaka provoditi po dionicama zbog povezivanja većeg broja TS 10/0,4 kV, inače je postupak isti kao u slučajevima I i II.

Kod 0,4 kV mreže proračun je vrlo kompliciran zbog velikog broja podataka. Najjednostavnije je izračunati gubitke ako se za određeno vrijeme uzme razlika između količine električne energije predane u vodove niskog napona i količine predane potrošačima.

Gubitke u niskonaponskoj mreži prikladno je proračunati samo u iznimnim slučajevima.

3.2. Promjenljivi gubici kod transformatora 110/35 kV, 35/10 kV i 10/0,4 kV računaju se po postupku:

$$W_g = V_{Cu}\left(\frac{I_{\varphi\,max}}{I_{\varphi n}}\right)^2 \cdot T \cdot \vartheta_p \ [kWh] \qquad [20]$$

gdje je

$$V_{Cu\,max} = \left(\frac{I_{\varphi\,max}}{I_{\varphi n}}\right)^2$$

V_{Cu} gubici snage pri normalnom opterećenju koji se određuje ovisno o slučajevima I do IV.

3.3. Promjenljivi gubici kod strujnih transformatora računaju se prema:

$$W_g = n \cdot V_{Cu}\left(\frac{I_{\varphi\,max}}{I_{\varphi n}}\right)^2 \cdot T \cdot \vartheta_\varphi \ [kWh] \qquad (21)$$

gdje je

n broj strujnih transformatora

V_{Cu} gubici u bakru pri nominalnom opterećenju (iz tablica)

$I\varphi_{max}$ maksimalno opterećenje strujnog transformatora (A)

$I\varphi_n$ nominalno opterećenje strujnog transformatora (A)

T broj sati trajanja pogona

γ_φ faktor gubitaka prividnog opterećenja.

Promjenljivi gubici u brojilma za električnu energiju računaju se po:

$$W_g = n \cdot V_{Cu} \cdot \left(\frac{I_{\varphi\,max}}{I_{\varphi n}}\right)^2 \cdot T \cdot \vartheta_\varphi \ [kWh] \qquad (22)$$

gdje je

n broj brojila prema vrsti

V_{Cu} gubici snage u strujnom svitku pri nazivnom opterećenju.

3.5. Promjenljivi gubici kod ostalih uređaja, kao što su ampermetri, watmetri, kosinusfimetri, prukostrujni releji i slično, računaju se po:

$$W_g = n \cdot V_{Cu} \cdot \left(\frac{I_{\varphi\,max}}{I_{\varphi n}}\right)^2 \cdot T \cdot \vartheta_\varphi \ [kWh] \qquad (23)$$

gdje je

n broj uređaja

V_{Cu} gubici snage pri nazivnom opterećenju,

γ_φ faktor gubitaka prema Jungeu

4. ZAKLJUČAK

Na osnovi izložene metodologije može se pripremiti program za elektroničko računalo, kao i lista ulaznih podataka, za analizu iznosa gubitaka električne energije u nekoj distributivnoj mreži. Pri tome se može analizirati neka postojeća mreža, radi uočavanja mjesta nastajanja većih iznosa gubitaka i mjera potrebnih za njihovo smanjenje, a pri planiranju budućih mreža moguća su analiziranja izbora onih varijanata mreža kod kojih su smanjeni iznosi gubitaka.

LITERATURA

1. Zebisch M.: Netzverluste — VEB Verlag Technik, Berlin, 1959.
2. VDEV: Netzverluste, 1972.
3. Siemens: Formel und Tabellenbuch für Starkstrom — Ingeniere, Essen, 1965.

Naslov pisca:
Josip Moser, dipl. inž.,
Institut za elektroprivredu, Zagreb

PRISTUP OPTIMALIZACIJI OPSKRBE OGRJEVNOM TOPLINOM

Duško Čorak, Zagreb

Potrošnja energije za grijanje u svojoj ukupnoj potrošnji zauzima vodeće mjesto. Klimatske prilike, razina privrednog razvitka, a s time vezan i standard stanovništva, osnovni su elementi što utječu na potrošnju energije za grijanje. Za usmjeravanje potrošnje na primarne oblike energije i izbor načina grijanja potrebno je poznavati ograničenja i troškove.
Za tu namjenu razrađen je model za optimalizaciju opskrbe toplinom u uvjetima moguće zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije.

DK 621.311.22

GRIJANJE PROSTORIJA I OVISNOST O VANJSKOJ TEMPERATURI

Uvjete okoline (temperaturu zraka, relativnu vlažnost, brzinu kretanja zraka i srednju temperaturu zračenja prostorije) i oslobođenu toplinu organizma potrebno je postaviti u takav odnos da se održi stanje koje odgovara termičkoj udobnosti organizma. Fizičke aktivnosti organizma vezane su sa zagrijavanjem tijela: jači fizički napor prouzročit će veće zagrijavanje tijela nego manji. Intenzitet razmjene topline s okolinom ovisi o toplini tijela i njegovoj termičkoj izolaciji, ali i uvjetima u kojima čovjek boravi (temperaturi i brzini strujanja zraka). Ovisno o fizičkim aktivnostima, utvrđeno je kakve uvjete okoline treba osigurati da bi se postigla termička udobnost tijela. Na primjer, u stambenim i drugim prostorijama u kojima ljudi miruju ili se lagano kreću, potrebno je održavati temperaturu zraka od 19—22 °C i relativnu vlažnost od 35—70 %, a od 16—19 °C pri radu srednje težine. Pri težim radnim aktivnostima potrebna je temperatura od 14—16 °C. Temperatura za određenu vrstu prostorija normirane su nacionalnim standardima.

Naši klimatski uvjeti uglavnom su takvi da je za održavanje temperature u prostorijama potrebno dovoditi toplinu tijekom većeg dijela godine, onda kad je vanjska temperatura niža od proračunske temperature prostorije. Toplina koja je potrebna za održavanje normirane vrijednosti temperature prostorija (korisnika topline) utvrđuju se na temelju vanjskih meteoroloških uvjeta (temperature, relativne vlažnosti, brzine strujanja zraka i insolacije), te termičkih svojstava prostorije ili objekta. Toplina koju treba dovesti korisniku, odnosno prostoriji za održavanje normirane (projektne) temperature prostorije može se iskazati ovom relacijom:

$$Q_p = f[(t_p - t_0), k, A]. \qquad (1)$$

Prema tome je toplinska snaga korisnika u funkcijskoj ovinsosti o vanjskim uvjetima, u prvom redu o temperaturi zraka. Brzina strujanja vjetra, te sunčano zračenje u manjoj mjeri utječu na promjenu toplinske snage. U praktičnim proračunima toplinska snaga korisnika postavlja se jedino u funkcijsku ovisnost vanjske temperature zraka. U proračunima se polazi od pretpostavke da je koeficijent prolaza topline konstantna veličina, iako znamo da se njegova vrijednost mijenja ovisno o promjeni brzine strujanja vjetra, relativnoj vlažnosti zraka, itd.

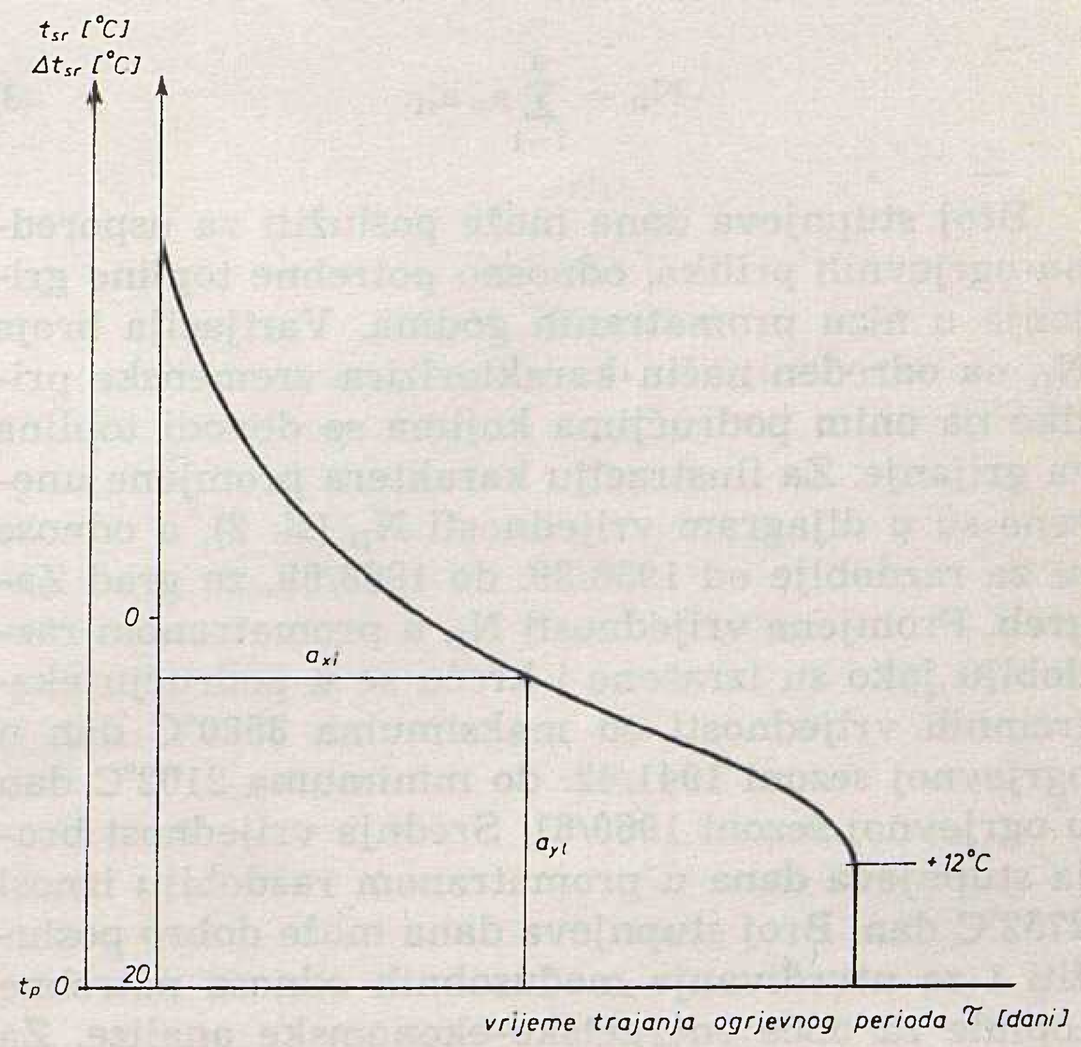
Stupnjevi dani

Ako se u koordinatni sustav vanjska srednja temperatura (ordinata), vrijeme trajanja zagrijavanja (apscisa), poredaju vrijednosti srednjih dnevnih temperatura po veličini, tako da ishodišna vrijednost na ordinati odgovara temperaturi +20°C, a da se na pozitivnoj strani ordinate nanosi temperaturna razlika:

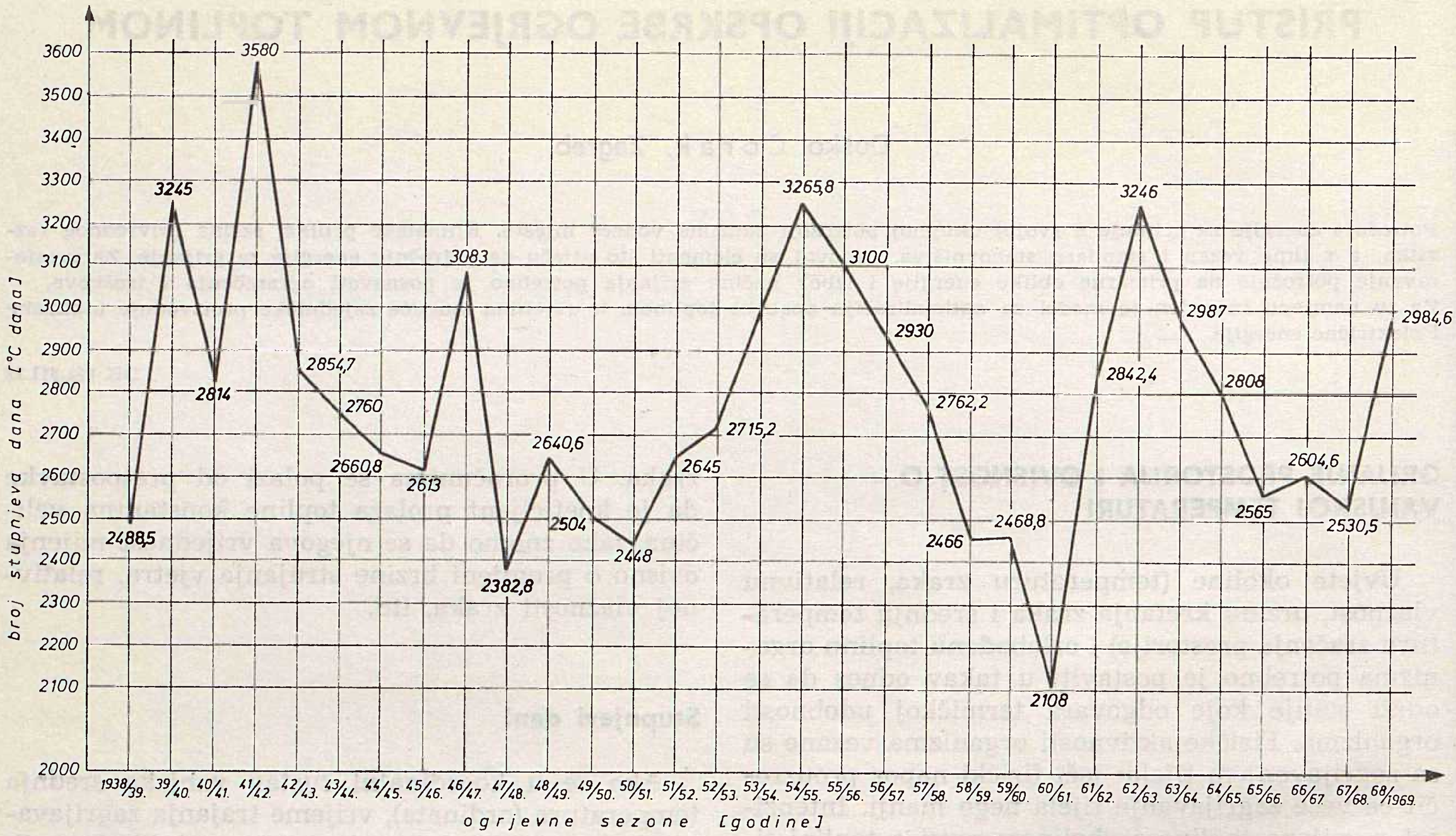
$$\Delta t_{sr} = (t_{20} - t_{sr}), \qquad (2)$$

dobiva se krivulja trajanja srednjih dnevnih temperatura, odnosno snaga za ogrjevno razdoblje godine koja se promatra (sl. 1).

Klimatske prilike u ogrjevnom razdoblju u nizu promatranih godina međusobno se razlikuju, što se odražava u razlici trajanja srednjih vanjskih tem-



Sl. 1. Krivulja trajanja srednjih dnevnih temperatura



Sl. 2. Broj stupnjeva danih za ogrjevne prilike Zagreba

peratura, odnosno srednjih temperaturnih razlika (Δt_{sr}). Temperaturne prilike i vrijeme trajanja ogrjevnog razdoblja na određen način definiraju potrebnu toplinu za grijanje.

Kad se vrijednost ordinate a_{yi} (sl. 1) za određenu točku u krivulji trajanja srednjih vanjskih temperatura za ogrjevno razdoblje (u ovom slučaju vremenska jedinica »dan« predstavlja određenu točku) pomnože sa vrijednosti apscise koja je u ishodištu na temperaturi grijanja prostorije, i zbrajanjem svih umnožaka u ogrjevnom periodu godine, dobiva se takozvani »broj stupnjeva dana« N_D

$$N_D = \sum_{i=1}^{n} a_{xi}\, a_{yi}. \qquad (3)$$

Broj stupnjeva dana može poslužiti za usporedbu ogrjevnih prilika, odnosno potrebne topline grijanja u nizu promatranih godina. Varijacija broja N_D na određen način karakterizira vremenske prilike na onim područjima kojima se dovodi toplina za grijanje. Za ilustraciju karaktera promjene unesene su u dijagram vrijednosti N_D (sl. 2), a odnose se za razdoblje od 1938/39. do 1968/69. za grad Zagreb. Promjene vrijednosti N_D u promatranom razdoblju jako su izražene i kreću se u području ekstremnih vrijednosti od maksimuma 3580°C dan u ogrjevnoj sezoni 1941/42. do minimuma 2102°C dan u ogrjevnoj sezoni 1960/61. Srednja vrijednost broja stupnjeva dana u promatranom razdoblju iznosi 2752°C dan. Broj stupnjeva dana može dobro poslužiti i za utvrđivanje međusobnih odnosa potrebne topline za opće energetsko-ekonomske analize. Za ilustraciju navedimo broj stupnjeva dana u ogrjevnim mjesecima u razdoblju 1948-1958. za tri gradska središta: Zagreb, Sarajevo i Split. U promatranom desetogodišnjem razdoblju prosjek broj stupnjeva dana iznosi: za Sarajevo 3160 °C/dan, Zagreb 2855 °C/dan, Split 1406 °C/dan. Ako se uspostave relativni odnosi za ove gradove u odnosu na Zagreb, dobiva se ovaj odnos potrebne topline za grijanje: Zagreb —1,0, Sarajevo —1,1, Split —0,49.

Potrebna toplina grijanja i vrijeme trajanja maksimalne snage

Potrebna toplina korisnika u vremenu koje se promatra (τ_g) proporcionalna je površini ispod krivulje trajanja vanjske temperature s apscisom koja odgovara temperaturi prostorije (t_p):

$$EQ_p = C \int_0^{\tau_g} f_{to}\, d\tau_g. \qquad (4)$$

U promatranom vremenskom intervalu τ_g, ovisno o promjeni funkcije f_{to}, površina ispod krivulje može poprimiti različite vrijednosti. Ako se od površine krivulje f_{to} konstruira pravokutnik iste površine čija jedna stranica ima vrijednost maksimalne snage, tada druga stranica pravokutnika poprima vrijednost vremena trajanja maksimalne snage grijanja. Vrijeme trajanja maksimalne snage grijanja može se dobiti dijeljenjem relacije (4)

maksimalnom (projektiranom) vrijednosti temperaturne razlike između temperatura zraka u prostoriji i vanjskog zraka:

$$\tau = \frac{E\,Q_p}{t_p - t_{ox}}. \qquad (5)$$

Vrijeme trajanja maksimalne snage često koristimo za usporedbu ogrjevnih prilika za jediničnu toplinsku snagu. Za ilustraciju navodimo vrijeme trajanja maksimalne snage za gradove: Zagreb 1800 h, Osijek 1795 h, Karlovac 1895 h i Split 990 h.

MODEL ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE OPSKRBE OGRJEVNOM TOPLINOM

U uvjetima urbane sredine potrebno je odgovoriti na pitanja kakva je toplinska opskrba najbolja. Pri tom se misli na određivanje optimalne strukture goriva i uređaja, odnosno postrojenja koja su potrebna za transformaciju energije goriva u toplinu.

Optimalna opskrba bit će tada, kad se postigne s minimalnim ukupnim troškovima i kad se zadovolje ograničenja koja se mogu pojaviti (ograničenje količina pojedinih vrsta goriva, ograničenje zagađivanja vrsta goriva, ograničenje zagađivanja okoline i sl.).

Utvrđivanje potrebne ogrjevne topline

Za model optimalizacije potrebno je znati potrebe korisnika energije, mogućnosti dobave i troškove koji pri tom nastaju.

Potrebe ogrjevne topline utvrđuju se na razini takozvane građevne kazete, koja predstavlja karakterističnu cjelinu u pogledu veličine objekata, načina i strukture gradnje. Podjelu urbane sredine na građevne kazete potrebno je obaviti za izgrađeno urbano područje i područje predviđeno urbanističkim planovima izgradnje. Pri tome je važno poznati postojeće i buduće sadržaje.

Namjena objekata, gustoća građenja i veličina objekata i način građenja uz klimatske karakteristike koje se odnose na promatrano područje, dovoljni su elementi za utvrđivanje potrebne ogrjevne topline u građevnoj kazeti. Kod utvrđivanja potrebne topline, određuje se korisna toplina njezinih korisnika, jer se time isključuje utjecaj oblika transformacija.

Kad se radi o opskrbi toplinskih korisnika čije su toplinske (temperaturne) razine različite, tada treba odrediti potrebe prema toplinskim razinama unutar građevne kazete. Pri tom uvijek treba, ako je to moguće posebno promatrati industrijske objekte, jer se kod njih osim ogrjevne topline, najčešće javljaju potrebe za tehnološkom toplinom različitih temperaturskih razina.

Zadovoljavanje potreba za ogrjevnom toplinom

Korisniku topline u vrijeme grijanja potrebno je dovoditi toplinsku energiju. Osnovni način dobivanja toplinske energije javlja se izgaranjem goriva u ložištima peći i kotlova. Ostali načini su transformacija električne energije u toplinu, iskorištavanje sunčane energije, toplina geotermijskih izvora i atomska energija. Položaj izvora za proizvodnju topline (peći i kotlovi) prema korisniku topline može biti u direktnoj ili indirektnoj vezi. Direktna veza se ostvaruje onda, kad toplinski uređaj za pretvorbu kemijske energije goriva u toplinu, vlastitim zračenjem i konvekcijom odaje toplinu prostorijama korisnika. Indirektna veza je u onim slučajevima kad kotao ili peć svoju toplinu predaju toplinskom korisniku sistemima za prijenos i predaju topline.

Indirektni sistem grijanja omogućuje međusobno povezivanje toplinskih korisnika u cjelinu koja se može opskrbljivati iz jedinstvenog izvora za proizvodnju topline. Povezivanje toplinskih korisnika u jedinstveni sistem opskrbe može se ostvariti na različitim razinama:

a) jedne stambene jedinice (stana)
b) stambenog objekta
c) više stambenih objekata (naselja)
d) cijelog gradskog područja.

Kod direktnog sistema grijanja, ili, kako se uobičajeno naziva, grijanje pojedinačnim pećima mogu se upotrijebiti za gorivo:

a) drvo
b) mrki ugljen
c) lignit
d) loživo ulje
e) zemni plin
f) gradski plin.

Indirektni sistemi grijanja, ili centralno grijanje može se izvesti na nivou jedne stambene jedinice (etažno grijanje), zatim jednog objekta (kućna kotlovnica), stambenih naselja (blokovskih kotlovnica) do cijelih gradskih područja (centralne toplane).

Kao goriva za etažno grijanje mogu se upotrijebiti:

a) lako loživo ulje
b) mrki ugljen
c) lignit
d) zemni plin
e) gradski plin,

a za ostale centralne izvore kao gorivo može biti upotrijebljeno:

a) lako loživo ulje
b) mazut
c) mrki ugljen
d) lignit
e) zemni plin
f) nuklearno gorivo.

Postrojenja za transformaciju energije goriva u toplinu

Proizvodnja topline može se ostvariti neposrednim iskorištenjem topline plinova izgaranja ili putem vode i vodene pare. Prvi slučaj dolazi u obzir samo kod direktnog sistema grijanja. U indirektnom sistemu grijanja, toplina se posredno preko vode ili vodene pare predaje korisniku. Kad se vrela voda i para proizvedene u kotlovima s definiranim termodinamičkim parametrima upotrebljava bez prethodne pretvorbe topline u mehaničku, odnosno električnu energiju, tada takav proces nazivamo izravnim, a proizvodne jedinice koje ga ostvaruju jedinicama izravnog procesa. Shema takvog procesa prikazana je na sl. 3.

Transformacija topline u mehaničku i električnu energiju, obavlja se najčešće pomoću vodene pare koja ekspandira od stanja koje odgovara većim vrijednostima termodinačikih parametara do stanja koje odgovara nižim vrijednostima termodinamičkih parametara. U toku ekspanzije para izvrši rad koji se u parnoj turbini u prvom koraku pretvara u mehaničku energiju, a potom pokretanjem generatora u električnu energiju.

Prilikom transformacije topline u mehaničku odnosno električnu energiju para kao radni medij može u parnom turbinskom postrojenju ekspandirati do temperature koja odgovara temperaturi okoline. Ako se ekspanzija obavi do temperature radnog medija koji je iznad temperature okoline, tada se toplina radnog medija može iskoristiti ovisno o temperaturi i tlaku za potrebe ogrijevnih ili tehnoloških korisnika. Ako se koristi proces u kojem se ostvaruje proizvodnja topline uz prethodnu pretvorbu dijela toplinske u električnu energiju, tada takav proces nazivamo spojnim procesom, a proizvodne jedinice u kojima se ostvaruje takav proces jedinicama spojnog procesa. (sl. 4).

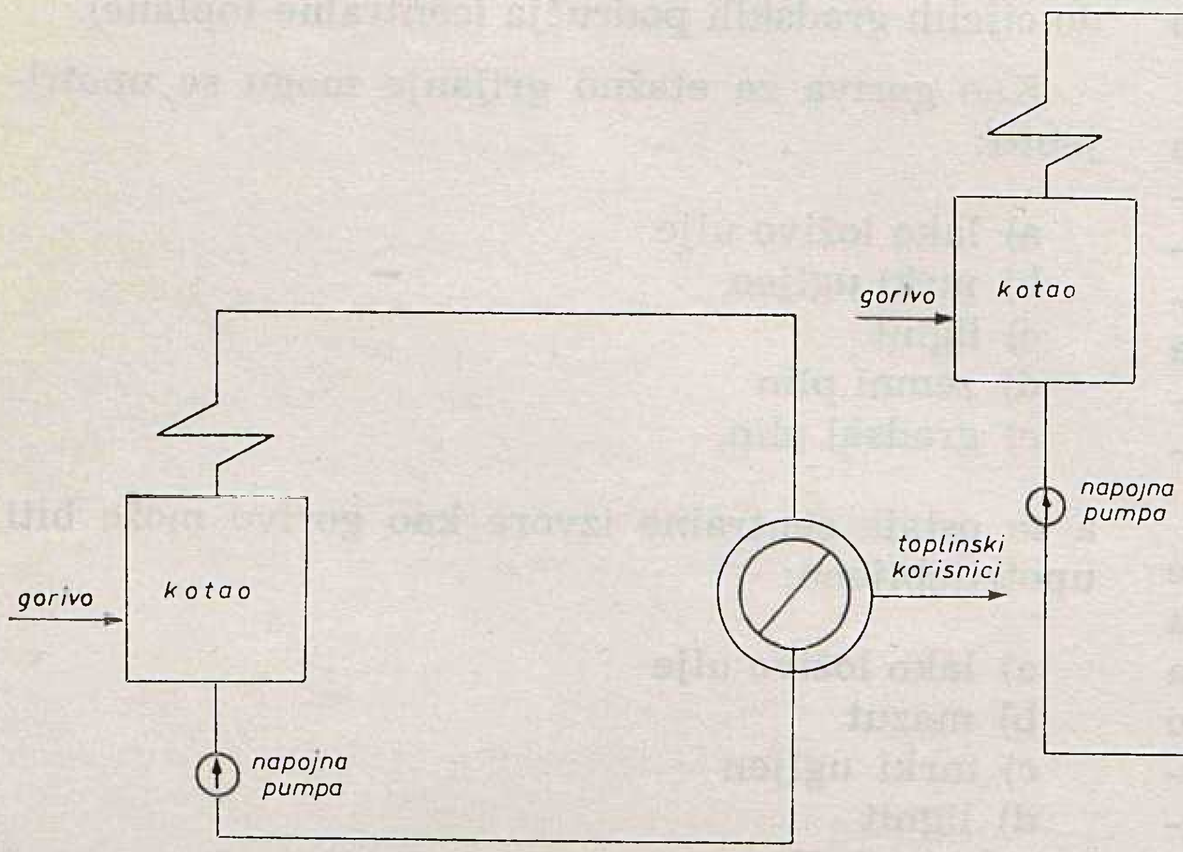
Kod indirektnih sistema grijanja, potrebno je predvidjeti gradnju više tipova, odnosno veličina kotlovnica, tako je npr. kod kućnih kotlovnica potrebno promatrati veličine kotlovnice od 0,23 MW_t (0,20 Gcal/h do 1,16 MW_t (1 Gcal/h). Za blokovske kotlovnice, može se reći da ne postoji neka određenost u pogledu veličine, tako da ih ima od 1,16 MW_t (1 Gcal/h) do više od 233 MW_t (200 Gcal/h). I ovdje je potrebno predvidjeti mogućnost gradnje različitih veličina blokovskih kotlovnica, što ovisi o veličini rajona odnosno toplinskog konzuma koji se odnosi na blokovsku kotlovnicu.

Za centralne toplane vrijedi sve što je rečeno za blokovske kotlovnice, samo što se kod centralnih toplana pojavljuju proizvodne jedinice spojnog procesa, različite po veličini, vrijednosti termodinamičkih parametara, vrsti jedinica, veličini oduzimanja, kao i mjestu lokacije u odnosu na konzumno područje.

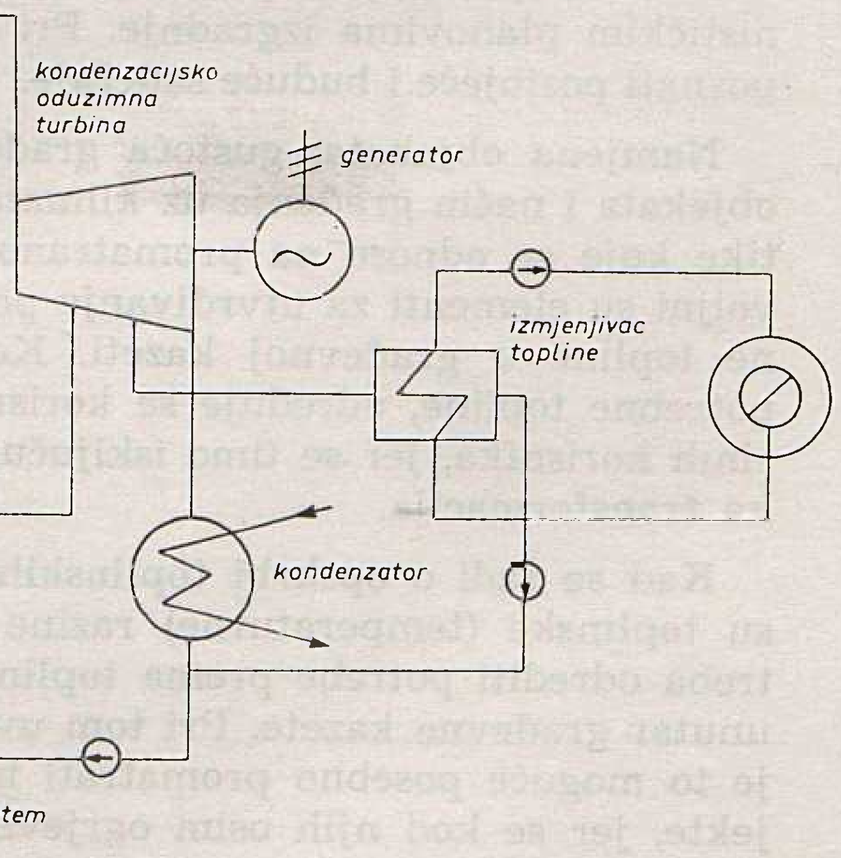
Troškovi za opskrbu ogrjevnom toplinom

Uspoređivati različite način grijanja da bi se utvrdilo njihovo područje ekonomičnosti valjano je ako se zadovolje osnovni kriteriji a toj je jednakost komfora. Pod jednakosti komfora razumijeva se grijanje cijele stambene jedinice (stana) i održavanje temperature prostorija na standardom utvrđenim vrijednostima u istom vremenskom razmaku. Sigurno je da jednakost komfora ne postoji kada je riječ o pojedinačnom grijanju pećima u odnosu na centralno grijanje.

Za proračun troškova potrebno je za svaki od načina grijanja, odnosno sistema, postaviti granice sistema i to tako da one obuhvaćaju uređaje za proizvodnju topline i sistem za prijenos i predaju topline. Pri tome je potrebno poznavati:



Sl. 3. Shema procesa s proizvodnom jedinicom izravnog procesa



Sl. 4. Shema procesa s jedinicom spojnog procesa (kondenz acijsko-oduzimne turbine

a) stupanj korisnog djelovanja ložišnog uređaja,
b) cijenu goriva
c) godišnje troškove pogonskog osoblja,
d) godišnje troškove održavanja,
e) troškove električne energije
f) investicijske troškove
g) gubitke razvoda.

Neki od navedenih troškova karakteristični su samo za jednu vrstu grijanja (troškovi razvoda i gubitak u razvodu samo za daljinsko grijanje).

Pojedini sistemi grijanja imaju različite investicijske i pogonske troškove. Ovisno o vrsti sistema različit je i njihov vijek trajanja. Za uspoređivanje troškova pogodno je u takvim uvjetima promatrati takozvane ukupne ekvivalentne godišnje troškove grijanja jedinice površine u odabranom vremenskom intervalu (N), svedene na sadašnju vrijednost.

Kad je vrijeme trajanja (n_1) neke investicije (I_1) manji od N a vremena trajanja investicija I_2 ($n_2 > N$) i I_3 ($n_3 > N$) tada unutar vremena promatranja dolazi do obnavljanja početne investicije I_1 i djelomičnog korištenja investicije I_2 i I_3.

Ekvivalentni godišnji troškovi nekog sistema grijanja aktualizirani na sadašnju vrijednost mogu se za prethodni slučaj iskazati ovom relacijom:

$$ET = \left[\left(I_1 + I_1 \frac{N - n_1}{n_1} \cdot V^{n_1}\right) \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1} + I_2 \frac{N}{n_2} \cdot \right.$$
$$\left. \cdot \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1} + I_3 \frac{N}{n_3} \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1} + GT\right] / F. \qquad (6)$$

U promjenljive godišnje troškove GT uključeni su troškovi goriva (GT_G), električne energije (GT_E), održavanja (GT_{OD}) osobnih dohodaka (GT_O)

$$GT = GT_G + GT_E + GT_{OD} + GT_O, \qquad (7)$$

gdje su

$$GT_G = \frac{F \cdot q \cdot \tau \cdot C_G}{\eta_k} \qquad (8)$$

$$GT_E = \tau (N_p + N_G) \cdot C_E \qquad (9)$$

$$GT_{OD} = K \Sigma I \qquad (10)$$

$$GT_O = \tau_1 \cdot \tau_D \cdot C_S. \qquad (11)$$

Kad se kod ekvivalentnih godišnjih troškova, aktualiziranih na sadašnju vrijednost, uzima u obzir i utjecaj eskalacije troškova tijekom vremena, tada, relacija (6) poprima slijedeći oblik:

$$ET = \left[\left(I_1 + I_1 \frac{N - n_1}{n_1} \cdot r_1^{n1} \cdot V^{n_1}\right) \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1} + I_2 \frac{N}{n_2} \cdot \right.$$
$$\cdot \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1} + I_3 \frac{N}{n_3} \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1} + (GT \cdot r_1^{N-1} \cdot V^{n-1} +$$
$$\left. + \ldots GT \cdot r_1^{N-1} \cdot V^{N-1}) \cdot \frac{r^N (r-1)}{r^N - 1}\right] / F. \qquad (12)$$

Ovom relacijom je pretpostavljeno da svi troškovi dospijevaju u istom trenutku.

Ekvivalentne godišnje troškove, aktualizirane na sadašnju vrijednost, upotrijebit ćemo za formiranje jednadžbe cilja kod traženja optimalnog rješenja opskrbe urbane sredine. Za svaku građevnu kazetu, postavit će se sistem jednadžbi, čiji broj odgovara broju mogućih rješenja. U jednadžbi troškova za utvrđivanje izbora vrste vrijanja odnosno sistema (uključivši i gorivo) u nekim građevnim kazetama se u prvom koraku ne promatra rješenje s centralnim toplanama. Uključivanjem u model centralnih toplana problem se proširuje na uključivanje u razmatranja proizvodnih jedinica spojnog procesa. Tada dolazi do povezivanja toplinskog i elektroenergetskog sistema. Optimalizacija zajedničkog (elektroenergetskog + toplinskog sistema prikazat će se u nastavku ovog članka.

Jednadžba troškova za jednu građevnu kazetu predstavlja zbroj svih ekvivalentnih troškova za moguću opskrbu ogrjevnom toplinom mogućim načinima opskrbe. Ova jednadžba predstavlja jednadžbu cilja u linearnom programiranju, koju treba minimizirati:

$$ET_{KGEL} + \sum_R ET_{KGLI} + \sum_R ET_{KGM} + ET_{KGOD} + ET_{KGGP} +$$
$$+ ET_{KGZP} + ET_{EGEL} + \sum_R ET_{EGLI} + \sum_R ET_{EGM} + ET_{EGGP} +$$
$$+ ET_{EGZP} + \sum_{VIT} ET_{KKEL} + \sum_{VIT} ET_{KKTL} + \sum_{VIT} \sum_R ET_{KKLI} +$$
$$+ \sum_{VIT} \sum_R ET_{KKM} + \sum_{VIT} ET_{KKG} + \sum_{VIT} ET_{KKZP} + \sum_{VIT} ET_{BKEL} +$$
$$+ \sum_{VIT} ET_{BKTL} + \sum_{VIT} \sum_R ET_{BKLI} + \sum_{VIT} \sum_R ET_{BKM} +$$
$$+ \sum_{VIT} ET_{BKZP} + \sum_{VIT} ET_{BKOT}. \qquad (13)$$

Da bi se dobio odgovor na pitanje koji je sistem centralizirane opskrbe najbolji, potrebno je promatrati ukupne troškove unutar postavljenih granica sistema. Granice sistema postavljaju se tako da obuhvaćaju sistem za proizvodnju toplinske ili električne energije, ako ona postoji, te sistem za prijenos topline do mjesta potrošnje. U onsovi ovog promatranja pojavljuje se opskrba toplinskih korisnika toplinom iz:

a) blokovskih kotlovnica
b) centralne toplane.

Kad je riječ o centralnoj toplani, tj. najvišoj formi centralizirane opskrbe, gdje je grupiranje toplinskog konzuma na najvišoj razini, nerijetko se pojavljuje potreba za odgovorom na pitanja postoji li opravdanost izgradnje spojnog procesa, a ako postoji, kada i kakvog treba graditi.

Prema tome, pri analizi izbora vrste termoenergetskih izvora nužno je kao parametar uključiti proizvodnju električne energije, što našu analizu otežava jer se određena količina električne energije može dobiti i iz drugih izvora (hidroelektrane, termoelektrane na tekuća, čvrsta i plinovita goriva, te nuklearne elektrane). S druge strane, proizvodnju toplinske energije moguće je ostvariti nadomjeskom spojnog procesa izravnim procesom izve-

denim u centralnim toplanama ili blokovskim kotlovnicama.

Izgradnja neke proizvodne jedinice u elektroenergetskom sistemu utječe na sve ostale proizvodne jedinice u elektroenergetskom sistemu. U slučaju izgradnje proizvodne jedinice spojnog procesa utjecaj se proširuje i na sve proizvodne jedinice u toplinskom sistemu u kojem će raditi. Uloga proizvodne jedinice spojnog procesa u elektroenergetskom sistemu ovisi o njezinim karakteristikama, karakteristikama ostalih proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu, karakteristikama elektroenergetskog sistema, proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu te karakteristikama samog toplinskog sistema. Da bi se utvrdila uloga proizvodne jedinice spojnog procesa u toplinskom i elektroenergetskom sistemu potrebne su detaljne analize u oba sistema, pri čemu je potrebno uzeti u obzir i utjecaj povećanja konzuma.

Mogućnost proizvodnje protutlačne električne energije u slučaju toplinskog ogrjevnog sistema ovisi o klimatskim prilikama koje se u nizu promatranih godina mijenjaju. Potrebna proizvodnja termoelektrana ovisi o mogućnosti proizvodnje hidroelektrana, a ona je pak ovisna o hidrološkim prilikama koje se u nizu promatranih godina mijenjaju.

Između promjena ogrjevnih prilika u nizu promatranih godina i promjena hidroloških prilika u odgovarajućim godinama ne mora, ali može, postojati korelacijska ovisnost, pa je pri analizi prilika u elektroenergetskom i toplinskom sistemu potrebno promatrati isto višegodišnje razdoblje, kako bi se povezale odgovarajuće ogrjevne s odgovarajućim hidrološkim prilikama.

Potrebe električnog konzuma u elektroenergetskom i toplinskom konzumu u toplinskom sistemu, mogu se zadovoljiti različitim tipovima proizvodnih izvora. Izgradnjom hidroelektrana, termoelektrana, ili jednih i drugih, mogu se zadovoljiti potrebe elektroenergetskog sistema. Potrebe toplinskog sistema mogu se zadovoljiti jedinicama izravnog procesa. Proizvodnim jedinicama spojnog procesa može se zadovoljiti potražnja toplinskih korisnika, ali i potražnja električnih korisnika.

Odrediti optimalnu strukturu proizvodnje električne i toplinske energije u elektroenergetskom i toplinskom sistemu za zadanu sigurnost opskrbe korisnika energije svodi se na određivanje sastava termoelektrana, hidroelektrana i proizvodnih jedinica spojnog procesa u elektroenergetskom sistemu, a proizvodnih jedinica spojnog procesa i izravnog procesa u toplinskom sistemu. Oni zajedno daju minimalne ukupne troškove u oba sistema.

U općem slučaju u okviru jednog elektroenergetskog sistema može odvojeno djelovati više toplinskih sistema koje zbog proizvodnih jedinica spojnog procesa treba zajednički promatrati pri određivanju optimalne strukture proizvodnje topline i električne energije.

Jednadžba troškova za energetski sistem (toplinski + elektroenergetski) sadrži sve troškove za moguću opskrbu ogrjevnom toplinom i električnom energijom unutar postavljenih granica sistema. Ova jednadžba predstavlja jednadžbu-cilj, koju treba minimizirati.

$$\sum_{TG}\sum_{KBK}\sum_{VG}\sum_{VITBK}(T_{BK}+T_{GBK}+T_{TMBK}+T_{EBK})+$$

$$+\sum_{HG}\sum_{VG}\sum_{VITH}\sum_{VITT}(T_{H}+T_{T}+T_{TD}+T_{EG}+T_{EM\,ESBH})+$$

$$+\sum_{TG}\sum_{KCTIP}\sum_{VG}\sum_{VITIP}(T_{CTIP}+T_{GCTIP}+T_{TMCTIP}+T_{ECTIP}+$$

$$+\sum_{HG}\sum_{VG}\sum_{VITH}\sum_{VITT}(T_{H}+T_{T}+T_{TD}+T_{EG}+T_{EM})_{ESCTIP}+$$

$$+\sum_{TG}\sum_{KCTIP}\sum_{VG}\sum_{VITIP}(T_{CTISP}+T_{GCTSP}+T_{TMCTSP}+T_{ECTSP})+$$

$$+\sum_{HG}\sum_{VG}\sum_{VITH}\sum_{VITT}(T_{H}+T_{T}+T_{EG}+T_{EM}+T_{TD})_{ESCTS}+$$

$$+\sum_{TG}\sum_{KCTSP}\sum_{VG}\sum_{VITSP}T_{CTSP}.$$

Svi troškovi u relaciji (14) predstavljaju aktualizirane troškove u odabranom vremenskom intervalu (N).

Ograničenja

Pri postavljanju energetskog modela, uvijek se pojavljuju dva ograničenja (maksimalna količina upotrebe nekog energetskog goriva i dozvoljena emisija produkata onečišćenja u okolinu). Treći tip ograničenja pojavljuje se kroz zadane energetske oblike koji su nečim uvjetovani.

Nejednadžbe ograničenja koje se mogu pojaviti za količine goriva i zadane oblike energije ne predstavljaju problem kod traženja optimalne strukture, dok se to ne može reći za ograničenje vezano za onečišćenje okoline. Model za utvrđivanje imisije emitenata kod izgaranja goriva u pećima i kotlovima, zahtijeva poznavanje uvjeta stanja atmosfere, visine dimnjaka i brzine izbacivanja emitenata.

POPIS OZNAKA

A	površine stijenke kroz koju se izmjenjuje toplina	(m^2)
C	konstanta objekta grijanja	(kcal/h, °C)
ET	ekvavalentni godišnji troškovi	(d/m^2)
F	neto grijanja površina	(m^2)
GT	promjenjivi godišnji troškovi	(d)
I	investicijski troškovi	(d)
K	postotak za investicijsko održavanje	(%)
N	vremenski interval promatranja kod izračunavanja ekvivalentnih troškova	(god.)
R	indeks rudnika	
VIT	indeks veličine i tipa proizvodne jedinice	

τ	vrijeme trajanja maksimalne snage	(h)
C_E	cijena električne energije	(d/kWh)
C_G	cijena goriva	(d/1000 kcal)
C_S	prosječni bruto osobni dohodak	(d/h)
EQ_p	potrebna toplina grijanja	(kcal)
GT_E	promjenjivi godišnji troškovi el. energije	(d)
GT_G	promjenjivi godišnji troškovi goriva	(d)
GT_O	promjenjivi godišnji troškovi osobnih dohodaka	(d)
GT_{OD}	promjenjivi godišnji troškovi održavanja	(d)
I_1	investicijski trošak za vijek trajanja n_1	(d)
I_2	investicijski trošak za vijek trajanja n_2	(d)
I_3	investicijski trošak za vijek trajanja n_3	(d)
N_D	broj stupnjeva dana	(kW)
N_p	snaga pumpe	(kW)
N_G	snaga ventilatora za zrak gorača	(kW)
τ_1	broj dana grijanja	(dana)
τ_D	dnevno angažiranje rada za grijanje	(h/dan)
ET_{KGEL}	ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — ekstra lako loživo ulje	(d/m²)
ET_{KGLI}	ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — lignit	(d/m²)
ET_{KGM}	ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — mrki ugljen	(d/m²)
ET_{KGOD}	ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — ogrjevno drvo	(d/m²)
ET_{KGGP}	ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — gradski plin	(d/m²)
ET_{KGZP}	ekvivalentni troškovi klasičnog grijanja — zemni plin	(d/m²)
ET_{EGEL}	ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — ekstra lako loživo ulje	(d/m²)
ET_{EGLI}	ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — lignit	(d/m²)
ET_{EGM}	ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — mrki ugljen	(d/m²)
ET_{EGGP}	ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — gradski plin	(d/m²)
ET_{EGZP}	ekvivalentni troškovi etažnog grijanja — zemni plin	(d/m²)
ET_{KKEL}	ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — ekstra lako loživo ulje	(d/m²)
ET_{KKTL}	ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — teško loživo ulje	(d/m²)
ET_{KKLI}	ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — lignit	(d/m²)
ET_{KKM}	ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — mrki ugljen	(d/m²)
ET_{KKGP}	ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — gradski plin	(d/m²)
ET_{KKZP}	ekvivalentni troškovi grijanja kućnim kotlovnicama — zemni plin	(d/m²)
ET_{BKEL}	ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — ekstra lako loživo ulje	(d/m²)
ET_{BKTL}	ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — teško loživo ulje	(d/m²)
ET_{BKLI}	ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — tlignit	(d/m²)
ET_{BKM}	ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — mrki ugljen	(d/m²)
ET_{BKZP}	ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — zemni plin	(d/m²)
ET_{BKOT}	ekvivalentni troškovi grijanja iz blokovskih kotlovnica — otpaci	(d/m²)
k	koeficijent prolaza topline	(kcal/h° C m²)
v	diskontni faktor	
q	specifični gubitak topline	(kcal/m², h)
a_{xi}	vrijednost apscisa	
a_{yj}	vrijednost ordinate	
n_1	vijek trajanja investicije I_1	(god.)
n_2	vijek trajanja investicije I_2	(god.)
n_3	vijek trajanja investicije I_3	(god.)
r_1	eskontni faktor	
t_0	temperatura vanjskog zraka	(°C)
t_{0x}	projektna minimalna temperatura vanjskog zraka	(°C)
t_p	temperatura prostorije	(°C)
t_{20}	temperatura prostorije (projekt)	(°C)
t_{sr}	srednja temperatura vanjskog zraka	(°C)
Δt_{sr}	temperatura razlika	(°C)
η_k	stupanj korisnog djelovanja izvora	
T_{EBK}	Godišnji troškovi nabave električne energije u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica	(d/god.)
T_{BK}	Stalni godišnji troškovi u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica	(d/god.)
T_{GBK}	Godišnji troškovi goriva u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica	(d/god.)
T_{TMBK}	Stalni godišnji troškovi toplinske mreže u toplinskom sistemu blokovskih kotlovnica	(d/god.)
T_H	Stalni godišnji troškovi hidroelektrana	(d/god.)
T_T	Stalni godišnji troškovi termoelektrana	(d/god.)
T_{TD}	Stalni godišnji troškovi dodatnih termoelektrana	(d/god.)
T_{EG}	Godišnji troškovi goriva u elektroenergetskom sistemu	(d/god.)
T_{EM}	Stalni godišnji troškovi prijenosne el. mreže	
ESBK	Struktura elektroenergetskog sistema s blokovskim kotlovnicama u toplinskom sistemu	
ESCTIP	Struktura elektroenergetskog sistema s centralnom toplanom izravnog procesa u toplinskom sistemu	

ESCTSP	Struktura elektroenergetskog sistema s centralnom toplanom i spojnim procesom u toplinskom sistemu	
TG	Indeks toplinske godine	
KBK	Indeks blokovske kotlovnice	
VG	Indeks vrste goriva	
VITBK	Indeks veličine i tipa blokovske kotlovnice	
HG	Indeks hidrološke godine	
VITH	Indeks veličine i tipa hidroelektrane	
VITT	Indeks veličine i tipa termoelektrana	
KCTIP	Indeks centralne toplane izravnog procesa	
VITIP	Indeks veličine i tipa proizvodnih jedinica izravnog procesa	
KCTSP	Indeks centralne toplane s proizvodnim jedinicama spojnog procesa	
VITSP	Veličina i tip proizvodnih jedinica spojnog procesa	(d/god.)
T_{CTIP}	Stalni godišnji troškovi u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa	(d/god.)
T_{GCTIP}	Godišnji troškovi goriva u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa	(d/god.)
T_{TMCTIP}	Stalni godišnji troškovi toplinske mreže u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa	(d/god.)
T_{ECTIP}	Godišnji troškovi nabave el. energije u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog procesa	(d/god.)
T_{CTISP}	Stalni godišnji troškovi proizvodnih jedinica izravnog procesa u toplinskom sistemu s proizvodnim jedinicama spojnog procesa	(d/god.)
T_{GCTSP}	Godišnji troškovi goriva u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog i spojnog procesa	
T_{TMCTSP}	Stalni godišnji troškovi toplinske mreže u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog i spojnog procesa	
T_{ECTSP}	Godišnji troškovi nabave el. energije u toplinskom sistemu centralne toplane s proizvodnim jedinicama izravnog spojnog procesa	(d/god.)
T_{CTSP}	Stalni godišnji troškovi proizvodnih jedinica spojnog procesa	

Naslov pisca:
dr **Duško Čorak, dipl. inž.**
Institut za elektroprivredu, Zagreb

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

ELEKTRE ZAGREB

TRG KALNIČKIH PARTIZANA 3

Telefon: 74-322, 74-074, 74-100

IZGARANJE EMULZIJA U TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Dubravko Matanić, Zagreb

U članku su prikazani rezultati dosadašnjeg razvoja, te istraživanje nove metode pripreme i izgaranja emulzija T-ulja i vode u termoenergetskim postrojenjima.

DK 621.316.1 : 621.015.1

UVOD

Danas, nakon nekoliko desetljeća iskustva s korištenjem tekućih goriva u termoenergetskim postrojenjima, sa sigurnošću se može ustvrditi da je najveći broj eksploatacijskih problema, direktno ili indirektno, vezan za način vođenja procesa izgaranja. Ta činjenica kao i sve veća briga za očuvanje čovjekove okoline, između ostalog i od štetnog utjecaja produkata izgaranja fosilnih goriva, uvjetovale su stalan i intenzivan rad na usavršavanju i poboljšavanju tehničkih procesa izgaranja, te i na iznalaženju i razvoju novih postupaka i metoda procesa izgaranja.

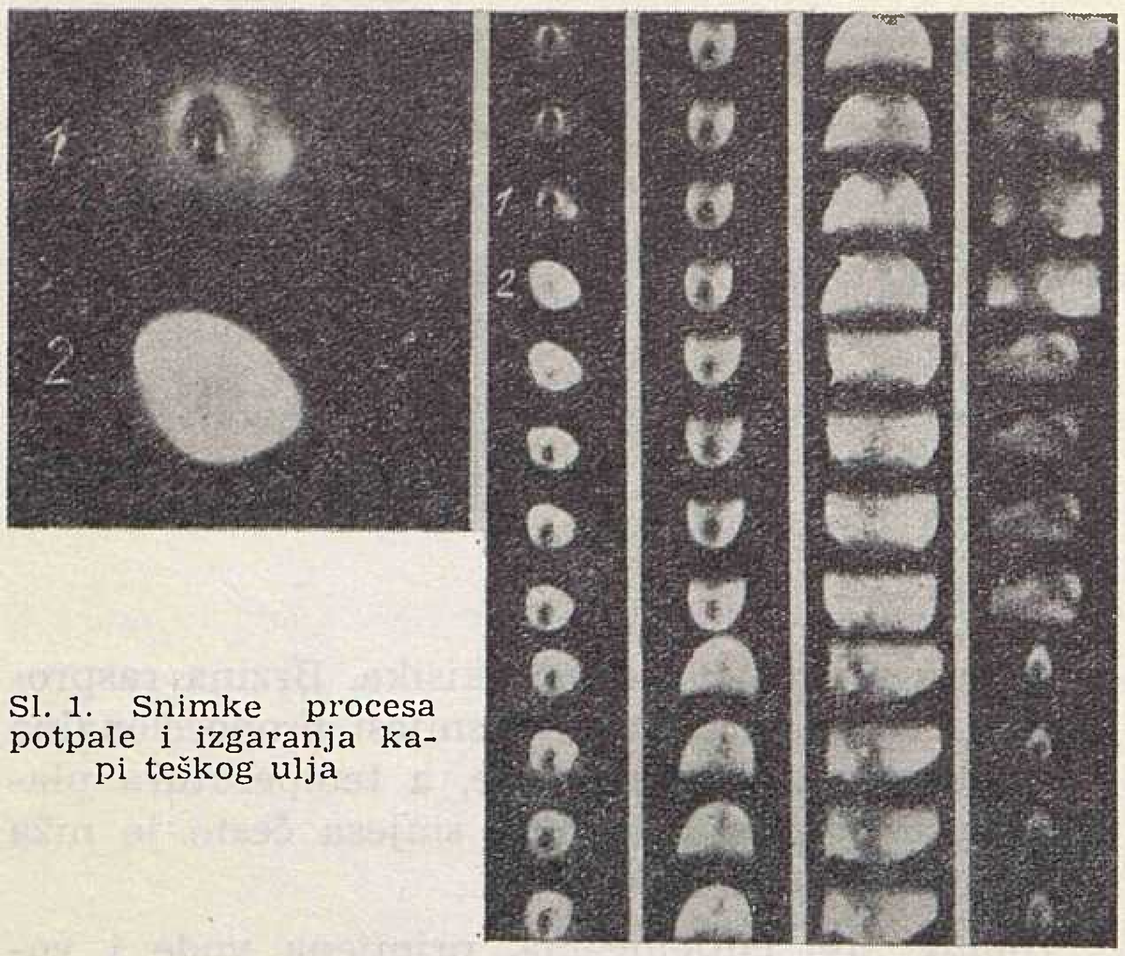
S obzirom na sadašnju tehniku izgaranja, jedan od novih i perspektivnih postupaka jest izgaranje emulzija vode i tekućih goriva. Sama ideja o korištenju emulzija vode i tekućeg goriva stara je dvadesetak i više godina, ali dosad ta tehnika izgaranja nije našla široku primjenu, pogotovo u termoenergetskim potsrojenjima, zato što još nije potpuno i na zadovoljavajući način riješena tehnologija stvaranja dovoljnih količina emulzije određene kvalitete. U posljednje vrijeme ta tehnika je u svom razvoju dobila nove impulse sve većom brigom čovjeka o njegovoj okolini, pa se razvilo nekoliko novih uređaja za stvaranje emulzija, čija efikasnost, funkcionalnost i ekonomičnost još nije posve ispitana u svim uvjetima.

Praktično se svi procesi izgaranja fosilnih goriva odvijaju u atmosferi, u kojoj je i velik postotak vodene pare, koja potječe od vlage i od reakcija izgaranja vodika iz goriva. Iako ponekad sadržaj vode u krutim gorivima može biti velik (30—40 %), ipak se veoma uspješno mogu organizirati procesi izgaranja takvih goriva. Ta činjenica nedvojbeno dovodi do zaključka da prisutnost vode u procesima izgaranja nije zapreka organiziranju procesa izgaranja. Dugogodišnje iskustvo i mnogobrojna istraživanja čak su pokazala da prisutnost vodene pare u procesima izgaranja u pojedinim slučajevima pozitivno djeluje na odvijanje procesa i da je voda, odnosno vodena para, u takvim procesima aktivan sudionik u kemijskim reakcijama. Kemijsku aktivnost vode i vodene pare u procesima izgaranja potvrđuju i procesi rasplinjavanja goriva, u kojima se pri ubrizgavanju vode ili vodene pare ostvaruju veće količine plinova, a smanjuje se izlučivanje čađe. Kemijska aktivnost vode u procesima izgaranja potvrđuje se i pri procesu izgaranja u smjesi vodika i kisika. Brzina raspro-
stiranja plamena po takvoj smjesi proporcionalna je koncentraciji vodene pare, a temperatura plamena pri izgaranju »suhih« smjesa često je niža nego u prisutnosti vode.

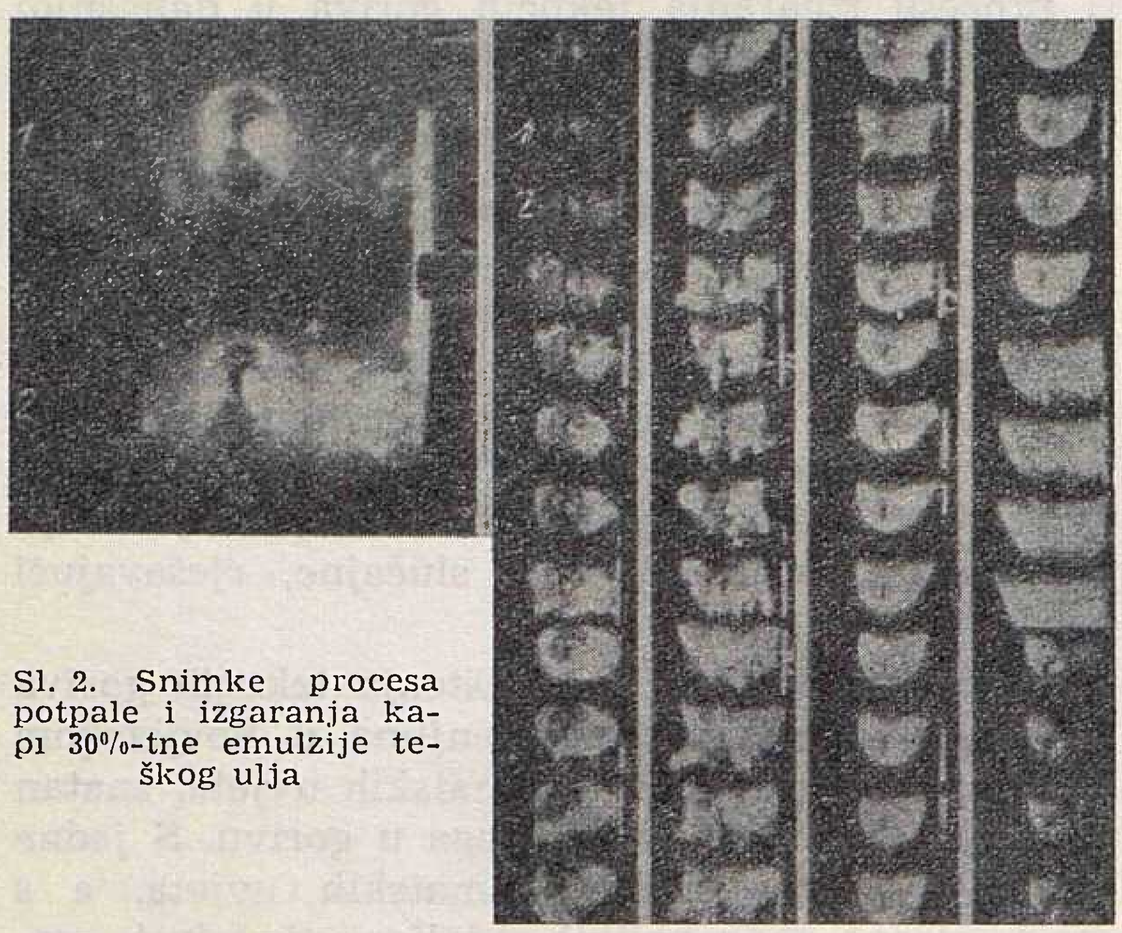
Unatoč tim činjenicama, primjena vode i vodene pare u procesima izgaranja u termoenergetskim potsrojenjima danas je još vrlo ograničena. U procesu izgaranja tekućih goriva u današnjoj praksi ta primjena svodi se na upotrebu pare za raspršivanje tekućih goriva u pneumatskim raspršivačima, pri čemu je ta primjena posljedica želje za boljim raspršivanjem, a nikako sagledavanja eventualnih prednosti vode ili vodene pare u procesu izgaranja. Zanimljivo je napomenuti da su seljaci u staroj Rusiji sirovoj nafti, koju su upotrebljavali kao gorivo u kaminima, dodavali vodu radi boljeg izgaranja. Unatoč tome, do dodavanja vode tekućim gorivima radi poboljšavanja procesa izgaranja došlo se slučajno, rješavajući drugi problem.

U vrijeme sve većeg korištenja tekućih goriva u termoenergetskim postrojenjima u Sovjetskom Savezu, zbog specifičnih klimatskih uvjeta, znatan pogonski problem bila je vlaga u gorivu. S jedne strane zbog specifičnih klimatskih uvjeta, a s druge strane zbog velikih udaljenosti, tekuća goriva često su se morala zagrijavati zbog učestalih pretovara s jednog transportnog sredstva na drugo. Najjednostavniji i najefikasniji način zagrijavanja ostalo je direktno ubrizgavanje vodene pare u gorivo, koja se u njemu kondenzirala. Vrlo često, kao posljedica takva rada, sadržaj vode u gorivu iznosio je 10—20 %. Zbog male razlike u gustoći između teških ulja za loženje i vode, kod uobičajenih vanjskih temperatura, nije dolazilo do taloženja vode na dno spremnika goriva, već se ona najčešće zadržavala u masi goriva u obliku vodenih otoka, koji su praktički kao cjelina bili usisani i transportirani crpkama do gorača. U takvim je slučajevima dolazilo do nestabilnosti izgaranja, do odmicanja - bježanja plamena s ušća gorača, a nerijetko i do gašenja plamena u ložištu.

Te su pojave, nema sumnje, bile velik problem u pogonu termoenergetskih postrojenja, te su bili uloženi znatni napori da se on riješi. Prvo rješenje koje se pokušalo realizirati u praksi bilo je odstranjivanje vode iz goriva. Razne metode odvajanja vode od goriva, koje su bile razrađene, kao npr. centrifugiranje goriva ili njihovo zagri-



Sl. 1. Snimke procesa potpale i izgaranja kapi teškog ulja



Sl. 2. Snimke procesa potpale i izgaranja kapi 30%-tne emulzije teškog ulja

javanje, nisu se u praksi pokazale dovoljno efikasnima, a osim toga zahtijevale su znatan utrošak vremena i energije. Zbog toga je u »Institutu gorjočih iskopaemiih« Akademije nauka SSSR-a razrađena nova metoda izgaranja tekućih goriva s velikim sadržajem vode nejednoliko raspoređene u gorivu. Imajući na umu da kruta goriva s velikim sadržajem vlage mogu izgarati na zadovoljavajući način, ta metoda se osnivala na pretpostavci da je i tekuće gorivo s mnogo vlage moguće izgorjeti uz jednoliko raspoređenu vlagu u gorivu, stvarajući emulzije goriva i vode. Ta pretpostavka pokazala se potpuno ispravnom, a to se potvrdilo eksperimentalnim ispitivanjima IVANOVA i dr. (2, 4, 5, 32).

Laboratorijska istraživanja IVANOVA i NEFEDOVA (32) omogućila su da se pronikne u fizikalnu bit izgaranja kapi emulzija. Zornu predodžbu o značajnim razlikama u odvijanju procesa izgaranja između kapi teškog (T) ulja i njegove emulzije daju sl. 1. i 2.

Nakon uvođenja u komoru u kojoj se nalazi zagrijani zrak, kap T-ulja (sl. 1) počela se progrijavati. Nakon nekog vremena došlo je do isparavanja lakih frakcija goriva. Pare lakših frakcija ugljikovodika, pošto su sa zrakom stvorile zapaljivu smjesu nad površinom kapi, počele su gorjeti. Od tog trenutka (označen na sl. 1. i 2) započeo je proces izgaranja kapi, i to čisti difuzioni proces kod kojeg se zapaljiva smjesa stvara molekularnom difuzijom, s obzirom na to da se proces odvija u mirujućoj okolini. Od trenutka zapaljenja para goriva snimke 3. i 4. (dane su i povećane) mnogo se brže odvijaju procesi daljeg zagrijavanja i isparavanja kapi. Pošto su pare goriva potpuno izgorjele, proces izgaranja završava se izgaranjem koksnog ostatka.

Snimke izgaranja 30 % emulzije T-ulja na sl. 2. pokazuju nešto drugačije odvijanje procesa izgaranja, naročito u fazi zapaljenja goriva i stvaranja para goriva. Jarka svjetlost oko manjih kapi na snimci 2. i 3. pokazuje da zapaljenje para nastupa ponajprije oko malih kapi koje su nastale »eksplozijom« vode sadržane u gorivu kao fino dispergirane emulzije. Točno utvrđeno vrijeme od zapaljenja pokazuje da pri jednakim temperaturama zapaljenje para kapi emulzije nastupa prije nego čistog goriva. Očito je da se, zahvaljujući »mikroeksplozijama«, gorivo lakše isparava, brže stvara smjesa goriva i zraka, a taj ubrzani proces odvija se za cijelo vrijeme izgaranja para goriva. Istodobno će zbog »mikroeksplozija«, umjesto jednog krutog koksnog ostatka, pri izgaranju kapi emulzije, na kraju izgorjeti nekoliko manjih krutih koksnih čestica koje su se stvarale od svake kapljice tekućeg goriva. Povećane snimke 2. i 3. pokazuju koliko je već sam trenutak zapaljenja burniji od zapaljenja kapi čistog goriva (sl. 1).

Iz priloženih slika vidi se da proces izgaranja kapi emulzije oteče mnogo energičnije i logično se završava u kraćem vremenu. U tabl. 1. dani su rezultati mjerenja trajanja pojedinih perioda izgaranja za kapi raznih dimenzija T-ulja i emulzije, ovisno o temperaturi okoline u kojoj se odvijalo izgaranje.

Dosadašnja primjena i korištenje različitih emuzija, ne samo na području tehnike izgaranja već i na nizu ostalih područja tehnike, dovela je do pronalaženja brojnih metoda, postupaka i uređaja za proizvodnju emulzija, koji se baziraju na različitim fizikalnim principima. Polazeći upravo od toga, metode, postupci i uređaji mogu se podijeliti na:

1. mehaničke
   - — koloidni mlinovi (dispergatori, homogenizatori)
   - — miješalice ili mješači,
2. pneumatske
   - — zračne
   - — parne,
3. ultrazvučne.

Tablica 1.

VRIJEME IZGARANJA KAPI T-ULJA I NJEGOVIH EMULZIJA OVISNO O TEMPERATURI OKOLINE

Gorivo	Sadržaj vode (% tež.)	Promjer kapi (mm)	Temperatura okoline (°C) (K)	Ukupno vrijeme izgaranja (s)	Vrijeme izgaranja para goriva (s)	Vrijeme izgaranja ugljičnog ostatka (s)
Emulzija T-ulja	30	2,8	800(1073)	—	2,8	—
T-ulje	—	2,8	800(1073)	—	3,74	—
Emulzija T-ulja	30	1,1	710(983)	—	3,63	—
T-ulje	—	1,1	710(983)	—	3,0	—
T-ulje	—	1,1	740(1013)	3,3	1,9	1,4
Emulzija T-ulja	30	1,1	740(1013)	2,78	1,68	1,1
Emulzija T-ulja	30	1,1	890(1163)	1,82	1,33	0,49

Osim spomenutih metoda i postupaka, postoje i postupci koji se ovdje ne spominju jer nisu interesantni pri stvaranju emulzija tekućih goriva i vode.

Koloidni mlinovi, često zvani i dispergatori ili homogenizatori, svakako su uređaji kojima se mogu ostvariti najkvalitetnije emulzije, pri čemu dimenzije dispergirane faze ne prelaze nekoliko μm. Rad koloidnih mlinova bazira se u osnovi na protjerivanju grube nehomogene smjese dviju ili više faza kroz uske zazore između pokretnih i nepokretnih površina, zbog čega se stanjuju krupnije kapi dispergirane faze u niti ili opne, koje se pod djelovanjem sila površinske napetosti razdvajaju na niz manjih kapi.

U zemljama zapadne Evrope i SAD koloidni mlinovi nisu ušli u širu primjenu, a obavljena su samo pojedinačna ispitivanja takvih uređaja. Izuzetak je postupak što ga je razvila tvrtka ESSO iz SR Njemačke, ali za potrebe željezara i čeličana. Prema tom postupku, u visoke peći se umjesto čistog T-ulja ubrizgava emulzija koja se stvara tzv. dinamičkim mješačem (homogenizatorom). Takav homogenizator iskoristio je i H. P. HOLLIG prilikom ispitivanja izgaranja emulzije u kotlu toplinskog učinka 33,5 GJ(h/24). Karakteristično je za takav homogenizator da u njemu vlada tlak 150—175 bara, a proizvedena emulzija je visoke kvalitete s dimenzijama dispergirane faze od 2 μm.

Prema nekim autorima (2,7), kvalitetne emulzije mogu se postići upotrebom zupčastih pumpi umjesto koloidnih mlinova, no u literaturi nisu dani podaci o kvaliteti emulzije koja se dobiva tim postupkom.

Mehaničkih miješalica ima raznih tipova, a mogu se podijeliti na:

— miješalice s plosnatim lopaticama
— propelerne miješalice
— turbinske miješalice
— specijalne miješalice.

Kvaliteta emulzija koje se dobivaju pomoću mehaničkih miješalica, u principu je lošija od kvalitete emulzija koje se ostvaruju koloidnim mlinovima. Osim toga, značajna je prednost koloidnih mlinova kontinuitet u stvaranju i dobavi emulzije, što je mehaničkim miješalicama često teže ostvariti uz zadovoljavajuću kvalitetu. I za miješalice, međutim, postoje rješenja koja omogućuju stvaranje kvalitetne emulzije i uz kontinuiranu dobavu. Jedno je od takvih rješenja i tzv. statički mješač, što ga je u svojim ispitivanjima primijenio HOLLIG (24). Uređaj se sastoji od jedne cijevi u koju su ugrađeni elementi za miješanje u obliku saća, tako da se gruba smjesa pri prolazu kroz uređaj homogenizira. Kvaliteta tako dobivene emulzije vrlo je dobra a dimenzije dispergirane faze ne prelaze 4 μm. Pad tlaka kroz uređaje velik je i iznosi 17 bara, tako da se prilikom ispitivanja morala ugraditi posebna pumpa za svladavanje otpora.

U mehaničke postupke stvaranja emulzija ubraja se i postupak što ga je razvila francuska tvrtka ELF-UNION. Taj postupak primjenjuje se isključivo kao cjelina s uređajem za izgaranje što ga proizvodi ista tvrtka.

Treba napomenuti da bez obzira na to o kakvim se mehaničkim postupcima za dobivanje emulzija radilo, kod svih je nužno zagrijavanje goriva ako su posrijedi teška tekuća goriva. Prema podacima literature (2), za T-ulje za loženje minimalna temperatura predgrijavanja prije ulaska u koloidni mlin iznosi 60—70 °C (333—343 K). Ako se ne radi samo o homogeniziranju goriva s velikim sadržajem vode u gorivu, već se posebno dodaje voda za stvaranje emulzije, iskustva su pokazala da u svim slučajevima kad je potrebno zagrijavanje goriva treba prethodno zagrijati i vodu.

Pneumatske metode i postupci za stvaranje emulzija tekućih goriva i vode počeli su se primjenjivati praktički istodobno kad i mehanički. Kao radni medij za miješanje iskorištavaju se isključivo komprimirani zrak i vodena para. I ovdje je iskustvo pokazalo da je potrebno prethodno zagrijavanje do 70—80 °C (343—353 K) radi snižavanja viskoziteta goriva. Pneumatski postupak za stvaranje emulzije vode i tekućeg goriva (CNIRF-Centralni naučnoistraživački institut riječne flote) opisan je u literaturi (1), a primijenjuje se za pripremu T-ulja za loženje s velikim sadržajem vode. Prema tom postupku, emulzija se stvara u posebnom rezervoaru, u kojem se miješanje grube smjese vode i T-ulja ostvaruje upuhivanjem pare ili komprimiranog zraka kroz niz rupa na cijevi uronjenoj u smjesu. Prethodno se smjesa zagri-

java na oko 100 °C (273 K) upuhivanjem pare u gorivo. Ako se zagrijava površinskim zagrijačima, gorivo se zagrijava samo do 70—80 °C (340—350 K) kako bi se izbjeglo njegovo pjenjenje. Takav način pripreme emulzije iskazuje očite nedostatke u odnosu prema mehaničkim postupcima, i to:

— emulzija je lošije kvalitete, dimenzije dispergirane faze kreću se u granicama 30—160 μm;

— pri miješanju, posebno s vodenom parom, dio ugljikovodika s najnižom temperaturom vrenja isparava se, zbog čega se snižava donja ogrjevna moć goriva, a povećava se i gustoća goriva;

— utrošak energije na miješanje veći je nego li kod mehaničkih postupaka;

— teško je organizirati kontinuirani dovod emulzije do ložišta.

Svi ti nedostaci, uočeni već na samom početku razvoja postupaka i uređaja za stvaranje emulzija, uzrok su što na području pneumatskih metoda i postupaka nije postignut značajniji napredak, tako da je osim spomenutog postupka u posljednjih petnaestak godina u stručnoj literaturi zabilježen još samo jedan novi postupak, razvijen u SAD početkom sedamdesetih godina, i to u prvom redu za uništavanje tekućih otpadaka. Kasnije je taj sistem proširen i za stvaranje emulzije. Za miješanje vode ili tekućih otpadaka s gorivom upotrebljava se komprimirani zrak. Za stvaranje emulzija vode i tekućih goriva do danas su ispitana i u upotrebi dva uređaja koja rade na principu ultrazvučnih pulzacija. Oba su razvijena početkom sedamdesetih godina. Jedan uređaj razvila je francuska tvrtka Compagnie Francaise de Raffinage, a na tržištu se nalazi pod imenom TOTAL, dok je drugi uređaj razvio u SAD E. C. COTTELL, tzv. Cottelov reaktor.

DOSADAŠNJA ISKUSTVA

Iako je od prvih spoznaja o stanovitim prednostima što ih pruža izgaranje emulzija u odnosu prema čistom tekućem gorivu prošlo petnaest do dvadeset godina, dosadašnja iskustva nisu brojna, posebno što se tiče primjene emulzija u energetskim postrojenjima. Razumljivo je da su prvotna iskustva i istraživanja bila vezana ponajprije uz problem funkcionalnosti izgaranja emulzija. Kasnije se istraživanje sve više orijentiralo na utvrđivanje kvalitete stvaranja emulzija, kao i prednosti ili mana tih procesa u odnosu prema izgaranju čistih tekućih goriva.

Prva pogonska iskustva u izgaranju emulzija vode i tekućih goriva sakupljena su u SSSR-u od 1958 do 1960. god. U prvo vrijeme problem izgaranja emulzija isključivo se obrađivao s ciljem da se razvije metoda pouzdanog izgaranja raznih tekućih goriva koja su u sebi sadržavala velike količine vode, kao i raznih otpadnih ulja i smjesa nafte i vode stvorenih pri čišćenju spremnika.

Rezultati tih istraživanja detaljno su izloženi u literaturi (1, 2). Važno je napomenuti da se pri svim provedenim ispitivanjima za stvaranje emulzije primjenjivala pneumatska metoda CNIRF-a.

Prva opsežna istraživanja izgaranja emulzija vode i tekućih goriva na kvalitetu izgaranja provedena su u BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE 1968. god., a proveli su ih BARRETT, MOODY I LOCKLIN. Ispitivanja su vršena emulzijama vode i ekstralakog (EL) ulja (američka oznaka N⁰ 2). Stabilna emulzija stvarala se uz dodatak posebnih sredstava za emulgiranje različitog sadržaja. Detaljniji podaci o rezultatima istraživanja i o efikasnosti pojedinih sredstava pri stvaranju emulzije EL ulja (N⁰ 2) i vode dani su u (31).

Ispitivanja izgaranja emulzije EL-ulja i vode što ih je proveo HALL (26), za razliku od ispitivanja instituta BATTELLE, koja su vršena emulzijom stvorenom laboratorijskim uređajem, provedena su s komercijalnim uređajima TOTAL i Cottellov reaktor. Ispitivanja su provedena u sklopu U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) radi utvrđivanja utjecaja izgaranja emulzija vode i EL (N⁰ 2) ulja na emisiju ložišta kotlova stambenih zgrada i pokretnih kotlova. Ispitivanja su se provodila uz konstantan protok ulja kroz gorač, uz variranje količine vode u emulziji. Mjerenja emisije iz ložišta obuhvatila su mjerenja NO, CO, HC, CO_2 i O_2, dimni broj i sadržaj krutih čestica. Osim tih ispitivanja, provedena su i ispitivanja utjecaja rada kotla s emulzijom na stupanj djelovanja kotla, a rezultati su izloženi u (26).

Prva i do sada jedina eksperimentalna istraživanja izgaranja emulzija vode i T-ulja u velikim termoenergetskim postrojenjima izvršena su u sklopu EDF (Electricite d'France) 1973. god., zajedno s ELF Enteprise de Recherches et d'Activite Petrolieres, tako da je za proizvodnju emulzije primijenjen postupak (ELF) što ga je razvila ta tvrtka. Ispitivanja su se provodila na kotlu bloka 50 MW, projektiranom za rad s T-uljem. Na kotlu je instalirano dvanaest gorača, svaki kapaciteta 1,5 t/h goriva. Program ispitivanja bio je vrlo opširan, tako da je obuhvaćao analizu goriva, analizu plamena, snimanje karakterističnih vrijednosti produkata izgaranja (temperature i analize), određivanje stupnja djelovanja kotla i određivanje toplinskih tokova u ložištu. Rezultati su detaljno izneseni u literaturi (11).

Veoma opsežna ispitivanja izgaranja emulzija T-ulja i vode proveo je R. E. HALL (22) u sklopu U. S. EPA. Ispitivanja su bila koncipirana na isti način kao i ispitivanja izgaranja emulzija EL (N⁰ 2) ulja i vode. Za stvaranje emulzije i kod ovih ispitivanja iskorišteni su uređaji TOTAL i COTTELL reaktor. Sva ispitivanja provedena su na škotskom parnom kotlu, na kojem su obavljena i ispitivanja EL-ulja. Ispitivanja su se provodila s konstantnim protokom T-ulja kroz gorače (75 kg/h), tako da je ukupna količina goriva (emulzije ili ulja) ovisila o sadržaju vode u emulziji. Ispitivanja na

kotlu provodila su se pod punim opterećenjem. Najbolji ostvareni rezultati ispitivanja dimnog broja i sadržaja CO i NO u produktima izgaranja, prema ocjeni autora, kao i ostvareni pretičak zraka pri tim rezultatima, poslužili su kao osnova za odabiranje režima kod kojeg se vršilo mjerenje sadržaja krutih čestica u produktima izgaranja. Detaljni rezultati izloženi su u već spomenutom radu.

O provedenim ispitvanjima izgaranja emulzije vode i T-ulja izvještava i HOLLIG (24). Ispitivanja su provođena na kotlu učinka 33,5 GJ/h opremljenom rotacijskim raspršivačem. Za stvaranje emulzije poslužila su dva uređaja, tzv. homogenizator ili dinamički mješač i »statički« mješač. Za vrijeme ispitivanja protok ulja održavao se konstantnim, a sadržaj vode u emulziji regulira se posebnom crpkom za doziranje. Karakteristično je za dobivene rezultate da pri svim veličinama pretička zraka s rastom sadržaja vode u emulziji sadržaj krutih čestica teži jednoj graničnoj vrijednosti koja je, međutim, za oba ispitivanja različita.

Ne ulazeći ovdje u detaljniju analizu iznesenih rezultata navedenih autora, no nakon detaljnog studiranja tih rezultata, moguće je o ostvarenim kao osnovno navesti:

— od svih provedenih ispitivanja samo su ispitivanja EDF-a provedena na većim jedinicama i s većim brojem gorača na postrojenju, tako da ona ujedno imaju i najveću vrijednost kad se razmatra problem izgaranja emulzija u energetskim postrojenjima. Svi ostali rezultati ostvareni su na malim ložištima s jednim goračem, tako da su mogli biti podešeni optimalni odnosi zraka i goriva;

— od svih mjerenih pokazatelja kvalitete izgaranja najočitije poboljšanje utvrđeno je kod smanjenja sadržaja krutih čestica u produktima izgaranja. U svim ispitivanim slučajevima kad se mjerio sadržaj krutih čestica utvrđeno je poboljšanje prosječno za 50 do 60 %. Ta činjenica ujedno je još jedna potvrda da kvaliteta raspršivanja najvećim dijelom određuje sadržaj krutih čestica u produktima izgaranja. Utjecaj mikroeksplozije na kvalitetu raspršivanja time je našao potvrdu i u pogonskim uvjetima;

— u prosjeku gledano, utvrđena su i poboljšanja u pogledu dimnog broja. Ta poboljšanja nisu tako jednoznačna, a u pojedinim slučajevima čak su utvrđena i pogoršanja. To je razumljivo ako se ima na umu činjenica da je stvaranje čađi posljedica uvjeta u kojima se odvija toplinsko raspadanje plinovitih ugljikovodika. U tim procesima značajniju ulogu ima kvaliteta miješanja goriva i zraka, a manje je značajna uloga kvalitete raspršivanja, iako se ne smije zaboraviti i međusobni utjecaj tih procesa.

Ovdje svakako treba napomenuti i mišljenje koje se sve više akceptira pri razmatranju ove problematike, a koje se odnosi na stanje kotlovskih površina prije prijelaza na rad s emulzijom. Sve se više smatra vjerojatnom pojava čišćenja kotlovskih površina prilikom prijelaza na rad s emulzijom, iako za to nema pouzdanih dokaza. S tog aspekta izneseni rezultati ne mogu se analizirati jer nisu navedeni podaci o načinu rada pojedinih postrojenja prije rada s emulzijom;

— nije utvrđen jednoznačan utjecaj rada s emulzijom na sadržaj CO u produktima izgaranja, što je u neku ruku i razumljivo s obzirom na to da je pojava CO isključivo posljedica kvalitete procesa miješanja zraka i goriva u plinskoj fazi;

— u principu je utvrđen pozitivan utjecaj nivoa sadržaja vode u emulziji na emisiju krutih čestica, no istodobno nije utvrđen nikakav značajniji utjecaj raznih postupaka za stvaranje emulzije. Može se reći da osnovni utjecaj na kvalitetu emulzije ima intenzitet mikroeksplozije. S tog gledišta može se objasniti i utjecaj količine vode u emulziji na kvalitetu izgaranja, no intenzitet mikroeksplozije ovisi o dimenzijama kapi vode. S tog gledišta ne treba težiti za stvaranjem mikroemulzija. Optimalnom bi se mogla smatrati situacija da svaka kap goriva sadrži samo jednu kap vode, čime je ujedno ta kap kod danog sadržaja vode i maksimalno velika, pa zbog toga dolazi do najveće mikroeksplozije. Razumljivo je da je to u praksi nemoguće ostvariti;

— u svim ispitivanim slučajevima, osim eksperimenata HALLa i HOLLIGa s emulzijama T-ulja, upotrebljavali su se gorači s tlačnim raspršivanjem;

— ni u jednom ispitivanom postrojenju nisu se iskoristili pneumatski raspršivači s parom kao medijem za raspršivanje, a upravo se takvi raspršivači vrlo često upotrebljavaju na termoenergetskim kotlovskim postrojenjima;

— temperatura emulzije kod svih postrojenja kretala se u granicama između 90 i 110 °C (363 i 383 K), te je bila za 10 do 40 K ispod temperature na koju se zagrijava T-ulje prije raspršivanja.

NOVE MOGUĆNOSTI

Posebno je karakteristično za sve opisane postupke za stvaranje emulzija činjenica da su svi postupci razvijeni u prvom redu za mala postrojenja. Nema sumnje da se pojedini od poznatih postupaka mogu bez većih teškoća prilagoditi i za rad na energetskim postrojenjima (ELF, homogenizatori). Za sve postupke, međutim, vrijede ovi osnovni zahtjevi pri stvaranju emulzije:

— potrebno je dovesti određenu količinu vode
— potrebno je utrošiti određenu količinu energije, i to u pravilu električne.

Prvi zahtjev, iako se čini jednostavan, kod velikih energetskih postrojenja, koja troše i do 50

t/h tekućeg goriva ili više, količina vode koju treba dovesti već postaje znatna, 10 t/ ili više, pri čemu u principu nije, barem danas, potpuno raščišćeno pitanje kvalitete vode s obzirom na moguće reakcije i posljedice na ogrjevnim površinama kotla.

Drugom zahtjevu je u pravilu moguće lako udovoljiti.

Kao rezultat višegodišnjih ispitivanja u sklopu Instituta za elektroprivredu razvijena je nova metoda stvaranja emulzija, koja je principijelno različita od dosad poznatih postupaka. U termoenergetskim postrojenjima se pri stvaranju emulzije može, međutim, na raspolaganje staviti i energija što je posjeduje para. Istodobno se kondenziranjem vodene pare može dobiti potrebna voda za emulziju. Očito je, dakle, da se oba zahtjeva mogu zadovoljiti ako je na raspolaganju prikladna količina pare prikladnih parametara. Pri tome energiju pare treba iskoristiti, s jedne strane, za miješanje goriva i pare, a dio energije, i to toplinske, iskoristiti za zagrijavanje goriva, i to svu toplinu isparavanja odnosno kondenzacije, tako da se sva vodena para kondenzira, pa na taj način nastali kondenzat čini jednu komponentu u emulziji. Sam uređaj koji bi obavljao funkciju homogenizatora i istodobno izmjenjivača topline može se izvesti kao na pogodan način konstruirano mješalište u kojem para nastrujava velikom brzinom na struju goriva, intenzivno miješajući nastalu smjesu. Pri tome vodena para svoju toplinu predaje gorivu, zagrijava ga, a sama se kondenzira. Ako je miješanje provedeno kvalitetno, stvarni volumen vodene pare nakon kondenzacije prijeći će u vrlo sitne kapi vode — kondenzata, te će se na taj način ostvariti emulzija s fino dispergiranim kapima vode u ulju.

Provedeni proračuni bilanciranja masa goriva i pare, kao i izmijenjene topline, pokazali su da je kod dovođenja količine pare koja će nakon kondenzacije davati emulziju sa 8 do 10 % vode moguće zagrijavanje T-ulja za oko 100 °C. S obzirom na nivoe pritisaka goriva uobičajene kod postrojenja za pripremu goriva, očito da je potrebno snižavanje temperature T-ulja prije stvaranja emulzije. Analize su pokazale da je moguće potpuno obustavljanje zagrijavanja goriva u dogrijačima goriva, tako da gorivo ulazi u komoru za emulgaciju s temperaturom 40—60 °C.

REZULTATI DOSADAŠNJIH ISPITIVANJA

Iako je sama ideja na kojoj se osniva predložena nova metoda u osnovi vrlo jednostavna, njezina provjera bila je moguća samo u praksi. S obzirom na niz postavljenih pretpostavki i pitanja, ispitivanja su se provela na dva postrojenja koja su iskazivala mnoge međusobne razlike. Sama ispitivanja bila su podijeljena na dvije grupe. Prva grupa ispitivanja trebala je dati odgovor o funkcionalnosti metode, a druga grupa ispitivanja trebala je dati odgovor o postignutoj kvaliteti izgaranja, dakako ako prethodna ispitivanja funkcionalnosti daju pozitivne rezultate.

Ispitivanja funkcionalnosti

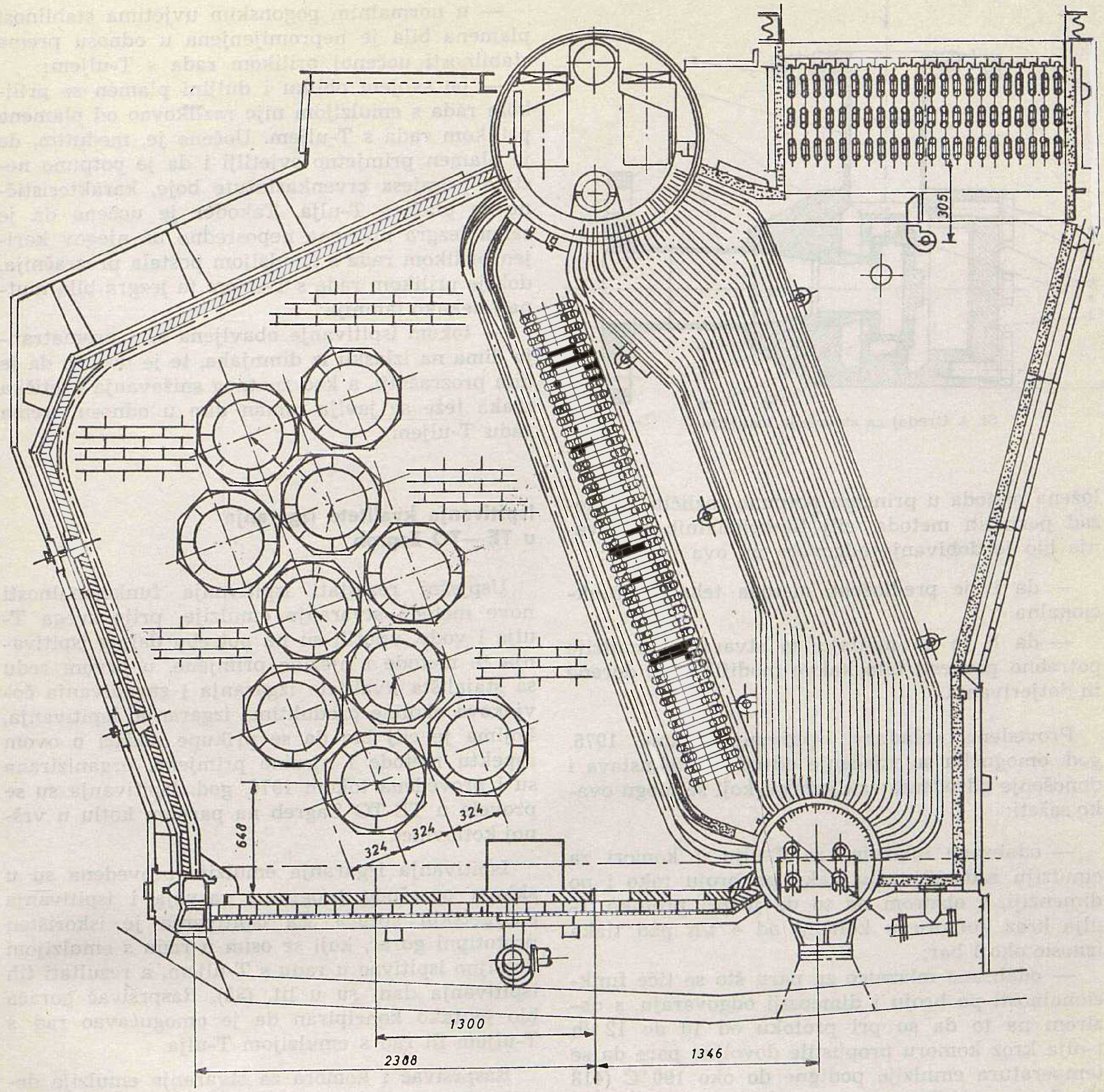
Nakon analize energetskih postrojenja u Zagrebu, koja su u sklopu Elektroprivrede Zagreb locirana u pogonima EL-TO i TE-TO, kao i nakon provedenih razgovora, došlo se do zaključka da se funkcionalna ispitivanja provedu u pogonu EL-TO Zagorska 1 na parnom kotlu No 1.

Kotao No 1 (sl. 3) klasični je brodski kotao s dva bubnja konstruiran za loženje tekućim gorivom. Ložište kotla, osim prednje stijenke i dna ložišta, potpuno je ekranizirano. Produkti izgaranja iz ložišta struje kroz bočni snop cijevi prema bubnjevima. Bubnjevi su međusobno spojeni cijevima koje prave dva kosa cijevna snopa. Prvi cijevni snop, gledano u smjeru strujanja produkata izgaranja, ujedno je i bočni snop ložišta. Između ta dva snopa ugrađen je pregrijač po cijeloj duljini kotla. Nakon prolaza kroz drugi cijevni snop, produkti izgaranja struje kroz zagrijač vode koji je smješten u vertikalnom dimovodnom kanalu. Nakon prolaza kroz zagrijač vode, produkti izgaranja odlaze u dimnjak i izbacuju se u atmosferu.

Na čeonoj stijenci ložišta kotla ugrađeno je 10 gorača tipa IOWA. Gorači su ugrađeni u zajedničku zračnu kutiju iz koje se zrak dobavlja svim goračima. Kotao je izrađen s dvostrukom oplatom, tako da u međuprostoru struji zrak za izgaranje, koji se na toplim površinama kotla zagrijava na oko 323 K. Drugačiji način zagrijavanja zraka nije predviđen. Zrak za izgaranje dobavlja se pomoću dva ventilatora, od kojih je normalno samo jedan u pogonu, a drugi je rezerva i služi samo prilikom velikog forsiranja postrojenja, koje je predviđeno za ratne uvjete.

Osnovne tehničke karakteristike parnog kotla:

— proizvođač kotla	BABCOCK&WILCOX· LONDON
— godina proizvodnje	1961—1962.
— normalna proizvodnja pare	50 t/h
— tlak u bubnju	19 bar
— tlak iza pregrijača	17 bar
— temperatura pregrijane pare	340 °C (617 K)
— ogrjevna površina	
pregrijača	72 m²
isparivačkog sistema	816 m²
zagrijača vode	55 m²
— temperatura pojne vode	105 °C (478 K)

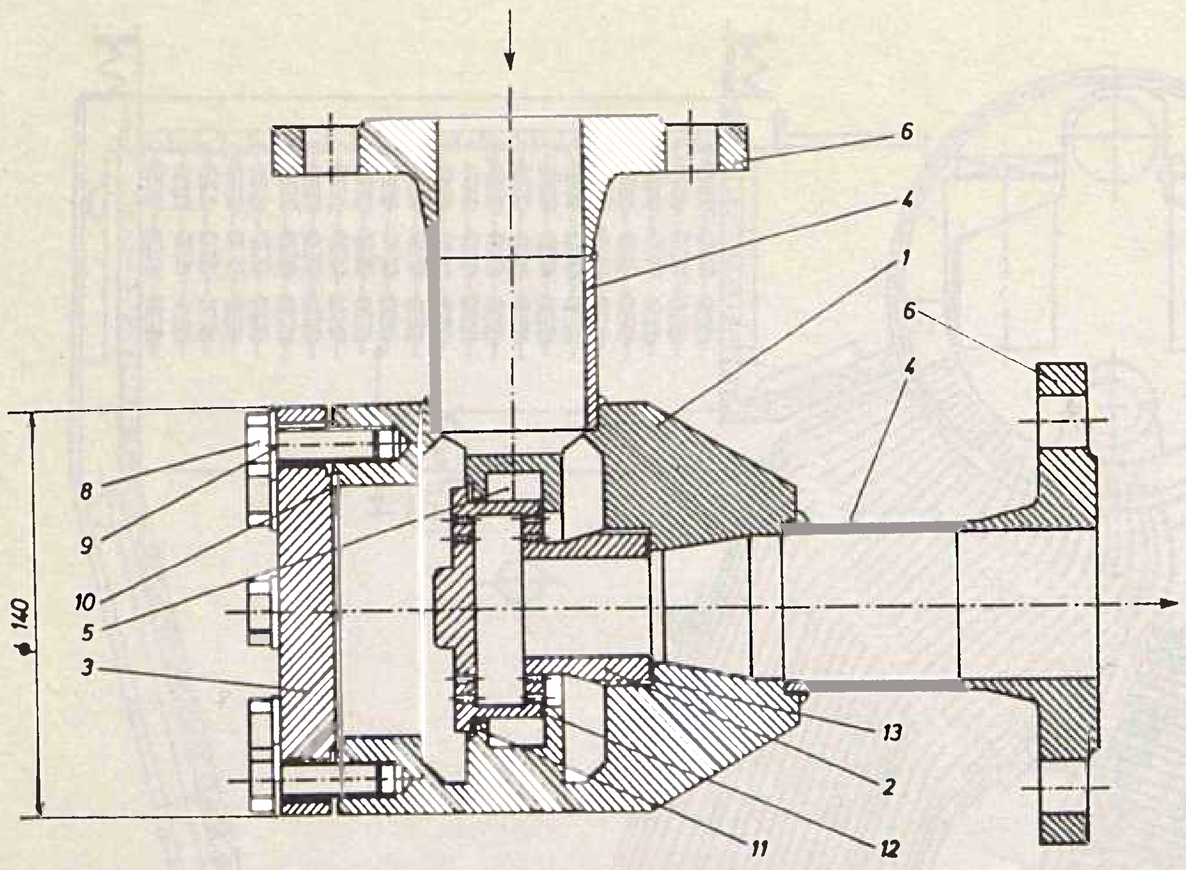


Sl. 3. Presjek kotla 1 u EL-TO Z a g r e b

— temperature vode iza zagrijača 125 °C (498 K)
— temperatura zraka za izgaranje 50 °C (323 K)
— volumen ložišta 32 m^3
— toplinsko opterećenje ložišnog volumena $5{,}02 \times 10^6$ kJ/m^3h.

Za stvaranje emulzije na opisani način izrađen je uređaj prikazan na sl. 4. Teško ulje temperature oko 323 K (50 °C) ulazi u uređaj kroz priključnu cijev, te se nakon ulaska u tijelo uređaja (1) dijeli u dvije struje. Ulje u komoru u kojoj se vrši miješanje (2) ulazi kroz veliki broj rupa smještenih nasuprotno. Pad tlaka kroz komoru ne iznosi više od jednog bara, a osim toga međusobni sudar mlazova ulja pridonosi boljem miješanju goriva i pare. Para za stvaranje emulzije dovodi se kroz priključak koji tangencijalno ulazi u komoru za paru. Iz komore za paru para velikom brzinom nastrujava kroz tangencijalne otvore na plaštu komore za miješanje na mlazove goriva, te se ostvarena smjesa pare i goriva intenzivno u komori vrtloži. Tu dolazi do intenzivnog prijelaza topline, kondenzacije vodene pare i stvaranja emulzije. Stvorena emulzija napušta komoru kroz priključnu cijev (poz. 4). Tako izvedena komora priključila se na postojeću instalaciju za dovod goriva do gorača.

S obzirom na potpuno pomanjkanje bilo kakvih iskustava kod eksperimentalnih istraživanja izgaranja emulzije, kao i s obzirom na to da je pred-



Sl. 4. Uređaj za stvaranje emulzije

ložena metoda u principu potpuno različita od dosad poznatih metoda, cilj funkcionalnih ispitivanja bio je dobivanje odgovora na ova pitanja:

— da li je predložena metoda tehnički funkcionalna

— da li je na uređaju za stvaranje emulzije potrebno provesti bilo kakve modifikacije, dorade ili dotjerivanja.

Provedena »hladna« ispitivanja tokom 1975. god. omogućila su stjecanje određenih iskustava i donošenje određenih zaključaka, koji se mogu ovako sažeti:

— odabrane mlaznice za T-ulje u komori za emulziju zadovoljavaju kako po broju tako i po dimenziji, s obzirom na to da je pri protoku T-ulja kroz komoru u količini od 4 t/h pad tlaka iznosio oko 1 bar;

— odabrane mlaznice za paru što se tiče funkcionalnosti po broju i dimenziji odgovaraju, s obzirom na to da su pri protoku od 10 do 12 t/h t-ulja kroz komoru propustile dovoljno pare da se temperatura emulzije podigne do oko 190 °C (413 K). S tog gledišta, i tlak pare za emulzije ispred ventila za paru potpuno odgovara;

— emulzija zagrijana do visokih temperatura (140 i više °C) (410 K) nigdje ne smije biti prigušena jer to uzrokuje velike pulzacije i udarce u instalacijama.

Nakon uspješno završenih ispitivanja »na hladno«, pristupilo se ispitivanjima uz normalan rad gorača. Provedena ispitivanja na »toplo« omogućila su stjecanje određenih iskustava i stvaranje određenih zaključaka, koji se ukratko mogu ovako sažeti:

— predložena metoda stvaranja emulzije potpuno je funkcionalna i može se primijeniti praktički bez ikakvih poteškoća, dakako imajući na umu dosadašnja iskustva i akceptirajući prije donesene zaključke;

— u normalnim pogonskim uvjetima stabilnost plamena bila je nepromijenjena u odnosu prema stabilnosti uočenoj prilikom rada s T-uljem;

— po svojem obliku i duljini plamen se prilikom rada s emulzijom nije razlikovao od plamena prilikom rada s T-uljem. Uočeno je, međutim, da je plamen primjetno svjetliji i da je potpuno nestalo primjesa crvenkastožute boje, karakteristične za plamen T-ulja. Također je uočeno da je sama jezgra plamena neposredno uz njegov korijen prilikom rada s emulzijom postala prozračnija, dok je prilikom rada s T-uljem ta jezgra bila mutna i nekako tamnija;

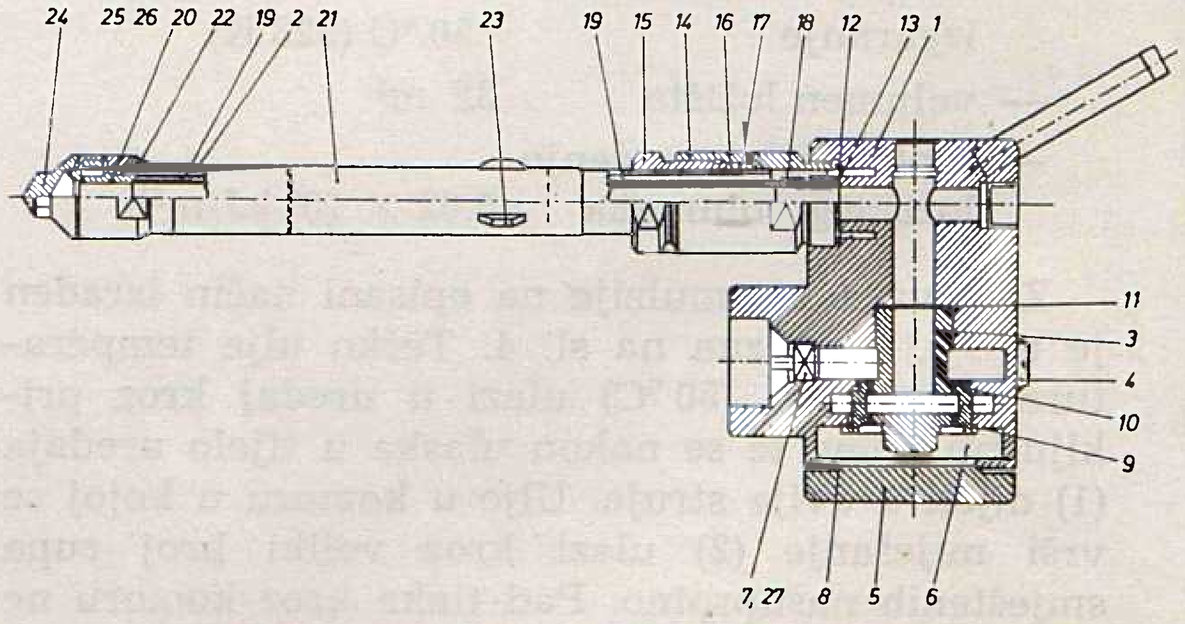
— tokom ispitivanja obavljena su i promatranja dima na izlasku iz dimnjaka, te je uočeno da je dim prozračniji, a kod znatnog snižavanja pretička zraka teže se javlja taman dim u odnosu prema radu T-uljem.

Ispitivanja kvalitete izgaranja u TE—TO Zagreb

Uspješni rezultati ispitivanja funkcionalnosti nove metode stvaranja emulzije, prije svega T-ulja i vode, uputili su na potrebu daljeg ispitivanja te metode i njezine primjene, u prvom redu sa stajališta kvalitete izgaranja i zagađivanja čovjekove okoline produktima izgaranja. Ispitivanja, kojima je cilj bio da se prikupe podaci o ovom aspektu metode i njezine primjene, organizirana su i provedena tokom 1976. god. Ispitivanja su se provela u TE-TO Zagreb na parnom kotlu u vršnoj kotlovnici.

Ispitivanja izgaranja emulzije provedena su u sklopu opsežnog programa razvoja i ispitivanja energetskih gorača. Za ispitivanja je iskorišten prototipni gorač, koji se osim u radu s emulzijom detaljno ispitivao u radu s T-uljem, a rezultati tih ispitivanja dani su u lit. (35). Raspršivač gorača bio je tako koncipiran da je omogućavao rad s T-uljem ili rad s emulzijom T-ulja.

Raspršivač i komora za stvaranje emulzije detaljno su prikazani na sl. 5. Medij za raspršivanje je para 14 bara. Posebnim kanalom para za raspršivanje vodi se u prostor između vanjske (poz. 2) i unutrašnje (19) cijevi, te istrujava u ložište kroz



Sl. 5. Presjek raspršivača i emulgatora

osam rupa koje međusobno određuju kut raspršivanja od 90°. Ulje za loženje ili emulzija dovode se kroz unutrašnju cijev (19) u sapnicu (24), u kojoj povratnim strujanjem kroz posebne rupe ustrujava u mlaz pare, te dolazi do vrlo kvalitetnog raspršivanja. Raspršivač osim toga, ima i posebnu komoru (3) u kojoj se stvara emulzija tangencijalnim nastrujavanjem pare velikom brzinom na niz mlazova goriva. Princip rada i konstruktivno rješenje komore za emulgaciju (emulgacijska komora) isti je kao što je to detaljno opisano na postrojenju u EL-TO. Emulzija ostvarena u emulgatoru dalje struji kroz cijev (19) i raspršuje se parom na potpuno identičan način kao i T-ulje.

S obzirom na to da su se ispitivani gorač i raspršivač razlikovali od postojećih gorača, ne samo koncepcijski već i po potrebnim parametrima goriva i pare, a osim toga i po mogućnosti stvaranja i korištenja visokotemperaturne emulzije, pokazalo se da su nužne neke dopune i izmjene na instalacijama za paru i gorivo. Pored posebne redukcijske stanice za paru za raspršivanje izvela se i posebna regulacijska stanica količine pare za emulziju. Količina pare automatski se podešavala prema namještenoj vrijednosti temperature emulzije, koja se mjerila nakon izlaza emulzije iz emulgacijske komore.

Za provedbu prve grupe kvantitativnih i kvalitativnih ispitivanja, ali ne više samo vizuelnih, odabrano je postrojenje koje se upravo u pristupu organizaciji procesa izgaranja bitno razlikovalo od postrojenja u EL-TO, na kojem su obavljena prva ispitivanja, i to isključivo ispitivanja funkcionalnosti metode i njezine primjenljivosti. Zbog toga je važno upozoriti na te osnovne pokazatelje organizacije procesa izgaranja:

— odabrano postrojenje kod maksimalnog trajnog opterećenja iskazuje nisko toplinsko opterećenje volumena, a kod ispitivanja, s obzirom na to da se ispitivao samo jedan gorač, ta veličina bila je upola manja. Time se potpuno izbjegao utjecaj naglog hlađenja produkata izgaranja na kvalitetu izgaranja, te se mogla dobiti realna ocjena mogućnosti samog gorača, vrijednosti metode i njezine primjenljivosti;

— iako se u početku postavljanja i rješavanja cijelog zadatka nije znala kvaliteta izgaranja koja će se moći ostvariti ispitivanim goračem, pretpostavljalo se da će ona biti na neusporedivo većem nivou od postrojenja u EL-TO, pa se u tom smislu predviđalo da će se ostvariti rad s pretičkom razmaka $\lambda = 1{,}05$ uz vrijednost dimnog broja 3. Rezultati ispitivanja potvrdili su tu pretpostavku (35);

— raspršivanje goriva vrši se parom, pri čemu su se odabrali parametri goriva i pare na danas uobičajenim nivoima za tlačno parne raspršivače;

— postrojenje je omogućilo točnu regulaciju i određivanje odnosa goriva i zraka za ispitivani gorač kao jedinicu.

Polazeći od mogućnosti odabranog postrojenja, tako koncipirane organizacije procesa izgaranja, kao i prije izložene metode, svrha ispitivanja nameće se sama od sebe, a u onsovi se svodi na ovo:

— s obzirom na utvrđenu funkcionalnost metode, treba utvrditi njezinu primjenljivost na područje energetskih postrojenja, posebno imajući na umu njihov rad s niskim pretičcima zraka, kao i primjenljivost metode na području tlačno-parnih raspršivača;

— da li predložena metoda stvaranja visokotemperaturnih emulzija dovodi do smanjenja zagađivanja okoline? Ako dovodi, u kojim je to granicama i u kojim uvjetima? Da li se pri tome javljaju koji posebni uvjeti u pogledu temperature emulzije, pritisaka raspršivanja itd?

Ne ulazeći ovdje u detaljno opisivanje svih iskustava, kao i toka istraživanja, treba napomenuti da su ispitivanja upozorila i na neke specifičnosti u radu s emulzijama, o kojima će biti riječi kasnije. Rezultati provedenih ispitivanja, tj. izmjerene vrijednosti dane su u tabl. 2. i 3.

Tokom ispitivanja gorača, bilo pri radu s T-uljem bilo pri radu s emulzijom, redovito su se uzimali uzorci T-ulja i emulzije, koji su se zatim analizirali, pri čemu je kod rada s T-uljem od posebnog interesa bilo određivanje elementarne analize goriva radi utvrđivanja CO_{2max}, te na osnovi toga određivanje pretička zraka, zatim sadržaja pepela u gorivu, kako bi se mogao odrediti sadržaj izgorivih krutih čestica u produktima izgaranja. Pri radu s emulzijom, osim toga, od posebnog interesa bilo je određivanje vlage u gorivu, što je zapravo predstavljalo i sadržaj vode u emulziji. Rezultati analiza T-ulja i emulzija dani su u tabl. 4. Uzorci emulzije uzimali su se preko hladnjaka, tako da je emulzija prije ekspanzije na okolišni pritisak bila ohlađena na ~ 60 °C (333 K). Dobiveni uzorci emulzije podvrgli su se detaljnim istraživanjima pod mikroskopom, kako bi se utvrdilo da li između stvorenih emulzija postoje bitne razlike u kvaliteti, i to u pogledu dimenzija kapi ili u pogledu jednolikog rasporeda kapi u emulziji. Dobiveni razmazi emulzija pod mikroskopom su i fotografirani. Na sl. 6. dana je fotografija razmaza T-ulja povećanog pod mikroskopom 455 x, dok je na sl. 7. dana fotografija razmaza emulzije u istom povećanju.

Ispitivanja stvorenih emulzija pod mikroskopom pokazala su da su sve stvorene emulzije, koje su zadržavale 8—10 % vode, vrlo kvalitetne, dimenzije kapi vode bile su zadovoljavajuće, a jednolikost tih kapi i njihova raspodjela u ulju bila je također dobra. Iz sl. 6. i 7. uočava se bitna razlika u strukturi ulja i emulzije. Osim toga, može se uočiti da dimenzije najvećih kapi ne prelaze 10 μm, dok je najveći broj kapi dimenzija 3—5 μm. Takva dimenzija kapi može se smatrati vrlo povoljnom, jer nisu stvorene mikroemulzije, a dimenzije kapi vode do 10 μm osiguravaju da

Tablica 2.

Broj mjernog mjesta	REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA Sapnica: 8×21-13-19-90° Emulgacijska komora: E-16-33-120-17	Datum ispitivanja Položaj lopati, konusa i raspršivača Broj ispitivanja	23. 8. 1976. L-80, K-80, R-45 1, 2, 3	4, 5, 6
	Opći podaci			
	početak ispitivanja	h min	11,50	15,00
	kraj ispitivanja	h min	13,40	16,40
		min	110	100
	Pregrijana para			
1	količina pregrijane pare	t/h	16,0	12,4
2	temperatura pregrijane pare	°C	232,6	234,2
3	tlak pregrijane pare	bar	18,8	18,8
	Pojna voda			
4	količina pojne vode	t/h	17,8	13,7
5	temperatura pojne vode	°C	113,1	126,2
6	tlak pojne vode	bar	18,5	18,7
	Gorivo			
7	količina goriva	kg/h	1050	835
	opterećenje gorača u odnosu na nazivno	%	70	56
8	temperatura goriva ispred gorača	°C	54,8	58,6
9	temperatura emulzije	°C	134,2	139,9
10	tlak goriva ispred gorača	bar	11,1	10,5
	Para za raspršivanje			
11	temperatura pare	°C	219,9	220,1
12	tlak pare za raspršivanje	bar	12,2	12,1
13	tlak pare za emulziju	bar	18,8	16,3
	Zrak za izgaranje			
14	količina zraka za izgaranje	Nm^3/h	13067	10150
15	temperatura okolišnog zraka	°C	19,6	21,3
16	temperatura zraka za izgaranje	°C	31,8	35,3
17	tlak zraka ispred gorača	mmSV	172,1	101,1
	Dimni plinovi			
18	temperatura dimnih plinova iza pregrijača	°C	434,4	420,8
19	temperatura dimnih plinova na kraju kotla	°C	130,1	137,1
20	tlak dimnih plinova iza pregrijača	mmSV	—14,3	—18,2
21	sadržaj ugljičnog dioksida u dimnim plinovima kraj kotla izmjeren Orsat aparatom: CO_2	%	15,25	15,16
22	sadržaj kisika u dimnim plinovima izmjeren analizatorom: O_2	%	0,59	0,69
23	dimni broj	°Bach	2,8	2,9
	Krute čestice			
24	količina krutih čestica po kg goriva	gr/kg	1,40	0,94
	Proračunski CO_2max	%	15,81	15,81
	Proračunski O_2 preko CO_2	%	0,74	0,85
	Proračunski pretičak zraka preko CO_2		1,035	1,040

Tablica 3.

Broj mjernog mjesta	REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA Sapnica: 8×21-13-19-90° Emulgacijska komora: E-16-33-120-17	Datum ispitivanja Položaj lopatica, konusa i raspršivača Broj ispitivanja	24. 8. 1976. L-80, K-80, R-45 1, 2, 3	4, 5, 6
	Opći podaci			
	početak ispitivanja	h min	8,20	10,10
	broj ispitivanja	h min	10,0	11,15
	trajanje ispitivanja	min	100	65
	Pregrijana para			
1	količina pregrijane pare	t/h	16,0	16,0
2	temperatura pregrijane pare	°C	230,9	230,4
3	tlak pregrijane pare	bar	18,9	19,0
	Pojna voda			
4	količina pojne vode	t/h	18,0	18,1
5	temperatura napojne vode	°C	114,8	117,0
6	tlak pojne vode	bar	18,6	18,8
	Gorivo			
7	količina goriva	kg/h	1058	1063
	opterećenje gorača u odnosu na nazivno	%	71	71
8	temperatura goriva ispred gorača	°C	51,9	54,8
9	temperatura emulzije	°C	136,7	138,4
10	tlak goriva ispred gorača	bar	11,4	11,5
	Para za raspršivanje			
11	temperatura pare	°C	221,9	224,5
12	tlak pare za raspršivanje	bar	12,1	12,2
13	tlak pare za emulziju	bar	18,2	18,2
	Zrak za izgaranje			
14	količina zraka za izgaranje	Nm^3/h	13750	13900
15	temperatura okolišnog zraka	°C	16,7	19,2
16	temperatura zraka za izgaranje	°C	16,9	30,9
17	tlak zraka ispred gorača	mmSV	184,8	189,5
	Dimni plinovi			
18	temperatura dimnih plinova iza pregrijača	°C	445,8	443,7
19	temperatura dimnih plinova na kraju kotla	°C	120,4	125,0
20	tlak dimnih plinova iza pregrijača	mmSV	—13,9	—12,5
21	sadržaj ugljičnog dioksida u dimnim plinovima kraj kotla izmjeren Orsat aparatom CO_2	%	14,77	14,39
22	sadržaj kisika u dimnim plinovima izmjeren analizatorom: O_2	%	1,30	1,55
23	dimni broj	°Bach	1,9	1,5
	Krute čestice			
24	količina krutih čestica po kg goriva	gr/kg	1,06	0,93
	Proračunski O_2 preko CO_2	%	14,80	15,80
	Proračunski CO_2 max	%	1,37	1,87
	Proračunski pretičak zraka preko CO_2		1,065	1,092

će praktički u svakoj kapi goriva biti sadržana poneka kap vode. Mikroskopska promatranja također su pokazala da su stvorene kapi vode vrlo jednoliko raspoređene u ulju, tako da se nisu mogle uočiti nikakve nakupine vode ili mjesta s manjim sadržajem vode.

Stabilnost stvorenih emulzija bila je vrlo dobra. Uzorci koji su prilikom uzimanja ohlađeni na 50 do 60°C (323-333 K) ostavljeni su neko vrijeme na sobnoj temperaturi. Analize emulzije obavljene su dvadesetak dana nakon uzimanja uzoraka. Mikroskopiranje uzoraka obavljeno je jedan dan nakon uzimanja uzoraka, tj. 24. 8. 1976. god, no mikroskopiranje, izrada preparata i snimanje uzoraka emulzije, obavljeno je 21. 9. 1976, tj. gotovo mjesec dana nakon uzimanja uzoraka. Mikroskopiranje je pokazalo da u međuvremenu nisu nastupile nikakve strukturalne promjene, kao na primjer ukrup-

Tablica 4.

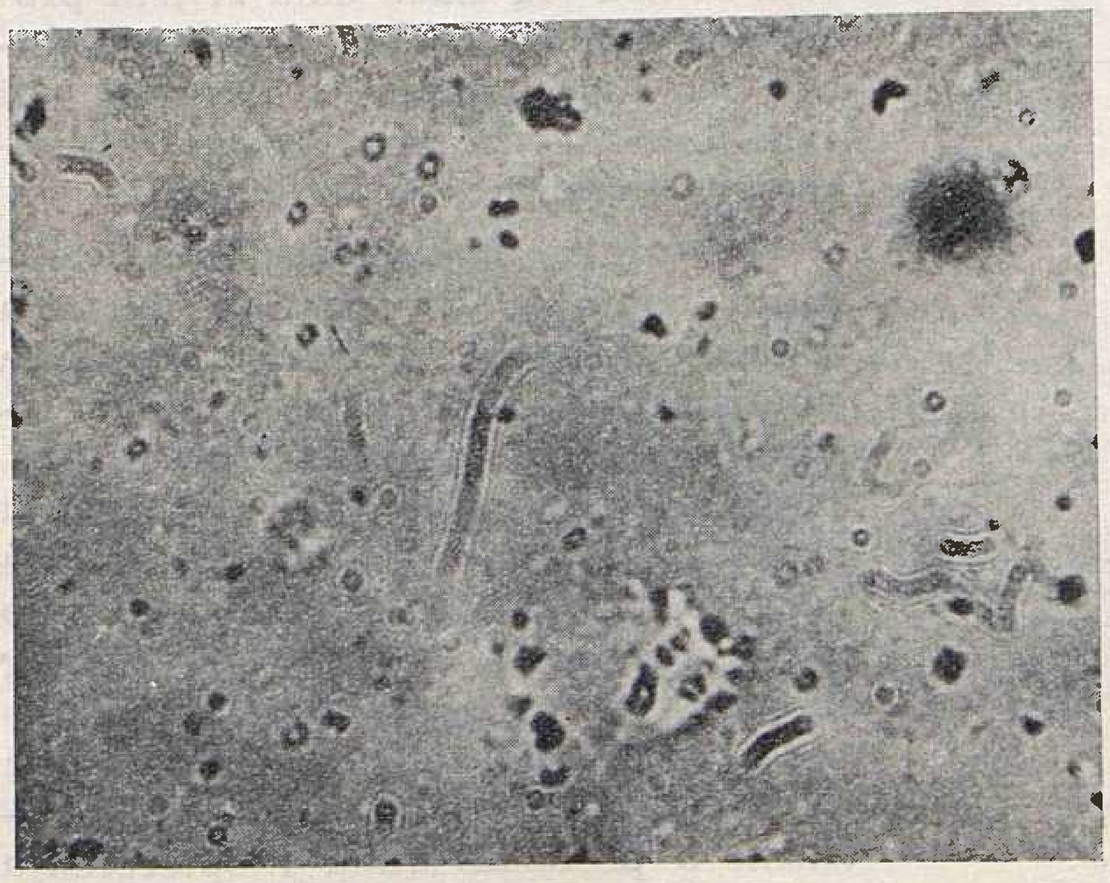
SASTAV I FIZIKALNA SVOJSTVA GORIVA

Vrsta goriva	T-ulje 23. 8.	T-ulje 24. 8.	Emulzija br. 1	Emulzija br. 2	Emulzija br. 3	Emulzija br. 4	Emulzija br. 5
Gustoća g/cm³ kod t °C)	0,8840 110 0,8780 120 0,8720 130	0,8850 110 0,8790 120 0,8730 130	0,8880 110 0,8820 120	0,9232 57 0,9172 68 0,9040 90	0,9168 57 0,9096 68 0,8970 90	0,9242 59 0,9182 69 0,9062 89	0,9172 62 0,911272 72 0,8992 92
Kinematički viskozitet (°E kod t °C)	1,85 110 1,59 120 1,48 130 5,3 68 2,79 90	1,87 110 1,66 120 1,49	1,95 110 1,66 120	13,0 57 6,9 68 3,68 90	12,5 57 7,6 68 3,68 90	11,5 59 7,10 69 3,73 89	10,7 62 6,3 72 3,9 92
Plamište (°C)	170	—	170	168	170	184	174
Gorište (°C)	223	—	225	225	230	244	238
Koks (%)	7,3	7,5	nije se mogao odrediti zbog vrenja				
Ugljik (%)	84,9	84,8	77,7	77,8	77,3	76,6	77,8
Vodik (%)	11,8	11,8	10,8	10,8	10,8	10,6	10,8
Sumpor (%)	2,05	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,4
Pepeo (%)	0,02	0,02	0,018	0,019	0,018	0,018	0,019
Voda (%)	0	0,1	8,4	8,4	8,8	9,6	8,7
Kisik + dušik (%)	0,63	0,48	—	0,581	0,782	—	—
Stinište (°C)	—	—	—	—	—	22	23
Donja ogrjevna moć (kcal/kg)	9 700	9 710	9 050	9 040	9 020	8 980	9 040

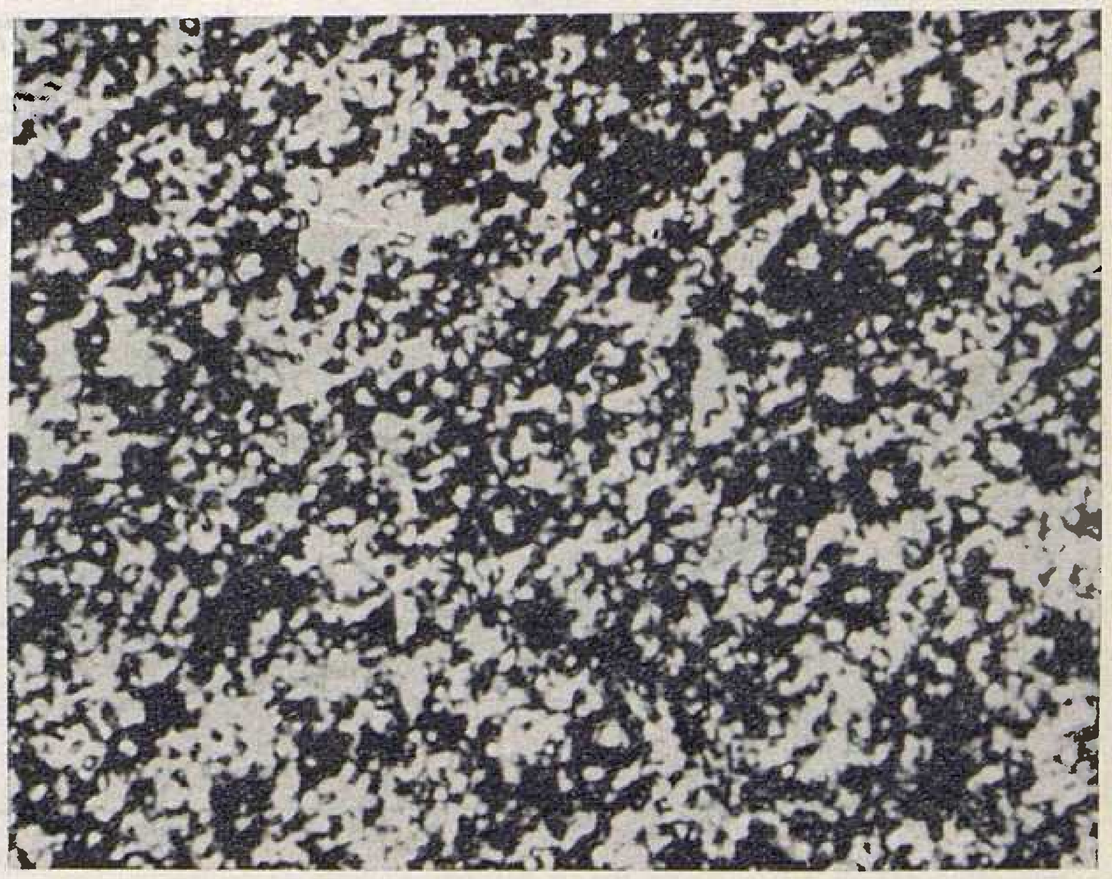
njavanje kapi vode ili tome slično. Snimci emulzije također nedvojbeno pokazuju da je struktura i nakon mjesec dana ostala homogena, s dobrom disperznošću vode, što sve svjedoči o velikoj stabilnosti stvorene emulzije na sobnoj temperaturi.

Na osnovi analiza stvorenih emulzija može se, nadalje, zaključiti da je sadržaj vode u svim pokusima bio između 8,5 i 9,5%, te da se u ispitivanom dijapazonu temperatura T-ulja na ulazu u gorač i emulzije na izlazu iz emulgacijske komore nije mogao bitno mijenjati. Pri tome pod bitnim razumijevamo onakve promjene sadržaja vode u emulziji kakve su se ispitivale u eksperimentima ostalih istraživača, kad je u pravilu najniža vrijednost sadržaja vode u emulziji bila 5—10%.

Kako su ispitivanja emulzija stvorenih uz razne uvjete provedena pod mikroskopom pokazala da su sve stvorene emulzije visoke kvalitete, za praktičnu primjenu opisane metode bitno je utvrditi da se uz dane nivoe pritisaka u komori za emulgiranje 10-13 bara visokokvalitetne emulzije mogu ostvariti ako je razlika tlaka pare za emulziju i tlaka



Sl. 6. Snimak teškog ulja povećanog 455 puta



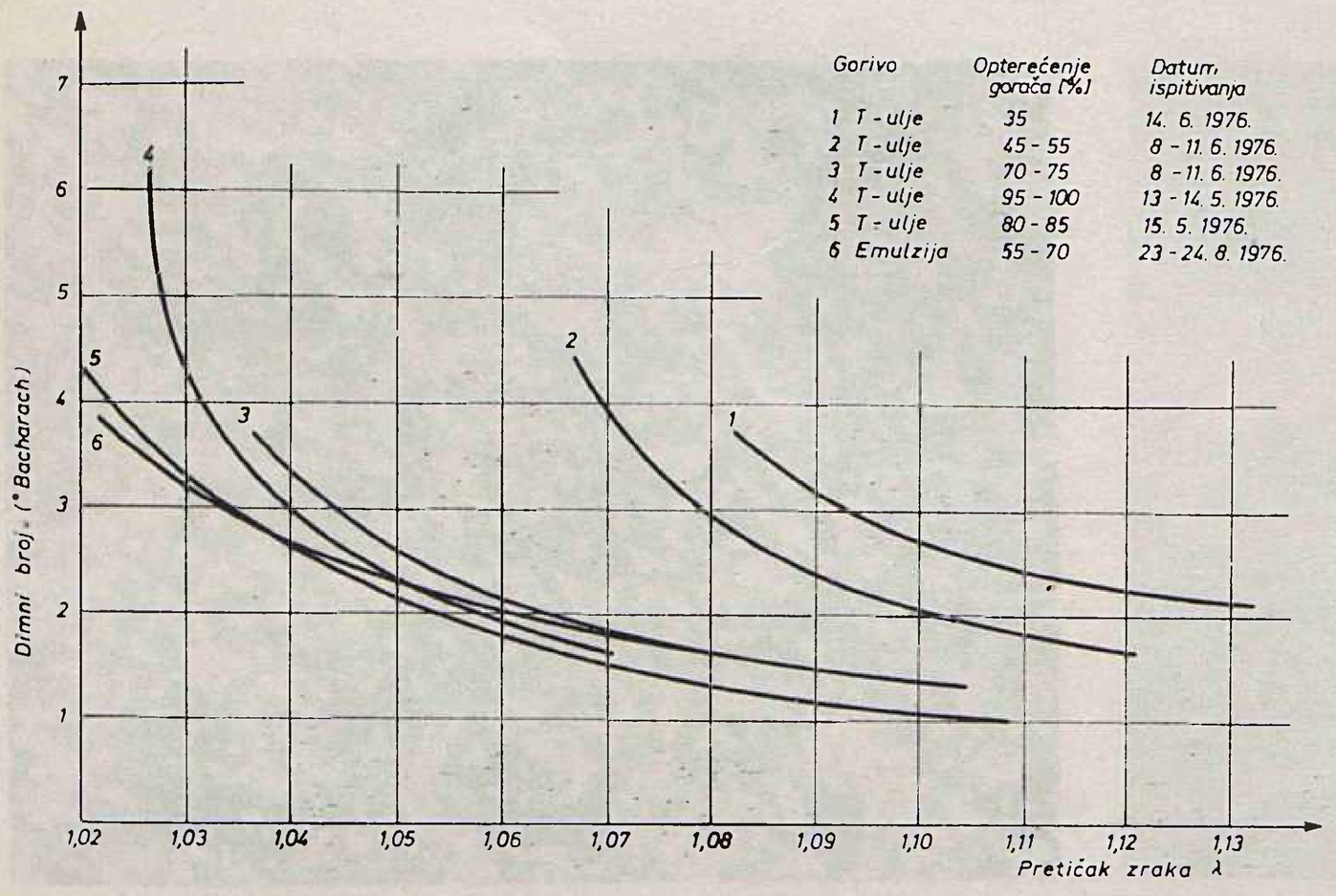
Sl. 7. Snimak emulzije povećane 455 puta

u komori 7-8 bara. Pri tome otvori za paru u emulgacijskoj komori moraju biti ispravno dimenzionirani da propuste određenu količinu pare.

Ispitivanje potpale gorača direktno emulzijom pokazala su da je stabilnost potpale nepromijenjena u odnosu prema startu teškim uljem. Analizirajući postupak potpale kod emulzije, bez daljnjega se može utvrditi da se proces potpale može organizirati i provesti bolje i pouzdanije emulzijom nego T-uljem. Najbolja potvrda za to su uspješni startovi i s temperaturom T-ulja od 40°C (313 K). Jasno je da je T-ulje u procesu potpale na izlazu iz sapnice na temperaturi mnogo višoj, a koja će to biti temperatura ovisi o otvorenosti regulacijskih ventila za gorivo i paru, što se u svakom slučaju kod starta može namjestiti na željenu vrijednost. Za start je dovoljno da je T-ulje zagrijano na temperaturu na kojoj je moguć transport goriva. Kod starta s T-uljem često je upravo postizanje dovoljne temperature goriva, tj. T-ulja, skopčano s utroškom vremena, ili nakon obustave postrojenja gorivo mora ostati u cirkulaciji s temperaturom 100--120 °C (373-393 K) kako bi se prema potrebi moglo momentalno startati.

Stabilnost plamena prilikom prijelaza na rad s emulzijom nije bila narušena. Treba, međutim, naglasiti da su se u određenim pogonskim situacijama javljale jače ili slabije pulzacije plamena, koje su se u pravilu javljale samo kad bi temperature emulzije premašile 120°C (393 K). Pri tome je utvrđeno da su temperature kod kojih su se počele javljati pulzacije bile to niže što je bilo niže opterećenje gorača, tj. što je bio niži pritisak goriva za raspršivanje.

Analizirajući zbivanja u samom raspršivaču, možemo zaključiti o mogućim uzrocima pulzacije u plamenu. Za vrijeme ispitivanja izgaranja emulzije, i to u početnoj fazi, dok nisu bila obavljena eg-



Sl. 8. Ovisnost dimnog broja o pretičku zraka i opterećenju

zaktna mjerenja, na samom raspršivaču neposredno iza emulgacijske komore bio je postavljen i manometar koji je trebao pokazivati stvarni pritisak raspršivanja. Međutim, čak i kad u plamenu nije bilo nikakvih pulzacija, na tom manometru su se mogle primijetiti vrlo jake pulzacije igle, što je svjedočilo o velikim pulzacijama u samoj komori, kao posljedici naglih smanjenja volumena pare. Pri tome, međutim, nisu uočeni nikakvi udarci ili druge pojave koje su se mogle štetno odraziti na postrojenje. S obzirom na to da manometar nakon emulgacijske komore nije mogao ispuniti svoju zadaću, on je skinut, a otvor zatvoren. Unatoč tome, sigurno je da pri prostrujavanju T-ulja kroz otvore na komori, a zatim u toku procesa miješanja, postoji stanovit pad tlaka koji se može ocijeniti u veličini od 1 (bar), a prema ispitivanjima u EL-TO Zagreb kod hladnog rada. Nadalje, emulzija koja struji kroz raspršivač do sapnice također je podvrgnuta određenom padu tlaka, koji je vjerojatno malen, no značajan pad statičkog tlaka sigurno je prisutan u samoj sapnici s obzirom na brzine strujanja koje vladaju u pojedinim mlaznicama.

Očito je, prema tome, da u određenim uvjetima u samoj stanici može doći do pada statičkog tlaka i ispod tlaka zasićenja za određenu temperaturu emulzije, i tu treba tražiti uzrok pulzacijama u plamenu. Pulzacija se, prema tome, može spriječiti ako postoji dovoljna »zaliha« pritiska u odnosu prema određenom pritisku zasićenja za danu temperaturu emulzije. Očito je da je ta zaliha pritiska karakteristična veličina za svaki raspršivač, s obzirom na njegove hidrauličke karakteristike.

Do sada stečena iskustva i rezultati ispitivanja upućuju na to da za upotrebljavani raspršivač ta zaliha tlaka iznosi 8-9 bara. Prije početka ispitivanja predviđalo se da će se ispitati i rad gorača s emulzijom temperatura 160-170 °C (433-443 K), no to nije učinjeno zbog pojave pulzacija. Imajući na umu i potrebne »zalihe« tlaka za temperaturu emulzije 170 °C (443 K), potreban tlak raspršivanja iznosio bi 16—17 bara. Izraditi sapnicu koja bi kod tog tlaka dala željeni protok nije problem, no za stvaranje emulzije na raspolaganju bi morala biti para tlaka 24—25 bara, što na ispitivanom postrojenju nije bio slučaj.

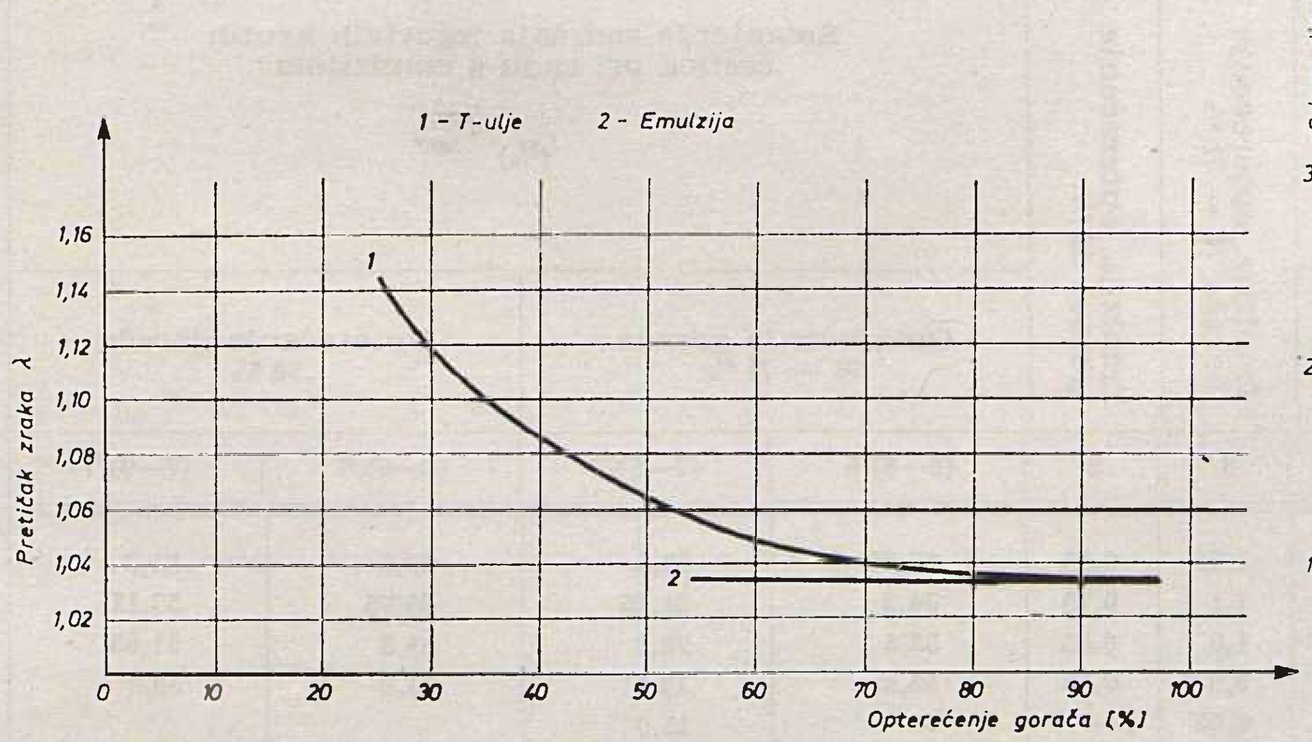
Već kratka analiza rezultata ispitivanja danih u priloženim tablicama pokazuje da je prilikom izgaranja emulzije ostvarena bolja kvaliteta izgaranja nego pri radu s T-uljem (35). Jasniju sliku o ostvarenom poboljšanju pružit će, međutim, analiza pojedinih pokazatelja kvalitete izgaranja. Zato ćemo razmotriti vrijednosti dimnog broja ostvarene u pojedinim režimima rada. Ostvareni rezultati ispitivanja omogućuju izradu dijagrama (sl. 8) ovisnosti o pretičku zraka i opterećenju gorača.

Promotrimo li rezultate ispitivanja samo s T-uljem, krivulje 1-5, tada uočavamo bitnu zakonitost da sa smanjenjem opterećenja pada kvaliteta izgaranja promatrana kroz dimni broj. Izuzetak je, međutim, krivulja 4, koja je ostvarena kod opterećenja gorača od 95 do 100%. Opterećenje gorača od 95 do 100% odgovara, međutim, produkciji kotla od 21,5 do 22,5 t/h kod rada s jednim goračem ili 43—45 t/h kod rada s dva gorača, a to je 5—10% iznad maksimalne trajne produkcije kotla. Očito je da kotao nije projektiran, točnije ložište, za takvo toplinsko opterećenje, pa je i logično, zbog duljine plamena, također utvrđeno vizuelnim promatranjem, da je došlo do stanovitog pogoršanja kvalitete izgaranja. Postepeno smanjivanje kvalitete izgaranja sa smanjenjem opterećenja gorača posljedica je ponajprije slabijeg raspršivanja. Najkvalitetnije izgaranje ostvaruje se pri opterećenju gorača 80-85%, što odgovara opterećenju kotla od 95 do 100%. Ispitivanja s emulzijom pokazuju da je ostvarena znatna redukcija dimnog broja i da se kvaliteta izgaranja kod niskih opterećenja izjednačila s onom ostvarenom u optimalnom režimu rada. Prava slika poboljšanja može se steći usporedbom krivulje 6 s krivuljama 3 i 2. Ostvareno poboljšanje dimnog broja kod opterećenja gorača oko 55% doista je spektakularno, dok se kod opterećenja 70% ne čini takvim.

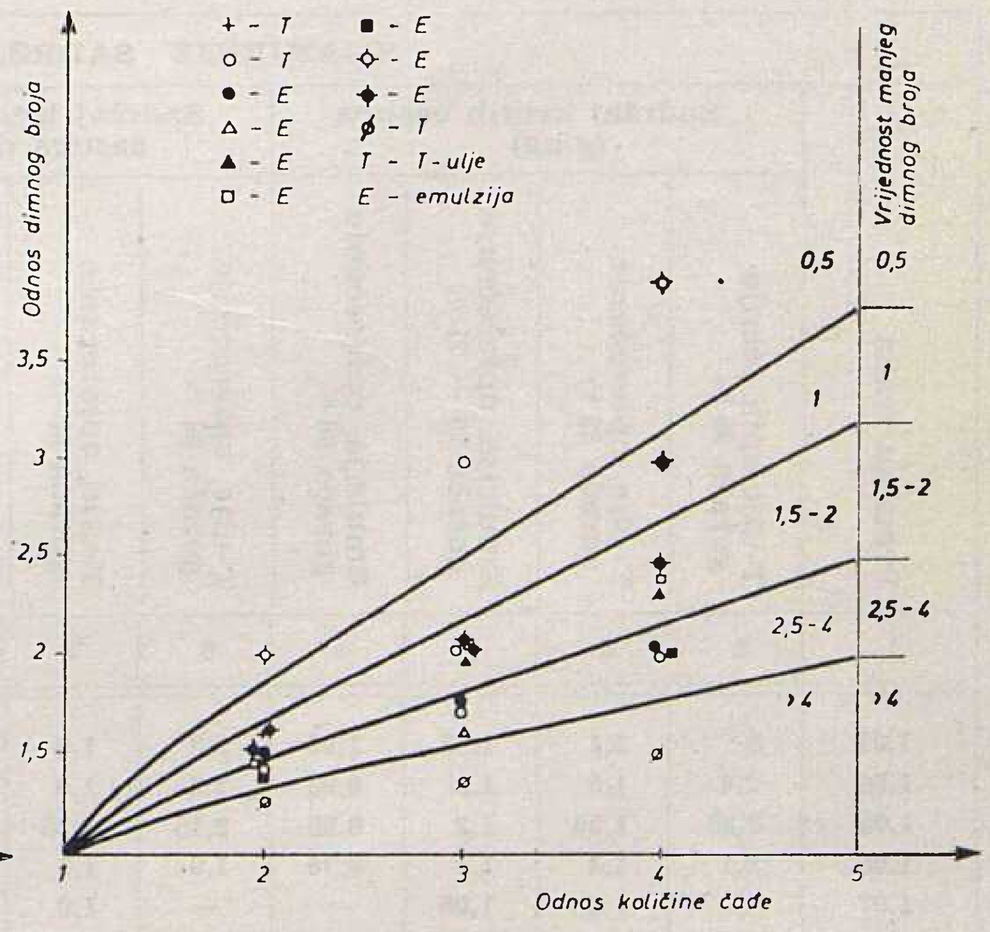
Pri tome je karakteristično da je redukcija dimnog broja to veća što je pretičak zraka manji, što je također veoma značajno. Tako je, npr., pri $\lambda = 1{,}035$ kod rada s emulzijom moguće zadovoljiti danas opće postavljen zahtjev da je dimni broj ≤ 3, dok se kod rada s T-uljem kod opterećenja 70% zahtjevu može udovoljiti kod $\lambda = 1{,}04$, a sa 50% opterećenja tek sa $\lambda = 1{,}07$ (sl. 9). Svakako je potrebno nešto više kazati i o redukciji dimnog broja ostvarenog pri radu s emulzijom. Kod pretička zraka $\lambda = 1{,}035$ redukcija kod opterećenja gorača 70-75% nije velika i iznosi samo jednu jedinicu dimnog broja, tj. sa 4 na 3 (sl. 8). Ovdje se, međutim, nameće jedno pitanje samo od sebe: Kolika je pri tome zapravo redukcija u količini čađe? Odgovor na to pitanje, naročito ako se traži egzaktan odgovor, nije moguće dati. Kao prvo, sama metoda određivanja dimnog broja subjektivna je i osim toga, svodi se na uspoređivanje, a ne apsolutno određivanje količine čađe.

Treba napomenuti da danas nema metode koje bi omogućile apsolutno određivanje količine čađe u produktima izgaranja. Iako se to možda i ne čini tako značajnim, s obzirom na to da danas postoje razvijene metode određivanja krutih čestica u produktima izgaranja, treba napomenuti da su mehanizmi stvaranja čađe i krutih čestica potpuno različiti. Dok krute čestice čine pepeo i neizgorjele izgorive koksne ostatke, nastale u procesima toplinskog raspadanja i isplinjavanja tekuće faze, čađa predstavlja, kao i koks, čisti ugljik, ali nastao u procesu toplinskog raspadanja plinovitih ugljikovodika. Dok je za stvaranje krutih čestica značajna u prvom redu kvaliteta raspršivanja, koja određuje veličinu krutog koksnog ostatka, a zatim i kvaliteta miješanja, toplinsko opterećenje volumena ložišta i intenzitet procesa izgaranja, koji određuju koji će dio tog koksnog ostatka izgorjeti, pri stvaranju čađe u prvom redu je značajna kvaliteta miješanja goriva i zraka. S tog gledišta je, prema tome, veoma interesantno znati količinu čađe i količinu izgorivih krutih čestica, jer će svaki od tih podataka uputiti na eventualne propuste u raspršivanju gorača ili u miješanju goriva i zraka, a možda i u jednom i u drugom.

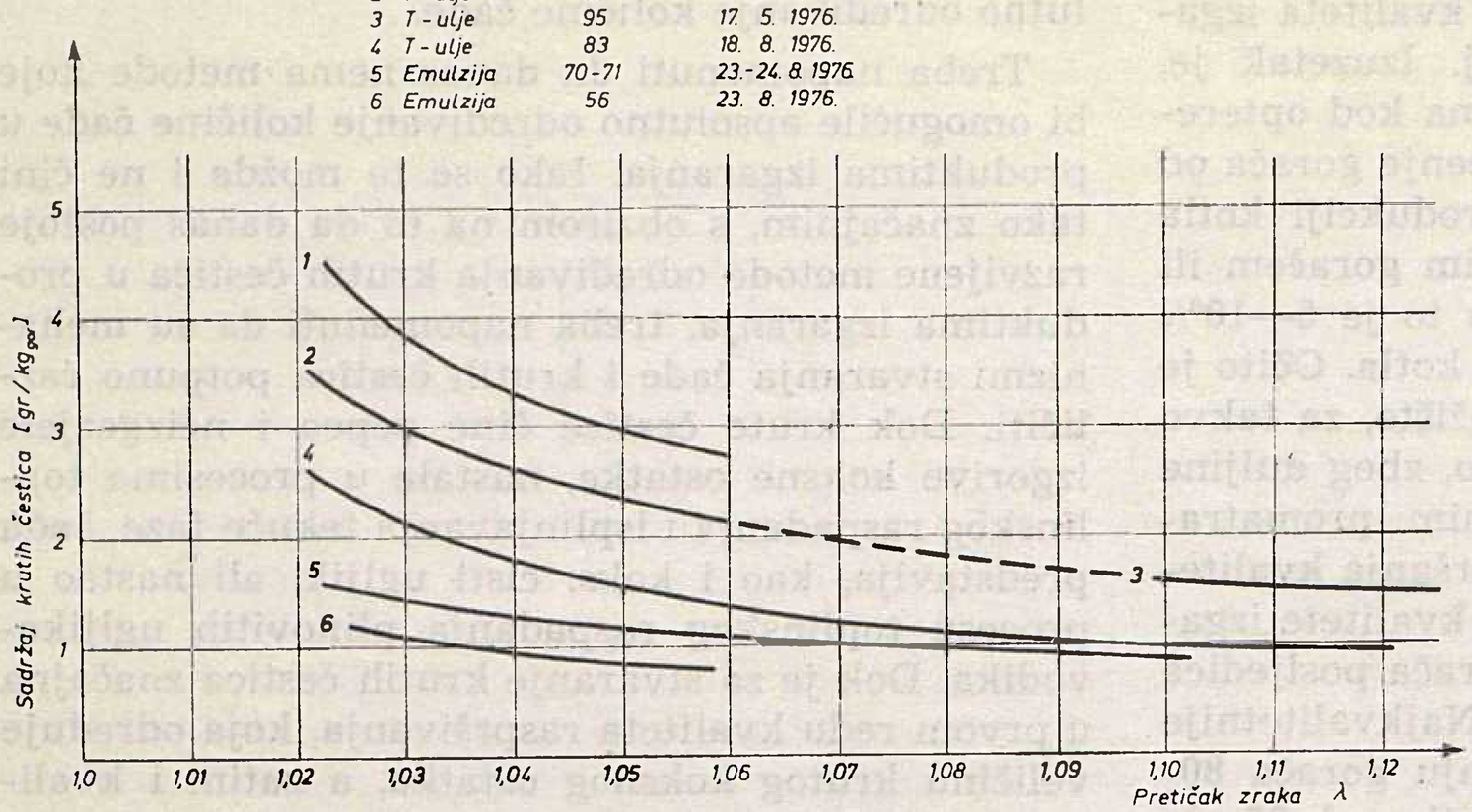
Na žalost, kao što je već rečeno, danas nema mogućnosti mjerenja količine čađe u produktima izgaranja, dok mjerenje sadržaja krutih čestica u sebi sadrži čađu, no težinski gledano ona je praktički zanemariva u ukupnom sadržaju krutih čestica. Bez obzira na to, pokušali su se pronaći bilo kakvi pokazatelji količine čađe. Pretpostavka je pri predviđenim ispitivanjima bila da dvostruki broj usisa pumpom BACHARACH znači da je usisana dvostruka količina produkata izgaranja i, dakako, čađe. Mnogobrojni rezultati, nakon sređivanja, omogućili su izradu dijagrama danog na sl. 10, na



Sl. 9. Ovisnost minimalnog pretička zraka o opterećenju gorača uz dimni broj 3



Sl. 10. Relativna ovisnost količine čađe o dimnom broju



Sl. 11. Ovisnost emisije krutih čestica o pretičku zraka

kojem su na koordinatnim osima dane samo relativne veličine dimnog broja i količine čađe, što je i razumljivo jer je asmo takav način izražavanja i mogao dovesti do rezultata s obzirom na to da je već sama metoda određivanja dimnog broja relativna. Uzmimo, na primjer, da se vrijednost dimnog broja smanjila sa 4 na 2. Odnos dimnih brojeva 2 u danom dijagramu za vrijednost manjeg dimnog broja 2 pokazuje da se količina čađe smanjila 2,7 do 3,5 puta. Promotrimo li u tom svjetlu i spomenutu redukciju dimnog broja sa 4 na 3 pri prijelazu na rad s emulzijom i kod oko 70-75% opterećenje gorača, tada je prema danom dijagramu količina čađe reducirana 1,5 — 1,75 puta, odnosno 33-45%. Redukcija u količini čađe kod $\lambda = 1{,}07$ i kod oko 50-55% opterećenja gorača iznosi, međutim, 2,7 — 3,5 puta, tj. 63-71%.

Kvaliteta izgaranja određena je također sadržajem krutih čestica u produktima izgaranja. Krute čestice sastoje se od pepela tekućeg goriva, koksnih ostataka, kapi goriva i čađe. S obzirom na to da se na sadržaj pepela u gorivu ne može utjecati, a kako je težinski količina čađe zanemariva, praktički je treća komponenta krutih čestica, a to su izgorive krute čestice, dakako one koje nisu izgorjele, ona na koju se u procesu izgaranja može utjecati i direktno mjeriti. Dakako, može se utjecati i na količinu čađe, ali se ne može egzaktno mjeriti, što je već naglašeno.

Rezultati ispitivanja sadržaja krutih čestica u produktima izgaranja pri radu gorača s emulzijom dani su u tabl. 2. i 3. Već kratki pregled tih rezultata pokazuje da se kvaliteta izgaranja poboljšala, tj. sadržaj krutih čestica smanjio se pri radu s emulzijom. Zorno se smanjenje sadržaja krutih čestica može pratiti u dijagramu na sl. 11. Najkvalitetnije izgaranje T-ulja prikazano je krivuljom 4, a ona je ucrtana na osnovi rezultata ispitivanja 18. 8. 1976, kada je i utvrđena najmanja vrijednost dimnog broja (krivulja 6 na sl. 11). I ovdje je utvrđeno pogoršanje kvalitete izgaranja s porastom opterećenja gorača od 95—100%. Pri radu s emulzijom zabilježen je najmanji sadržaj krutih čestica (krivulje 5 i 6).

Prava slika o poboljšanju kvalitete izgaranja, odnosno smanjenja sadržaja krutih čestica, može se steći ako se razmatraju samo izgorive krute čestice, kao što je to na osnovi utvrđenih krivulja na sl. 11. prikazano u tabl. 5. Redukcije u sadržaju izgorivih krutih čestica nesumnjivo su veoma značajne, a posebno ako se promatra u odnosu prema punom opterećenju gorača.

Prilikom uspoređivanja sadržaja krutih čestica kod rada sa 83% opterećenja samo s T-uljem i ra-

Tablica 5.

SMANJENJE SADRŽAJA IZGORIVIH KRUTIH ČESTICA

Pretičak zraka	Sadržaj krutih čestica (g/kg): T-ulje, opterećenje gorača 95 %	T-ulje, opterećenje gorača 83 %	Emulzija, opterećenje gorača 70 — 71 %	Emulzija, opterećenje gorača 56 %	Sadržaj izgorivih krutih čestica (g/kg)*: T-ulje, opterećenje gorača 95 %	T-ulje, opterećenje gorača 83 %	Emulzija, opterećenje gorača 70 — 71 %	Emulzija, opterećenje gorača 56 %	Smanjenje sadržaja izgorivih krutih čestica pri radu s emulzijom (%): Opterećenje gorača 70 — 71 %: (6—8)/6	(7—8)/7	Opterećenje gorača 56 %: (6—9)/6	(7—9)/7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	(6—8)/6	(7—8)/7	(6—9)/6	(7—9)/7
1,03	3	2,1	1,45	1,05	2,8	1,9	1,25	0,85	55,35	34,2	69,6	55,3
1,04	2,6	1,8	1,3	0,95	2,4	1,6	1,1	0,75	54,2	31,25	68,75	53,12
1,05	2,35	1,55	1,2	0,85	2,15	1,35	1,0	0,65	53,5	25,9	69,8	51,85
1,06	2,1	1,3	1,1	0,75	1,9	1,1	0,9	0,55	52,6	18,2	71,0	50,0
1,07	—	1,2	1,05	—	—	1,0	0,85	—	—	15,0		

* Pri određivanju izgorivih krutih čestica na osnovi analiza goriva računalo se sa sadržajem pepela u gorivu 0,2 g/kg

da s emulzijom treba napomenuti da su u pogledu dimnog broja ostvarene praktički iste kvalitete izgaranja, dok je sadržaj krutih čestica pri radu s emulzijom bio mnogo niži. Iako sadržaj krutih čestica nije mjeren kod opterećenja gorača 70-75% samo s T-uljem, očito je da je redukcija krutih čestica pri tome bila još veća s obzirom na to da kvaliteta izgaranja pada, a što se može zaključiti na onsovi rezultata mjerenja dimnog broja (sl. 10). Da ista tendencija postoji kod sadržaja krutih čestica, utvrđeno je ispitivanjem kvalitete izgaranja na kotlu 1 u TE-TO Zagreb (20).

Prilikom ovih razmatranja svakako treba imati na umu, što spominje nekoliko autora, čišćenje kotlovskih površina pri prijelazu na rad s emulzijom. Ako doista s tim treba računati, tada je ostvareno smanjenje sadržaja krutih čestica stvorenih u procesu izgaranja još veće, s obzirom na to da su ispitivanja izgaranja emulzije izvršena na kotlu koji je neposredno prije toga bio ložen T-uljem, te pri prijelazu s rada s T-uljem na rad s emulzijom kotao nije bio dovoljno dugo u pogonu prije početka ispitivanja da bi se očistio.

Svakako treba imati na umu da su ostvareni rezultati postignuti s temperaturama emulzije od 135°C (408 K) i sa 8,5 do 9,5% vode u gorivu. Osim toga, svi rezultati ostvareni su s hladnim zrakom temperature 20-30°C (293-303 K).

Ispitivanja kvalitete izgaranja u EL—TO Zagreb

Bez obzira na to što su ispitivanja kvalitete izgaranja T-ulja i emulzija T-ulja i vode provedena u TE-TO Zagreb nedvojbeno pokazala pozitivan utjecaj na kvalitetu izgaranja, tokom 1977. god. provedena su i ispitivanja kvalitete izgaranja na EL-TO Zagreb, i to na kotlu br. 1, s obzirom na to da je već 1975. izrađen i montiran uređaj za stvaranje emulzija na kojem su se provela ispitivanja funkcionalnosti izgaranja emulzija.

Jedan od jakih argumenata da se pristupi ispitivanju kvalitete izgaranja na postrojenju kotla br. 1 u EL-TO Zagreb bilo je svakako i postojanje potrebnih uređaja za stvaranje emulzije, no isto tako važnu ulogu imale su i tehničke karakteristike postrojenja, posebno što se tiče uređaja izgaranja. Naime, u mnogim karakterističnim pokazateljima kvalitete izgaranja spomenuto postrojenje predstavlja suštu suprotnost ispitivanom postrojenju u TE-TO Zagreb. Dakako samo ta suprotnost ne bi bila dovoljan argument kad u našim mnogobrojnim industrijskim pogonima ne bi postojale mnoge kotlovske jedinice koje rade s jednako loše organiziranim procesom izgaranja.

Svakako je bitno upozoriti na te pokazatelje izgaranja, iako poneki od njih proizlaze ili su dani u opisu i tehničkim karakteristikama postrojenja i uređaja za izgaranje. Karakteristični su ovi osnovni pokazatelji:

— kod maksimalnog trajnog učinka 50 t/h pare iskazuje se visoko toplinsko opterećenje ložišnog volumena, tako da moment naglog hlađenja, ne samo produkata izgaranja nego i plamena kod udaranja plamena u cijevi, a što znači da se proces izgaranja nije završio, uz kvalitetu uređaja za izgaranje ima odlučujući utjecaj na kvalitetu izgaranja.

— kvaliteta izgaranja, koja se može ostvariti, bez obzira na opterećenje kotla vrlo je niska i neusporedivo je lošija od kvalitete izgaranja ostvarene u TE-TO Zagreb, tako da je posebno s tog stajališta interesantna mogućnost koju pruža emulzija;

— raspršivanje goriva vrši se tlačnom centrifugalnom sapnicom kod, s današnjeg gledišta tehnike izgaranja za tlačno raspršivanje, niskih pritisaka reda veličina 20 bara. Taj tlak, međutim, morao bi omogućiti rad s visokotemperaturnim emulzijama 160-170°C (433-443 K), što na postrojenju u TE-TO Zagreb nije bilo moguće;

— kod postrojenja nema mogućnosti dobrog podešavanja rasporeda zraka na pojedine gorače i regulacija odnosa goriva i zraka vrši se grupno, sa svim naglašenim manama takva načina, posebno ako se ima na umu način dovođenja zraka u gorače.

Polazeći, dakle, od postrojenja s njegovim karakteristikama i od cilja i namjene metode, može se ukratko kao svrha ispitivanja navesti ovo:

— imajući na umu postignute rezultate istraživanja, kako u pogledu funkcionalnosti tako i u pogledu kvalitete izgaranja ostvarene u radu s niskim pretičcima zraka, potrebno je utvrditi primjenljivost nove metode na području kotlovskih postrojenja koja rade s lošom kvalitetom izgaranja, kakva se vrlo često susreće u nizu energana u industrijskim postrojenjima,

— posebno treba ispitati utjecaj visokotemperaturnih emulzija na kvalitetu izgaranja kod takvih postrojenja, kao i eventualne specifičnosti takva rada.

Kvaliteta izgaranja ispitivala se na EL-TO Zagreb od 15. do 25. 3. 1977. god. Treba odmah napomenuti da su ta ispitivanja obavljena u mnogo kraćem roku nego u TE-TO Zagreb, te da su provedena uz mnogo manje izgubljenog vremena na svladavanje nepredvidivih poteškoća, u prvom redu zahvaljujući iskustvu stečenom u radu s emulzijom u TE-TO Zagreb. Svi rezultati ispitivanja, točnije srednje vrijednosti dobivenih rezultata, dani su u tabl. 6. i 7.

Za usporedbu kvalitete izgaranja odabrana su dva osnovna učinka, i to opterećenje kotla oko 100% od nominalnog opterećenja i oko 50%. Kod oba ova opterećenja obavljena su ispitivanja s čistim T-uljem, zatim s emulzijom nazivne temperature 120°C (393 K) i s emulzijom nazivne temperature 170°C (443 K). Treba napomenuti da se tokom ispitivanja izbjegavalo provoditi ispitivanja s niskim pretičcima zraka, koji bi uzrokovali pojavu

Tablica 6.

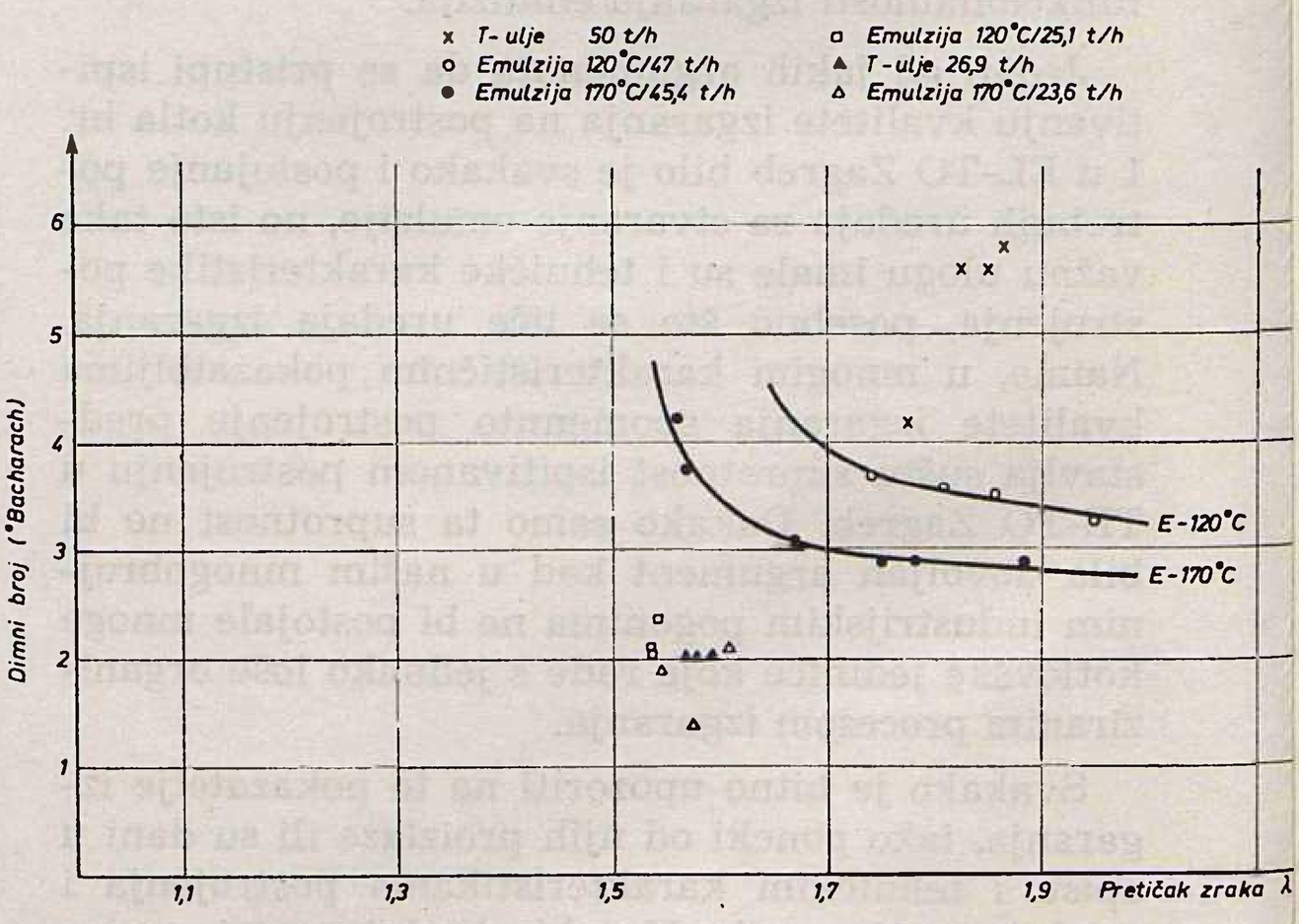
REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA

Broj mjernog mjesta	Emulgacijska komora: E-12-40-240-20	Nazivno opterećenje	100 %				
		Vrsta goriva	T-ulje		Emulzija		
		Temperatura goriva	—	—	120°	170°	—
	Opći podaci						
	datum ispitivanja		14. 3. 1977.	24. 3. 1977.	18. 3. 1977.	16. 3. 1977.	16. 3. 1977.
	broj isptivanja		1	8	5	2	3
	početak ispitivanja	h min	10,00	7,35	9,05	10,30	12,55
	trajanje ispitivanja	min	60	100	100	100	100
	gorači u pogonu	N°	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10
	Okolica						
1	barometarsko stanje	mmSŽ	761,0	754,0	750,0	761,0	761,0
2	temperatura okolišnog zraka	°C					
	Pregrijana para						
3	količina pregrijane pare	t/h	50,0	47,3	47,0	45,4	45,7
4	temperatura pregrijane pare	°C	341,3	343,0	333,8	345,1	347,3
5	tlak pregrijane pare	bar	17,0	16,4	16,1	16,1	16,2
	Pojna voda						
6	temperatura pojne vode	°C	100,0	98,5	98,8	98,0	98,0
	Gorivo						
7	temperatura teškog ulja za loženje	°C	101,3	103,0	64,5	60,9	60,5
8	tlak teškog ulja za loženje	bar	21,2	21,1	21,5	22,6	22,55
9	temperatura emulzije	°C	—	—	120,5	166,7	169,0
10	tlak emulzije	bar	—	—	20,4	21,6	21,65
	Para za emulziju						
11	temperatura pare za emulziju	°C	—	—	231,4	237,0	235,3
12	tlak pare za emulziju	bar	—	—	21,8	25,3	25,6
	Produkti izgaranja						
13	temperatura produkata izgaranja na izlazu iz kotla	°C	256,2	263,4	234,5	251,3	—
14	tlak produkata izgaranja na izlazu iz kotla	mmSV	—32,9	—33,1	—32,0	—31,1	—31,1
15	sadržaj CO_2 u produktima izgaranja na izlazu iz kotla	%	8,80	8,41	8,30	8,62	9,75
16	dimni broj	°Bach	3,9	5,7	3,5	2,9	3,7
17	emisija krutih čestica po kg goriva	gr°kg	6,35	6,43	5,13	2,43	—
	Proračunski CO_2	%	15,91	15,98	15,97	16,02	16,02
	Proračunski O_2 preko CO_2	%	9,38	9,95	10,09	9,70	8,16
	Proračunski pretičak zraka		1,759	1,846	1,868	1,807	1,6

dimnog broja iznad 5, s obzirom na to da je EL-TO smještena u gusto naseljenom području, a ispitivanje jednog režima pri ispitivanju sadržaja krutih čestica zahtijevalo je rad u režimu od najmanje 100 min.

Treba napomenuti da su ispitivanja provedena u ožujku, u vrijeme kad se iskazala svakodnevna potreba za puštanjem kotla u rad. Pri tome se kotao najčešće potpaljivao rano ujutro, oko 4 sata, no kako osoblje nije bilo izvježbano za rad s emulzijom, a nepažljivo rukovanje ručnim regulacijskim ventilom za paru moglo je dovesti do ispadanja kotla, iz sigurnosnih razloga kotao se ložio približno do 7 ili 8 sati ujutro T-uljem, a zatim emulzijom, s obzirom na to da je u tim trenucima opterećenje i parne i ogrjevne mreže bitno niže, pa je i rizik bio mnogo manji. Iz tih razloga se u vrijeme ispitivanja gorač nije potpaljivao emulzijom, ali to nije bilo ni potrebno s obzirom na to da se pouzdanost potpale utvrdila pri ispitivanju u TE-TO Zagreb i na kotlu 1 prilikom funkcionalnih ispitivanja provedenih tokom 1975. god.

Stabilnost plamena ni prilikom tih ispitivanja nije bila promijenjena u odnosu prema radu s T-uljem. Nisu zamijećene nikakve pulzacije, za razliku od ispitivanja u TE-TO Zagreb, no treba reći da je »zaliha« u tlaku bila mnogo veća od već prije utvrđenih 8-9 bara. Za temperaturu emulzije oko 170°C (443 K) i tlak raspršivanja 21 bar rezerve u tlaku iznose čitavih 13 bara, tako da su ta ispitivanja samo potvrda već postavljene tvrdnje o nužnosti



Sl. 12. Ovisnost dimnog broja o pretičku zraka i režimu rada

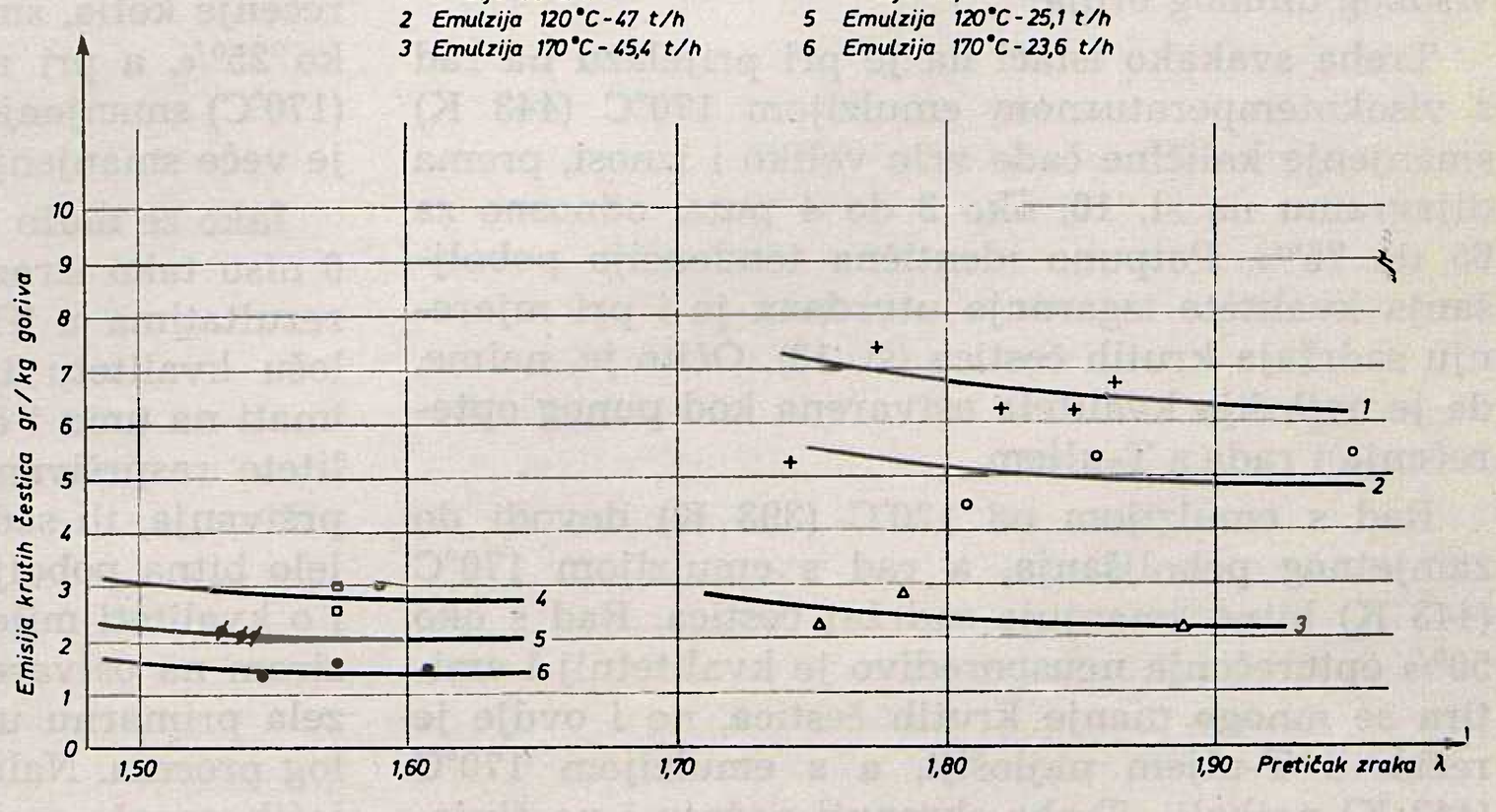
Tablica 7.

REZULTATI MJERENJA I PRORAČUNA

Broj mjernog mjesta	Emulgacijska komora: E-12-40-240-20	Nazivno opterećenje	50 %		
		Vrsta goriva	Teško loživo ulje	Emulzija	
		Temperatura goriva	—	120 °C	170 °C
	Opći podaci				
	datum ispitivanja		17. 3. 1977.	18. 3. 1977.	18. 3. 1977.
	broj ispitivanja		4	7	6
	početak ispitivanja	h min	11.45	14.35	12,00
	kraj ispitivanja	h min	13.25	16.15	13,40
	trajanje ispitivanja	min	100	100	100
	gorači u pogonu	N°	5, 6, 7, 8	5, 6, 7, 8	5, 6, 7, 8
	Okolica				
1	barometarsko stanje	mmSŽ	761,0	750,0	750,0
2	temperatura okolišnog zraka	°C	16,9	20,1	19,6
	Pregrijana para				
3	količina pregrijane pare	t/h	26,9	25,1	23,6
4	temperatura pregrijane pare	°C	322,2	340,0	320,2
5	tlak pregrijane pare	bar	16,0	16,0	16,0
	Pojna voda				
6	temperatura pojne vode	°C	100,0	100,0	98,1
	Gorivo				
7	temperatura teškog ulja za loženje	°C	110,2	64,8	65,4
8	tlak teškog ulja za loženje	bar	21,1	22,8	23,2
9	temperatura emulzije	°C	—	126,0	164,5
10	tlak emulzije	bar	—	22,0	22,2
	Para za emulziju				
11	temperatura pare za emulziju	°C	—	218,1	235,1
12	tlak pare za emulziju	bar	—	23,0	23,6
	Dimni plinovi				
13	temperatura dimnih plinova na izlazu iz kotla	°C	179,7	181,1	174,4
14	tlak dimnih plinova na izlazu iz kotla	mmSV	—22,5	—21,8	—21,9
15	sadržaj CO_2 u dimnim plinovima na izlazu iz kotla	%	9,87	10,16	9,90
16	dimni broj	°Bach	2,0	2,2	1,8
	Krute čestice				
17	emisija krutih čestica po kg goriva	gr/kg	2,85	2,15	1,46
	Proračunski CO_2 max	%	15,95	15,97	15,97
	Proračunski O_2 preko CO_2	%	8,01	7,64	7,98
	Proračunski pretičak zraka		1,579	1,537	1,576

»zalihe« pritiska iznad pritiska zasićenja za određenu temperaturu emulzije.

Rezultati ispitivanja i proračunavanja dani u tablicama nedvojbeno dokazuju da je pri radu s emulzijom poboljšana kvaliteta izgaranja, naročito pri radu s visokotemperaturnom emulzijom 160—170 °C (433—443 K). Još jasniji uvid u ostvareno poboljšanje pružit će dijagrami na sl. 12. i 13. dobiveni na osnovi svih podataka mjerenja, dok su u tablicama dane srednje vrijednosti za pojedine režime. Ovisnost dimnog broja o pretičku zraka (sl. 12) jednoznačno se mogla odrediti samo za dva ispitivana režima, i to kod punog opterećenja pri radu s emulzijom raznih temperatura, 120 i 170 °C (393 i 443 K). Pri radu kotla s punim opterećenjem s T-uljem i kod vrlo visokog pretička od 1,7 do 1,9 dobivene su visoke vrijednosti dimnog broja 4—6. Svako dalje povećanje pretička zraka nije uzrokovalo snižavanje dimnog broja zbog još većeg pothlađivanja plamena. Vrlo je vjerojatno da se s pretičcima zraka $\lambda = 1{,}7 - 1{,}9$ došlo upravo do prijelaznog područja u kojem ovisnost dimnog broja o



Sl. 13. Ovisnost sadržaja krutih čestica o pretičku zraka i režimu rada

pretičku zraka mijenja karakter, pa su i zbog toga zabilježena stanovita rasipanja rezultata.

Karakter ovisnosti dimnog broja o pretičku zraka za manje vrijednosti nije se istraživao jer je već i ovaj režim izazvao jako čađenje i vidljiv dim, pa s obzirom na gustu naseljenost područja takva ispitivanja nisu bila poželjna. Uopće, kod svih ispitivanja na spomenutoj lokaciji izbjegavao se svaki režim koji bi uzrokovao znatniji porast dimnog broja iznad 3, kolika je inače maksimalna dopuštena vrijednost na području grada Zagreba.

Ispitivanja dimnog broja za vrijeme ispitivanja režima sa 50% opterećenja, bez obzira na vrstu goriva, dala su grupirane rezultate koji omogućavaju da se zaključi da u tom režimu nije došlo do poboljšanja dimnog broja. Treba, međutim naglasiti da je inače režim rada sa 50% opterećenja davao kod $\lambda = 1{,}5—1{,}6$ vrijednost dimnog broja oko 2, i uopće uzevši taj režim je bio neusporedivo bolje kvalitete. Osnovni razlog tome jest činjenica da je ložište kod punog opterećenja vrlo jako toplinski opterećeno, ispunjeno je plamenom, pa plamen udara u ekrane ložišta, te se naglo hlade ne samo produkti izgaranja nego i plamen, sa svim negativnim posljedicama. Kod 50% opterećenja te su pojave neusporedivo manje izražene, a posljedica je toga mnogo bolje izgaranje. Pri tome treba imati na umu da se izgaranje reguliralo iskapčanjem pojedinih gorača, pa je osnovna kvaliteta raspršivanja kod punog i polovičnog opterećenja bila jednaka, no kod 50% opterećenja radila su samo četiri središnja gorača, tako da je moguće zašpricavanje stijenki ložišta i udaranje plamena nastupilo na mnogo manjoj površini ili do njega uopće nije dolazilo.

Kod punog opterećenja prijelaz na rad s emulzijom značio je znatno poboljšanje kvalitete raspršivanja, što je u ovom slučaju pridonijelo mnogo boljem miješanju goriva i zraka, jer je bila bolje prilagođena struja zraka i struja raspršenog goriva, a osim toga ekstremno velike kapi, kakve su se sigurno pojavljivale u radu s T-uljem i tlačnim raspršivanjem kod svega 20 bara, bez obzira na način dovođenja zraka, nisu omogućivale lako miješanje goriva i zraka, tako da je i to bilo osnovni uzrok visokog dimnog broja.

Treba svakako istaći da je pri prijelazu na rad s visokotemperaturnom emulzijom 170°C (443 K) smanjenje količine čađe vrlo veliko i iznosi, prema dijagramu na sl. 10, oko 3 do 4 puta, odnosno za 65 do 75%. Potpuno identična tendencija poboljšanja kvalitete izgaranja utvrđena je i pri mjerenju sadržaja krutih čestica (sl. 13). Očito je, naime, da je najlošija kvaliteta ostvarena kod punog opterećenja i rada s T-uljem.

Rad s emulzijom od 120°C (393 K) dovodi do zamjetnog poboljšanja, a rad s emulzijom 170°C (443 K) bitno smanjuje sadržaj čestica. Rad s oko 50% opterećenja neusporedivo je kvalitetnij i emitira se mnogo manje krutih čestica, no i ovdje je režim s T-uljem najlošiji, a s emulzijom 170°C (443 K) najbolji. Treba skrenuti pažnju i na činjenicu da je u radu s emulzijom uvijek bila nešto niža produkcija pare, iako je pri tome tlak raspršivanja bio veći. To je posljedica toga što je u radu s emulzijom potrebno kroz raspršivač raspršiti više goriva, i to za sadržaj vode u emulziji.

Kako se ne bi narušila primarna kvaliteta raspršivanja, izbjegavao se režim s emulzijom dovesti do iste produkcije pare, jer bi to značilo porast pritiska raspršivanja na oko 25-26 bara. Zbog toga je odabran neki srednji režim, tj. u radu s emulzijom nešto veći tlak raspršivanja i nešto manja produkcija pare. U odnosu prema rezultatima ispitivanja kvalitete izgaranja u TE-TO Zagreb uočena je bitna kvalitativna razlika. Na postrojenjima u TE-TO Zagreb kvaliteta izgaranja sa smanjivanjem opterećenja najprije raste, a kasnije pada, dok u EL-TO Zagreb stalno raste. Takav odnos posljedica je koncepcijskih razlika u postrojenjima i u načinu regulacije opterećenja.

Kotao u EL-TO Zagreb ima vrlo veliko toplinsko opterećenje ložišta, pa smanjenje opterećenja samo omogućava da se proces izgaranja sve više pomiče u stranu potpunog završetka, a osim toga istodobno ne dolazi i do smanjenja kvalitete raspršivanja zbog regulacije opterećenja ukapčanjem i iskapčanjem gorača. Vrlo loša kvaliteta izgaranja, koja se općenito uzevši ostvaruje na postrojenju, izuzetno je loša kod punog opterećenja i pri tome je potreban tako visoki pretičak zraka da je dodatni zrak za hlađenje iskopčanih gorača kod 50% opterećenja još uvijek manji nego li porast potrebne količine zraka kod punog opterećenja. Na postrojenjima u TE-TO Zagreb utjecaj opterećenja ložišta na kvalitetu izgaranja dominantan je samo kod punog opterećenja, dok kod nižih opterećenja dominantnu ulogu ima kvaliteta raspršivanja goriva, koja pada sa snižavanjem opterećenja zbog nižeg tlaka raspršivanja. Sve ovo, dakako, vrijedi samo za rad s T-uljem.

Kao i prije, i ovdje pravi uvid u poboljšanje kvalitete izgaranja daje smanjenje izgorivih krutih čestica u produktima izgaranja, kao što je dano u tabl. 6. Na osnovi danih rezultata može se sasvim općenito zaključiti da je pri radu s emulzijom s oko 5% vode u gorivu (120°C), bez obzira na opterećenje kotla, smanjenje izgorivih krutih čestica oko 25%, a pri radu s emulzijom sa 10-11% vode (170°C) smanjenje je mnogo veće, 50-65%, pri čemu je veće smanjenje uočeno kod većeg opterećenja.

Iako se može činiti da rezultati prikazani u tabl. 6 nisu tako izrazito spektakularni u odnosu prema rezultatima u TE-TO Zagreb i s obzirom na vrlo lošu kvalitetu izgaranja u EL-TO Zagreb, treba imati na umu i činjenicu da dalje poboljšanje kvalitete raspršivanja, recimo povećanjem tlaka raspršivanja, ili sadržaja vode u emulziji, ne bi donijelo bitna poboljšanja jer kvaliteta izgaranja ovisi i o kvaliteti miješanja zraka i goriva, koja je s obzirom na ostvareno poboljšanje raspršivanja preuzela primarnu ulogu u određivanju kvalitete cijelog procesa. Naime, već jednostavna analiza postojećih gorača može pokazati da je dovođenje zraka

Tablica 6.

SMANJENJE SADRŽAJA IZGORIVIH KRUTIH ČESTICA

Pretičak zraka	Sadržaj krutih čestica (g/kg)						Sadržaj izgorivih krutih čestica* (g/kg)						Smanjenje sadržaja izgorivih krutih čestica (%)	
	T-ulje, opterećenje 100 %	T-ulje, opterećenje 54 %	Emulzija 120 °C, opterećenje 50 %	Emulzija 120 °C, opterećenje 50 %	Emulzija 170 °C, opterećenje 91 %	Emulzija 170 °C, opterećenje 47 %	T-ulje, opterećenje 100 %	T-ulje, opterećenje 54 %	Emulzija 120 °C, opterećenje 95 %	Emulzija 120 °C, opterećenje 50 %	Emulzija 170 °C, opterećenje 91 %	Emulzija 170 °C, opterećenje 47 %	Emulzija 120 °C	Emulzija 170 °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	$\frac{9-11}{9}$ / $\frac{8-10}{8}$	$\frac{9-13}{9}$ / $\frac{8-12}{8}$
1,5	—	3,05	—	2,25	—	1,6	—	2,85	—	2,05	—	1,4	28	50,9
1,55	—	2,85	—	2,1	—	1,45	—	2,65	—	1,9	—	1,25	28,3	52,8
1,6	—	2,75	—	2,0	—	1,4	—	2,55	—	1,8	—	1,2	29,4	52,9
1,65	—	2,7	—	2,0	—	1,4	—	2,5	—	1,8	—	1,2	28,0	52,0
1,75	7,2	—	5,5	—	2,60	—	7,0	—	5,3	—	2,4	—	24,3	65,7
1,80	6,8	—	5,2	—	2,4	—	6,6	—	5,0	—	2,2	—	24,2	66,7
1,85	6,5	—	5,0	—	2,3	—	6,3	—	4,8	—	2,1	—	23,8	66,7
1,90	6,35	—	4,9	—	2,2	—	6,15	—	4,7	—	2,0	—	23,6	67,4
1,95	6,2	—	4,8	—	2,1	—	6,0	—	4,6	—	1,9	—	23,3	68,3

* Računalo se s prosječnim sadržajem pepela u gorivu 0,2 g/kg.

u gorač i vođenje zraka kroz gorač izrazito loše, tako da je konačan rezultat toga premalo zraka u jezgri plamena i mnogo zraka po obodu ušća, jer je držač plamena zbog svojih dimenzija prevelika aerodinamička prepreka, a osim toga je i sav zrak vrtložen radijalnim lopaticama, pa je zbog centrifugalnog efekta zrak bacan na periferiju.

ZAKLJUČAK

Bez obzira na postignute rezultate, koji su nesumnjivo pozitivni, prava vrijednost nove metode može se ocijeniti tek nakon svestrane usporedbe s poznatim postupcima. Pri tome je potrebna usporedba u pogledu potrebe dodatne opreme, kvalitete stvorenih emulzija i, kao najbitnije, kvalitete izgaranja.

Za sve metode karakteristično je da zahtijevaju nove uređaje u postrojenju za pripremu goriva. Kad je riječ o emulzijama T-ulja, tada praktički sve metode, uz sam uređaj u kojem se stvara emulzija, zahtijevaju uređaj za dopremu i doziranje vode te dodatne zagrijače vode u kojima se voda zagrijava do oko 80°C (353 K) kako bi se prilikom miješanja s T-uljem temperature 140-145°C (413--418 K) stvorila emulzija temperature nešto niže od 100°C (373 K). Ovisno o metodi, na kakvu se principu bazira njezin rad, i o tehničkoj usavršenosti rješenja, kompletni uređaji su više ili manje komplicirani. Iako sam uređaj u kojem se stvara emulzija može biti vrlo jednostavan, kao npr. statički mješač, potrebna je dodatna oprema.

Svakako i nova metoda zahtijeva dodatne uređaje i opremu, no to se svodi na sam uređaj za miješanje, koji je vrlo jednostavan, a i način regulacije količine pare zahtijeva vrlo male opreme. Osnovna je, međutim, prednost nove metode što, za razliku od ostalih, reducira dio opreme na liniji pripreme goriva. Tu se prije svega opet ima na umu T-ulje, za koje je nepotreban inače neizbježan površinski dogrijač sa svom opremom, armaturom i regulacijskim uređajima na liniji pare za grijanje. Na taj način postrojenja za pripremu goriva bitno se pojednostavnjuju u odnosu prema sistemima koji su se dosad iskorištavali. Prema literaturi (2), pneumatskom metodom CNIRF-a ostvaruje se emulzija s relativno velikim kapima vode dimenzija 30-160 μm. Koloidnim mlinovima stvara se emulzija s mnogo manjim kapima. Dinamički homogenizator (24), također vrsta koloidnog mlina, omogućuje stvaranje emulzija s dimenzijama kapi dispergirane faze 1-2 μm, dok statički mješač stvara nešto veće kapi dispergirane faze, i to promjera 2-4 μm. Za ostale metode (ELF, COTTELL, TOTAL) u literaturi nema podataka o dimenzijama kapi dispergirane faze.

Istraživanja emulzija stvorenih novom metodom pokazala su da su dimenzije kapi dispergirane faze reda 5 μm, maksimalno do 10 μm. Na taj način nova metoda praktički omogućuje stvaranje emulzija s dimenzijama kapi koje su usporedive s homogenizatorima i statičkim mješačima, a bitno manje od dimenzija kapi ostvarenih praktički još jedinom pneumatskom metodom, i to metodom CNIRF-a.

Komparativna analiza kvalitete izgaranja ili, još točnije, poboljšanja kvalitete izgaranja nove i postojećih metoda može dati najeminentniju ocjenu nove metode. Uzmemo li u obzir vrstu ulja kao podlogu za stvaranje emulzije, zatim način i objekt na kojem su se vršila ispitivanja, tada je očito da je rezultate ostvarene u TE-TO potrebno komparirati s rezultatima ostvarenima kod EDF-a (11). Kako je u rezultatima ispitivanja EDF-a dana samo redukcija sadržaja krutih čestica, a imajući na umu sve utjecajne faktore kao sadržaj vode u emulziji, opterećenju ložišta, kvalitetu izgaranjaT-ulja, može se zaključiti da je u radu s novom metodom ostvarena redukcija krutih čestica istog reda veličina.

Uspoređujući, nadalje, rezultate ispitivanja dane u (22) s rezultatima ostvarenima u EL-TO, neminovan je zaključak da su i ovdje ostvarene redukcije krutih čestica na nivou poznatih postupaka.

Imajući na umu specifičnosti koje se javljaju kod termoenergetskih postrojenja, kao i zaključke u pogledu kvalitete izgaranja ostvarene novom metodom, sa sigurnošću se može kazati da nova metoda prilikom primjene u termoenergetskim postrojenjima iskazuje određene prednosti koje je čine vrlo perspektivnom, posebno pri korištenju najtežih frakcija tekućih goriva koje u procesima pripreme goriva zahtijevaju zagrijavanje i iznad 120°C.

LITERATURA

1. TUV I. A. i dr.: Ispolzovanie silno obvodnennih mazutov i mazutnih začistok v kačestve kotelnogo topliva, Neftjanoe hozjajstvo, 1959, № 12.
2. Ivanov V. M.: Paragozovie processi i ih primenenie v narodnom hozjaistve, Moskva, 1970.
3. Winkler M. F.: Management of residual fuel system for gasturbines, Gas Turbine International, May-June 1977.
4. Ivanov V. M. i dr.: Toplivnie emulsii dlja sžiganija i gazifikacii, Vestnik AN SSSR, 1976, № 5.
5. Kremnev L. J. i dr. Obrašcenie faz v emulsiah, Kolloidnii žurnal, 1955, № 1.
6. Ivanov V. M. i dr.: Teploprovodnost toplivo-vodjanih emulsii, Teploenergetika, 1961, № 8.
7. Hansen W. Emulsion: Brennstoff + Wasserbeigabe, Öl--Gesfeurung 5/1972.
8. Kantorovič B. V. i dr.: Vopros ob efektivnom ispolzovanii visokovjazih obvodnennih mazutov, Himija i tehnologija topliva i masel, 1957, № 1.
9. Kremnev L. J. dr.: O mehanizme emulgirovanija, Kolloidnii žurnal, 1954, № 1.
10. Bender R. J.: Emulsion burner graduates, Power, February 1971.
11. Hellion R. i dr.: Verringerung von Rauchgasemissionen durch verbrennung von Heizöl-wasseremulsionen, VGB Kraftwerkstechnik H. 2, 1975.
12. Komissarov L. A. i dr.: O perspektivah primenenija obvodnenih topliv v vide emulsii na teplovih elektrostancijah, Zbornik: Novie metodi Sžiganija topliva i voprosi teorii gorenija, Moskva, 1972.
13. Robustov V. V. i dr.: Emulgirovanie Židkogo topliva dlja toplovih dvigatelei, Zbornik: Nove metodi sžiganija topliva i voprosi teorii gorenija, Moskva, 1972.
14. Robustov V. V. i dr.: Nekotorie rezultati issledovanija raboti traktornogo dizelja na emulgirovannom toplive, Zbornik: Nie metodi sžiganija topliva i varosi teorii gorenija, Moskva, 1972.
15. Speišer V. A.: Teplotehničeskie harakteristiki topliva, ispolzovanie gaza i mazuta v promišlenosti, TOM 4, Moskva, 1974.
16. Gilod V. A.: Sžiganie mazuta v metallurgičeskih pečah, Moskva, 1973.
17. Hansen W.: Qualitätsetwichlung und verbrenungsprobleme bei Heizöl S, VGB-Fachtagung Öl-Gasfeueurungen, 1976.
18. Charmilles (ELF) — Industroprojekt: Anti-smog gorači zaštita čovjekove okoline.
19. Ivanov V. M. i dr.: Vlijanie podogreva židkogo topliva na procesii ego gorenija i pererabotki, Zbornik: Novie metodi sžiganija topliva i voprosi teorii gorenija, Moskva, 1969.
20. Matanić D.: Ispitivanja kvalitete izgaranja na kotlu 1 u TE-TO Zagreb, Energija 5—6/1976.
21. Oil and water do mix and it saves fuel, Science news — 104/1973.
22. Hall R. E.: The effect of water / Residual oil emulsions on air pollutant. Emissions and efficiency of commercial boilers, Journal of Engineergin for Power, October 1976.
23. Iammartino N. R.: Can water help fuel burn, Chemical Engineering-November 11, 1974.
24. Holling H. P.: Einfluss der konzentration wasser / Heizöl--S-emulsionen auf den Gesamtfeststoffauswurf von Ölfeuerungen, VGB — Fachtagung Öl-Gasfeuerungen, 1977.
25. Westgate E.: Mix gas with water for more MPG? Popular Science, July 1974.
26. Hall R. E.: The effect of water / Distillate oil emulsions on pollutants and efficiency of residetial and commercial heating system, 68th Annual Meeting of the APCA.
27. Laurendeau R. i dr.: The reductionof particulate emissions from industrial boilers by combustion optimization, ASME Paper № 75-WA/APC-3.
28. Ashley M.: Using an emulsion gives a small boost in burner efficienc, The Engineer, February 1975.
29. Norbye J. P.: Ultrasonic fuel reactor, Popular Science, Nov. 1972.
30. Dooher J. i dr.: Emulsions as fuels, ASME Paper № 75 WA/fu-3.
31. Barrett R. E. i dr.: Preparation and firing of emulsions of № 2 fuel oil and water, Batelle Memorial Institute — Columbus, 1968.
32. Ivanov V. M. i dr.: Experimental investigation of the combustion process of antural and emulsified liquid fuels, NASA TTF-258, Jan. 1965.
33. Ooil and Water Alchemy, TIME, February 1974.
34. Petuhov V. N. i dr.: Vlijanie temperaturi podogreva mazuta na process gorenija, Teploenergetika № 3/1975.
35. MATANIĆ D.: Rezultati istraživanja na kombiniranom prototipu gorača učina 15 Gcal/h, Energija 1—2/1977.
36. Lavrov N. V. i dr.: VVedenie v teorijo gorenija i gazifikacii goriva, Moskva, 1962.
37. Kacnelson B. D. i dr.: Eksperimentalnoe issledovanie pulsirujoščego gorenia, Teploenergetika № 1/1969.
38. Bagwell F. A. i dr.: Utility boiler operating modes for reduced nitric oxides emisions, Journal of the APEA № 11—1971.
39. Van der Kooij J. i dr.: The emissions of nitrogen oxides by power stations, Zbornik: Energy-73, London, 1973.
40. Blakslee C. E. i dr.: Controlling NOx emissions from steam generators, Journal of the APCA № 1/1973.
41. Siegmung C. W. i dr.: NO_x emissions from industrial boilers-potential control methods, Journal of Engineering for Power 1974.
42. Singh P. P. i dr.: Formation and control of oxides of nitrogen emissions from gas turbine combustion systems, Journal of Engineering for Power, October 1972.
43. Bienz J. i dr.: HGE/HGK, Ein neues verbrennungssystem für dampf-und wärmeerzugung, VGB Kraftwerkstechnik 1972 / № 1.
44. Matanić D.: Nova metoda stvaranja i korištenja emulzija kapljevitih goriva i vode kao pogonskog goriva u termoenergetskim postrojenjima u cilju smanjenja zagađivanja čovjekove okoline produktima izgaranja (disertacija), Zagreb, 1978.

Naslov pisca:
Mr Dubravko M a t a n i ć, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

OPSKRBA URBANE SREDINE OGRJEVNOM TOPLINOM IZ NUKLEARNE ELEKTRANE

Niko Malbaša, Zagreb

U članku se s tehničkog i ekonomskog stajališta analizira mogućnost opskrbe urbane sredine ogrjevnom toplinom iz nuklearne elektrane. Konkretni podaci uzeti su prema situaciji u elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske i prema prilikama koje vladaju u ogrjevnom sistemu grada Zagreba. Rezultati pokazuju da bi u danim uvjetima bilo ekonomski opravdano uključiti nuklearnu toplanu u elektroenergetski i toplinski sistem.

DK 621.039.5

1. UVOD

U posljednje vrijeme, zbog naglog porasta potreba za potrošnjom svih oblika energije u svijetu, a naročito nakon energetske krize 1973. god., cijene nafte i naftinih derivata tako su porasle da je to bio, i još je, udarac za svjetsku energetiku i privredu, koja je naglo počela tražiti nove putove i novu orijentaciju radi prevladavanja takve situacije. Provedena istraživanja su pokazala da tzv. naftna kriza nije nikakav prolazni fenomen, nego da će se takva situacija, možda u nešto blažem obliku, i nastaviti, dijelom zbog ograničenosti izvora nafte (koja je vrlo značajna i nužna sirovina za niz industrijskih grana), a dijelom i zbog strategijske uloge koju nafta ima u svjetskoj globalnoj politici i ekonomiji.

S porastom cijene nafte opet postaju aktualni neki izvori energije koji su prije krize bili nerentabilni. Otvaraju se već zatvoreni rudnici ugljena, naglo raste gradnja nuklearnih elektrana, hidroenergetski potencijali koji su se do tada smatrali neekonomičnima za iskorištavanje postaju prihvatljivi, intenziviraju se istraživanja nafte, ugljena, plina, urana, a prave se i prvi eksperimenti s novim oblicima energije.

Međutim, cijena nafte i nekih drugih osnovnih energetskih sirovina samo je povod krize, a uzrok je naglo smanjenje zaliha klasičnih energetskih oblika, koje su već sada tako male da se njihovo potpuno iscrpljenje (u uvjetima današnje tehnologije) već može nazreti. I dok se gotovo sve zemlje, posebno nerazvijene i srednje razvijene, i svijet u cjelini spremaju da u slijedećih petnaestak godina potroše onoliko energetskih sirovina koliko u cijeloj svojoj povijesti, nameće se potreba racionalnijeg korištenja energije kao jedna od glavnih pretpostavki daljeg uspješnog razvoja.

Jugoslavija, zemlja s izuzetno velikom stopom porasta potrošnje energije (6—7 % godišnje), istodobno je zemlja s oskudnim zalihama gotovo svih energetskih sirovina, pa se potreba racionalnog korištenja svih oblika energije još jače nameće kao osnovni faktor planiranja i investiranja u energetici.

Pod racionalnim korištenjem energije razumijeva se u prvom redu optimalan izbor između različitih izvora energije i poboljšavanje tehnološkog procesa (kvalitetnija pretvorba energije, bolje iskorištenje goriva, veća raspoloživost jedinica, stručniji kadrovi itd.), te racionalizacija u potrošnji, pri čemu ovo posljednje ne mora obavezno značiti smanjenje potrošnje, štednju, redukciju, kako se to često shvaća i na što se svodi čitav proces racionalnog korištenja energije, uglavnom pogrešno i jednostrano.

U novonastalim uvjetima karakteristično je da rezultati provedenih istraživačkih radova pokazuju manja ili veća odstupanja od već uhodane prakse.

Ukupni investicijski izdaci za neko postrojenje, sve donedavno glavni arbitar u ocjeni pojedinih rješenja, sada gube na značenju. Snižavanjem specifičnih investicija i porastom cijene goriva eksploatacijski troškovi dobivaju na težini i pomiču optimalna rješenja prema onima s nešto većim odnosom između investicijskih i eksploatacijskih troškova. Metoda minimalne aktualizirane vrijednosti ukupnih troškova u toku vijeka trajanja postrojenja čini osnovu za analizu. U budućnosti se može očekivati da će pri gradnji objekata za proizvodnju električne i toplinske energije optimalno rješenje biti ono s minimalnom potrošnjom primarnih energetskih oblika, bez obzira na investicije ili s njihovim smanjenim utjecajem.

Uzimajući to u obzir, može se lako naći razlog sve većeg interesa za gradnju energana sa zajedničkom proizvodnjom električne i toplinske energije. U eri jeftinih energetskih sirovina takvi su se objekti, zbog relativno visokih investicija, gradili samo u izuzetnim prilikama, danas oni već imaju višestruko opravdanje, a u budućnosti će, vjerojatno, zauzeti dominantnu ulogu u opskrbi energijom.

Imajući na umu navedeno, može se pretpostaviti da bi i opskrba toplinskom energijom iz nuklearne elektrane mogla biti u određenim uvjetima opravdana. Pri tom se misli, u slučaju opskrbe ogrjevnom toplinom, na osnovni uvjet da nuklearna elektrana bude locirana relativno blizu veće urbane sredine s velikom potrošnjom i razvijenom toplinskom mrežom. Moguće je, naravno, i korištenje toplinske energije iz nuklearne elektrane i u druge svrhe (poljoprivreda, ribogojstvo, kemijska industrija i sl.).

Centralizirana opskrba toplinskih korisnika već ima dužu praksu, jer je prvo takvo postrojenje izgrađeno u SAD još 1877. god., dakle prije stotinu godina. U našoj zemlji se prva daljinska opskrba toplinom javlja prije dvadeset šest godina (1952) u Zagrebu, a naknadno su izgrađene i slične jedinice u Ljubljani i Beogradu. Takav način opskrbe potrošača ogrjevnom toplinom ima niz prednosti u odnosu prema individualnom grijanju, a najvažnije se sastoje u tome što se gorivo iskorištava efikasnije i što se bitno smanjuje onečišćenje zraka. Zajednička proizvodnja električne i toplinske energije u jedinicama sa tzv. spojnim procesom ima, gledajući općenito, još dodatne prednosti u odnosu prema centralnim jedinicama, koje proizvode samo toplinsku energiju (jedinice tzv. izravnog procesa, npr. vrelovodni kotlovi).

Korištenje nuklearne elektrane za opskrbu toplinom ima i neke dodatne prednosti koje ovdje nisu posebno vrednovane, a misli se u prvom redu na smanjenje onečišćenja zraka produktima izgaranja i smanjenje otpadne topline.

Problem onečišćenja zraka aktualan je i akutan već dulje vrijeme u gotovo svim našim većim gradovima, posebno tokom zimskih mjeseci. Izmjerene količine sumpornog dioksida, čađi i pepela, kao i nekih drugih elemenata kvalitete zraka, nisu unutar dopuštenih granica dobar dio dana u godini.

U posljednjih deset do petnaest godina situacija se ipak popravlja. Velike zasluge u tome ima djelomična centralizacija izvora toplinske energije i smanjenje upotrebe krutih goriva u kućnim ložištima i kotlovnicama. Višim stupnjem centralizacije izvora topline, izbacivanjem iz upotrebe kotlovnica na kruto gorivo i korištenjem tekućeg goriva sa smanjenim sadržajem sumpora moglo bi se onečišćenje zraka još dodatno smanjiti. Pa ipak, i u slučaju totalne centralizacije, pri čemu bi u jednoj većoj gradskoj aglomeraciji bilo potrebno i više centara izvora topline, onečišćenje zraka produktima izgaranja može biti znatno. Korištenje nuklearne elektrane za opskrbu toplinom posve eliminira onečišćenje zraka, naravno što se tiče onog dijela potreba za toplinom koje se podmiruju iz nuklearne elektrane.

Druga pozitivna strana opskrbe toplinom iz nuklearne elektrane jest smanjenje otpadne topline. Naime, nuklearne elektrane na današnjem stupnju izgradnje karakteristične su po relativno niskim parametrima proizvedene svježe pare (60—70 bara, 260—290 °C), a posljedica je toga prilično nizak nivo pretvorbe nuklearne (toplinske) energije sadržane u gorivu u mehaničku (električnu) energiju na turbini, odnosno generatoru. Tako, npr., nuklearna elektrana koja proizvodi na generatoru 900 MW električne energije mora nužno proizvesti najmanje 1 650 — 1 700 MJ/s tzv. otpadne topline, koja se obično odvodi rashladnom vodom na vrlo niskom temperaturnom nivou (20—30 °C), jer je to osnovni uvjet za očuvanje čak i tako niskog stupnja djelovanja.

Takav način rada zahtijeva razmjerno velik i postojan recipijent otpadne topline, pa tako često ni najveće rijeke nisu dovoljne za protočno hlađenje elektrane tokom cijele godine, nego se moraju instalirati i rashladni tornjevi kao pomoćno sredstvo, što povećava stalne, i promjenjive troškove pri proizvodnji električne energije. S druge strane, velika količina otpadne topline uzrokuje u kritičnim mjesecima značajno zagrijavanje vodotoka, što može imati negativne posljedice na živi svijet u vodi i na ljudsku okolinu općenito.

Međutim, korištenjem oko 800 MJ/s topline iz nuklearne elektrane (na nivou oko 150 °C) smanjuje se otpadna toplina za gotovo 70 %, što često može eliminirati rad rashladnih tornjeva (barem zimi, kad je s ekološke strane njihov rad i najmanje prihvatljiv).

Ovdje ćemo razmatrati oduzimanje topline s turbine, a nećemo analizirati mogućnost direktnog korištenja otpadne topline iz rashladne vode, iako takva mogućnost teoretski postoji.

Naime, korištenjem tzv. dizalice topline, ulažući određeni rad, može se podići temperaturni nivo rashladne vode. Uloženi rad pri tom, u teorijskom slučaju, iznosi:

$$L = \frac{Q}{T}(T - T_0),$$

gdje je:

Q (MJ)	toplinska energija kojoj se diže temperaturni nivo
T (K)	gornji temperaturni nivo koji se postiže dovođenjem rada L (MJ)
T_0 (K)	temperatura rashladne vode.

Dakle, ako želimo podići temperaturu rashladne vode npr. sa 25 °C na 95 °C (368 K), potrebno je ulagati za toplinsku snagu od 500 MJ/s oko 95 MW električne energije (u teorijskom slučaju). Stvarni potrošak energije bio bi u praksi mnogo veći, premda je i taj iznos već iznad onoga koji se postiže klasičnim oduzimanjem s turbine (usp. tabl. 1).

Niži temperaturni nivoi (npr. reda veličine 50—60 °C), koji bi se uz primjenu takva postupka eventualno i mogli ekonomski opravdati, ne zadovoljavaju s gledišta toplinske mreže, koja se obično projektira i gradi za prijenos topline na mnogo višem nivou.

Zajednička proizvodnja električne energije i topline u nuklearnim elektranama još nije našla značajniju praktičnu primjenu, osim u SR Njemačkoj (kemijska industrija) i Francuskoj (proizvodnja hrane), ali se u posljednjih nekoliko godina (posebno poslije 1973) obavljaju intenzivna istraživanja u mnogim zemljama, ponajviše u Švedskoj, SR Njemačkoj, SSSR-u, ČSSR-u, Danskoj, Kanadi, Finskoj, Rumunjskoj itd. To su zemlje koje imaju već prilična iskustva u daljinskoj opskrbi toplinom, značajna potrošačka područja i izgrađene ogrjevne mreže.

U Sjevernoj Americi daljinska opskrba toplinom imala je do sada vrlo malu primjenu. Postojeća postrojenja uglavnom su bazirana na vrelovodnim kotlovima a rijetko na manjim jedinicama »spojnog procesa«. Razlog je te pojave postojanje obilnih količina jeftinoga goriva u obliku ugljena, nafte i prirodnog plina. U posljednjih nekoliko godina, kao posljedica niza promjena na tržištu energetskih sirovina, dolazi i u tom području do značajnog interesa za takav način opskrbe toplinom, posebno s obzirom na korištenje nuklearnih elektrana. Tako su u toku 1975/1976. provedena u Kanadi značajna istraživanja vezana za opskrbu toplinskom energijom iz nuklearne elektrane Pickering, a u sistemu elektrane Bruce iskorištava se toplina iz NE u proizvodnji teške vode.

Slična istraživanja provedena su i provode se i u drugim zemljama, npr. u Danskoj, Francuskoj, Rumunjskoj, SSSR-u, ČSSR-u, Finskoj, SR Njemačkoj, Švicarskoj itd. Bez obzira na sve različitosti koje ta istraživanja pokazuju, a koje su uglavnom rezultat specifičnih prilika u pojedinoj državi, opći je zaključak da opskrba toplinom iz nuklearnih elektrana ima velike prednosti, pa se u budućnosti očekuje realizacija znatnog broja takvih objekata.

2. OSNOVNA KONCEPCIJA OPSKRBE OGRJEVNOM TOPLINOM IZ NUKLEARNE ELEKTRANE

Osnovni problemi opskrbe ogrjevnom toplinom iz nuklearne elektrane vezani su za tri procesa.

I. Proces oduzimanja topline u elektrani vezan je za analizu ovih elemenata:
   a) količinu i parametre oduzete energije,
   b) shemu oduzimanja topline,
   c) način regulacije količine energije,
   d) način rada i dimenzioniranje reaktora,
   e) utjecaj oduzimanja topline na snagu na generatoru,
   f) specifičnu proizvodnju električne energije u protutlačnom pogonu,
   g) ograničenje s obzirom na količinu odvedene topline.

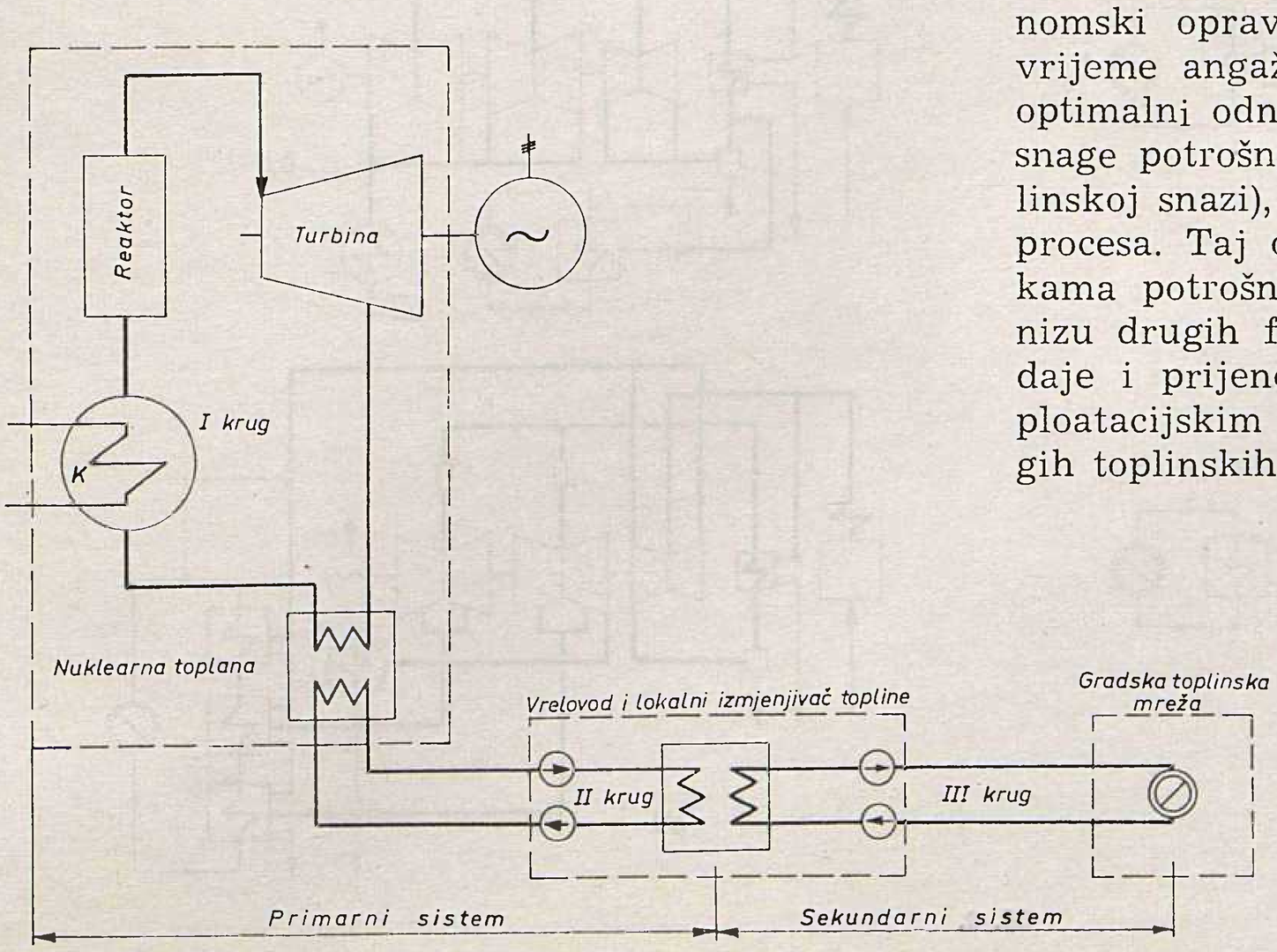
II. Proces prijenosa topline iz elektrane u gradsko područje vezan je za analizu ovih elemenata:
   a) određivanje vrste prijenosnog medija,
   b) određivanje vrste i karakteristika cjevovoda (optimiranje) te načina polaganja,
   c) određivanje pada pritiska u cjevovodu, kao i gubitaka energije,
   d) određivanje broja pumpnih stanica i snage pumpi (u slučaju vrelovoda).

III. Proces predaje topline u toplinsku mrežu uključuje u sebi mogućnost predaje topline direktnim miješanjem ili preko izmjenjivača topline, pri čemu je ovo posljednje uzeto u obzir iz više razloga.

Osnovna shema cijelog sistema prikazana je na sl. 1. Vidljivo je da se cijeli proces sastoji od tri međusobno povezana ciklusa, koji jedan na drugog neposredno utječu.

2.1. Količina i parametri oduzete energije

Osnovni parametri o kojima ovisi shema oduzimanja topline jesu toplinska snaga (MW, Gcal/h) i polazna (maksimalna) temperatura tople vode. Toplinska snaga ovisi o veličini potrošnje, ali i o krivulji trajanja opterećenja za konkretno konzumno područje. Već je rečeno da se nuklearna elektrana kao izvor ogrjevne topline može ekonomski opravdati samo ako je relativno veliko vrijeme angažiranja tokom godine. Postoji jedan optimalni odnos između oduzete toplinske snage i snage potrošnje (koja odgovara maksimalnoj toplinskoj snazi), koji je opravdano pokriti iz spojnog procesa. Taj odnos ovisi o veličini i karakteristikama potrošnje, ali posredno ili neposredno i o nizu drugih faktora koji su vezani za krug predaje i prijenosa topline, o investicijskim i eksploatacijskim troškovima, o karakteristikama drugih toplinskih jedinica itd.



Sl. 1.

Drugi parametar koji treba definirati jest temperatura polaza (i povrata) tople vode, o kojoj direktno ovisi veličina toplovoda, redukcija snage na generatoru zbog oduzimanja topline itd. Temperatura povrata vode je u svim varijantama uzeta 50 °C, što je relativno niska temperatura, ali se računa da će se dio topline iskoristiti i za pripremu potrošne tople vode i za slične potrebe na nižem nivou predaje topline. O temperaturi polaznog voda, dakle, direktno ovisi protok kroz cjevovod, pa će kod duljeg cjevovoda biti optimalne više temperature polaza nego kod razmjerno kratkog cjevovoda. S druge strane, kod viših temperatura polaza tople vode smanjuje se električna snaga koju prozvode oduzeta para, a to je negativna karakteristika. Vidljivo je da i ovdje postoji određeni optimum, koji ovisi o cijelom nizu faktora.

U numeričkoj obradi, koja je provedena na računskom stroju, razmatrane su ove varijante (s obzirom na navedene parametre):

— temperaturni nivo 165 °/50 °C za snage oduzimanja 500, 700 i 900 Gcal/h (581, 814 i 1047 MW),
— temperaturni nivo 145/50 °C za snage 700, 500 i 300 Gcal/h,
— temperaturni nivo 125/50 °C za snage 700, 500 i 300 Gcal/h,
— temperaturni nivo 95/50 °C za snage 500 i 300 Gcal/h.

Snaga koja se može prenijeti na nižem temperaturnom nivou (npr. 95/50 °C) ograničena je dimenzijama cjevovoda. Dvostruki cjevovod nije razmatran jer se pokazalo da se to ne bi moglo ekonomski opravdati.

2.2. Shema oduzimanja topline

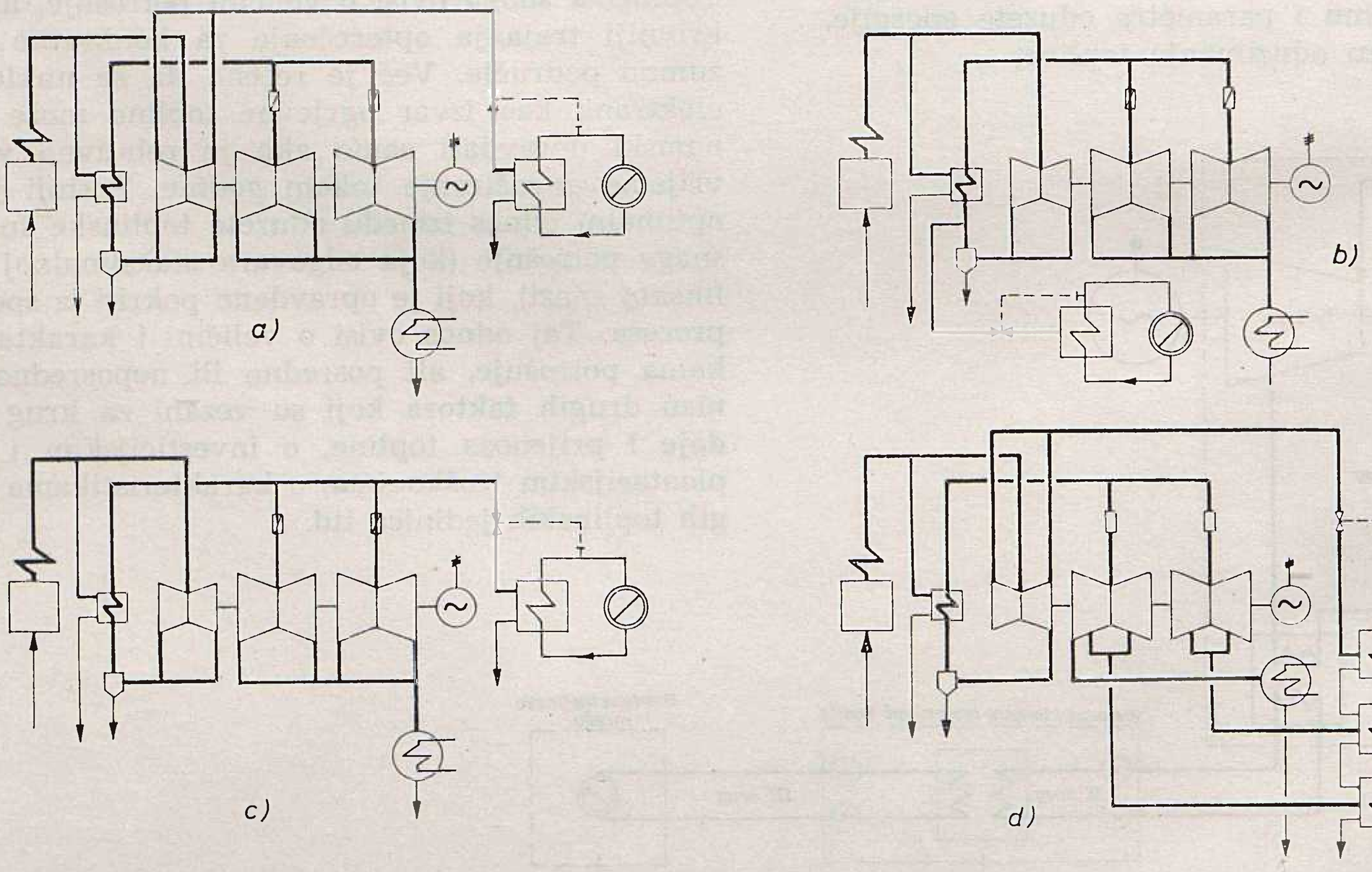
Najpogodnije mjesto za oduzimanje ogrjevne topline na turbini jest između visokotlačnog i niskotlačnog kućišta turbine, što je razumljivo zato što u tom slučaju nisu potrebni nikakvi dodatni zahvati na kućištima turbine (sl. 2. a, b, c). Na tom području postoje tri mjesta gdje se to može izvesti:

a) prije separatora vlage (sl. 2.a),
b) nakon separatora vlage, a prije pregrijača pare (sl. 2.b),
c) nakon pregrijača pare (sl. 2.c).

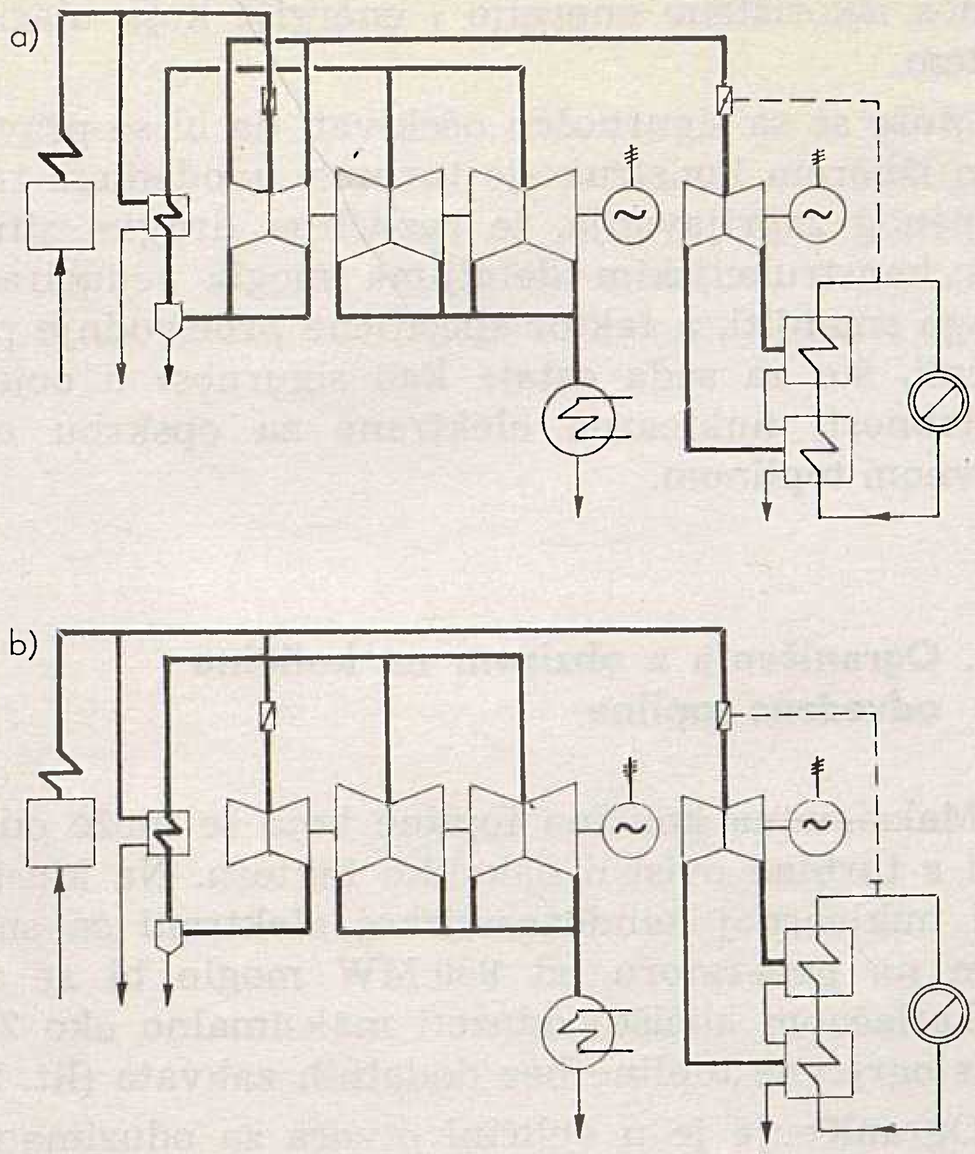
Posljednje dvije mogućnosti zahtijevaju veću površinu izmjenjivača topline od prve varijante zbog nižeg pritiska i temperature zasićenja. Prva varijanta ima i dodatnu prednost jer je konstrukcijski lakše izvediva, a povoljnija je i s energetskog stajališta. Zbog toga će se preferirati oduzimanje ispred separatora vlage kad se to pokaže energetski opravdano, a to je u svim slučajevima kada je temperatura povratnog voda viša od 125 °C (prema referentnoj shemi NE »Krško«).

Budući da se radi o relativno velikim razlikama između temperature polaznog i povratnog voda, ne bi bilo ekonomično ako bi se zagrijavanje obavljalo u jednom stupnju. Zbog toga se usvaja dvostepeni način zagrijavanja ogrjevne vode, pri čemu se jedno oduzimanje izvodi obavezno na NT turbini, a drugo prema potrebi, preferirajući područje ispred separatora vlage (sl. 2).

Kao model za tehničku analizu uzeta je NE »Krško«, koja je s obzirom na parametre pare i toplinsku shemu tipična nuklearna elektrana PWR tipa. Predviđena su četiri potencijalna mjesta za



Sl. 2.



Sl. 3.

oduzimanje pare (topline); jedno na izlazu iz visokotlačnog dijela turbine, odnosno ispred separatora vlage na pritisku 9,0 bara, a druga tri podudaraju se s već predviđenim oduzimanjima za čisto kondenzacijsku turbinu, na pritiscima 2,95 bara, 1,25 bara i 0,46 bara. Vodilo se, naravno, računa o tome da će zbog povećanog oduzimanja topline doći do pada pritiska (i temperatura) tih nereguliranih oduzimanja. U tu su svrhu iskorišteni dijagrami za turbinu NE »Krško«. Ovisno o temperaturi polaznog voda iskorištena su ova mjesta za oduzimanje topline:

— za polaz 165 °C oduzimanja na 9,0 i 2,95 bara
— za polaz 145 °C oduzimanja na 9,0 i 1,25 bara
— za polaz 125 °C oduzimanja na 2,95 i 1,25 bara
— za polaz 95 °C oduzimanja na 1,25 i 0,46 bara.

U okviru ovog rada ostalo se na dvostepenom oduzimanju topline, iako bi trostepeno oduzimanje, bar u nekim varijantama, bilo termodinamički prihvatljivije.

Postoje i druge mogućnosti oduzimanja topline, npr. preko protutlačne turbine spojene iza visokotlačnog dijela (sl. 3. a) ili direktno na reaktor (sl. 3. b). Te varijante, kao i neke druge koje bi se mogle uzeti u obzir, ne donose koncepcijski ništa novo, iako bi trebalo da budu vrednovane u jednoj daljoj analizi.

2.3. Način regulacije količine energije

Iako bi toplinska energija iz nuklearne elektrane podmirivala uglavnom bazni dio dijagrama trajanja opterećenja, ipak bi bilo potrebno da u jednom dijelu godine elektrana radi u promjenljivom opterećenju. Izlazna toplina može se regulirati na dva načina: variranjem protoka pri konstantnoj temperaturi polaznog voda ili variranjem polazne temperature pri konstantnom protoku, pri čemu se ovo posljednje izvodi jednim dodatnim regulacijskim cjevovodom koji spaja izlazne strane izmjenjivača topline. Rezultat toga bila bi redukcija električne energije na generatoru, jer se oduzima toplina s nižeg energetskog nivoa, ali bi zato zbog konstantnog protoka snaga pumpi vezanih za glavni cjevovod bila uvijek makismalna. Kod prve varijante, naprotiv, gubi se nešto više snage na generatoru, ali se zato troši manje električne energije za pogon pumpi. Prvi slučaj bit će povoljniji za dulje cjevovode, dok će drugi slučaj biti bolji za kraće cjevovode s malim otporima. Ovdje je uzeta u obzir druga varijanta, s regulacijom topline variranjem polazne temperature.

2.4. Način rada i dimenzioniranje reaktora

S obzirom na karakteristike elektrane, mogu se dodatno promatrati dvije varijante. Prva varijanta bazira se na konstantnom učinku reaktora (generatora pare), dok je proizvedena električna energija ovisna o mjestu i količini oduzete pare za potrebe grijanja. Druga varijanta bazira se na konstantnoj električnoj snazi na generatoru, dok je učinak reaktora promjenljiv. Može se općenito reći da će prva alternativa biti povoljnija pri kraćem vremenu trajanja iskorištenja topline, kada ljetno razbolje čisto kondenzacijskog rada ima veći utjecaj. Druga alternativa bit će povoljnija pri većem trajanju oduzimanja topline, jer će tada slabije iskorištenje reaktora u ljetnom razdoblju manje dolaziti do izražaja.

Ukupno slijede, dakle, 22 varijante koje su detaljno tehničko-ekonomski analizirane.

2.5. Utjecaj oduzimanja topline na snagu na generatoru

Oduzimanjem dijela radne pare na višem pritisku od minimalnog pritiska u radnom procesu, tj. od pritiska kondenzacije, smanjuje se proizvedeni mehanički rad na turbini, a time i proizvedena električna energija na generatoru, u odnosu prema situaciji bez dodatnog oduzimanja pare za potrebe ogrjeva. Ta redukcija snage na generatoru ovisi o količini oduzete pare i mjestu oduzimanja, te čini značajnu stavku u cijeni proizvedene ogrjevne topline, pa se mora precizno odrediti.

Pri računanju snage na generatoru u uvjetima oduzimanja topline za ogrjevne potrebe, iskorištena je toplinska shema, krivulje ekspanzije, krivulje koje daju odnos između protoka pare kroz turbinu i pritiska (nereguliranog) oduzimanja i drugi podaci NE »Krško«, koji su nužni za precizniji račun. Rezultati za pojedine varijante dani su u tabl. 1.

Tablica 1.

Varijanta	Temperaturni režim (°C)	Snaga oduzimanja MJ/s	Snaga reaktora (MW)	Snaga na generatoru (MW)	Specifična proizvodnja protutlačnog dijela (MJ/MWs)	Ukupni stupanj iskorištenja energije
1.	165/50	1 047	3 260	900	0,185	0,60
2.	165/50	814	3 103	900	0,185	0,55
3.	165/50	581	2 980	900	0,185	0,50
4.	145/50	814	3 050	900	0,219	0,56
5.	145/50	581	2 930	900	0,219	0,51
6.	145/50	349	2 795	900	0,219	0,45
7.	125/50	814	3 012	900	0,258	0,57
8.	125/50	581	2 891	900	0,258	0,51
9.	125/50	349	2 752	900	0,258	0,45
10.	95/50	581	2 849	900	0,318	0,52
11.	95/50	349	2 703	900	0,318	0,46
12.	165/50	1 047	2 548,6	614	0,185	0,65
13.	165/50	814	2 548,6	679	0,185	0,59
14.	165/50	581	2 548,6	745	0,185	0,52
15.	145/50	814	2 548,6	706	0,219	0,60
16.	145/50	581	2 548,6	762	0,219	0,53
17.	145/50	349	2 548,6	818	0,219	0,46
18.	125/50	814	2 548,6	726	0,258	0,60
19.	125/50	581	2 548,6	777	0,258	0,53
20.	125/50	349	2 548,6	827	0,258	0,46
21.	95/50	581	2 548,6	795	0,318	0,54
22.	95/50	349	2 548,6	840	0,318	0,47

2.6. Specifična proizvodnja električne energije u protutlačnom pogonu (power yield)

Svaki agregat s oduzimanjem pare može se predstaviti kao kombinacija dvaju dijelova: kondenzacijskog i protutlačnog. Bez obzira na to što ta dva dijela fizički i konstrukcijski nisu odvojena, njihovim fiktivnim razdvajanjem dobiva se mnogo konkretniji fizikalni uviđaj u način proizvodnje jedne takve jedinice, a znatno se pojednostavni računski postupak kojim se određuju karakteristike jednog takva sistema. Pri tom se oba dijela mogu promatrati odvojeno, kao potpuno neovisni dijelovi jedne cjeline, pa vrijedi i princip superpozicije, čija je najznačajnija posljedica činjenica da je snaga cijele jedinice jednaka sumi snage kondenzacijskog dijela i snage protutlačnog dijela. Unutar elektroenergetskog i toplinskog sistema jedna takva jedinica s oduzimanjem pare raspada se prividno na dvije jedinice s potpuno različitim svojstvima i ulogama. Čisto kondenzacijski dio pri proizvodnji toplinske energije nema utjecaja, ali proizvodnja električne energije protutlačnog dijela direktno ovisi o količini oduzete topline i o mjestu oduzimanja definiranim s pripadnim protutlakom.

Odnos između proizvedene električne i toplinske energije protutlačnog dijela, uz specifični potrošak topline, temeljni je faktor kvalitete samog procesa. Taj odnos, o kojem je nešto više rečeno u lit. 1, posebno je izračunat za sve varijante i dan u tabl. 1. Očito je da će taj faktor biti sve veći što je oduzimanje pare na nižem energetskom nivou, a sve manji što je oduzimanje na višem pritisku. Tako npr. za osiguranje temperature polaznog voda od 165 °C taj faktor iznosi 0,185 MJ/MWs (215 kWh/Gcal), a za temperaturu polaznog voda od 95 °C iznosi 0,318 MJ/MWs (370 kWh/Gcal). U tabl. 1. dani su rezultati tog dijela studije, pri čemu ukupni stupanj iskorištenja predstavlja odnos iskorištene energije i energije koja ulazi u sistem.

Može se sa sigurnošću očekivati da bi se pravilnim izborom konstrukcije turbine, uvođenjem trostepenog zagrijavanja, te različitim drugim sitnijim konstrukcijskim detaljima mogla reducirana snaga smanjiti, a faktor specifične proizvodnje povećati, što za sada ostaje kao sigurnost u ocjeni podobnosti nuklearne elektrane za opskrbu ogrjevnom toplinom.

2.7. Ograničenja s obzirom na količinu odvedene topline

Maksimalna količina topline koja se može oduzeti s turbine ovisi o nekoliko faktora. Na klasičnoj nuklearnoj kondenzacijskoj elektrani sa snagom na generatoru od 900 MW moglo bi se na niskotlačnom kućištu oduzeti maksimalno oko 270 kJ/s ogrjevne topline bez dodatnih zahvata (lit. 5).

Ograničenje je u veličini otvora za oduzimanje i u pripadnoj brzini isteka pare. Naime, pri povećanim brzinama dolazi do većeg pada pritiska te do značajnih erozivnih pojava. Dalje je ograničenje u čvrstoći materijala, jer su lopatice neposredno prije oduzimanja aksijalno jače opterećene zbog povećanog pada pritiska.

Određeno poboljšanje u smislu mogućeg većeg oduzimanja topline bez promjene konstrukcije moguće je povećanjem otvora za oduzimanje topline uz korištenje nešto kvalitetnijeg materijala u tom dijelu. Na taj način može se oduzeti s niskotlačnog kućišta do 0,44 MJ/s po 1 MW proizvedene snage na generatoru u čisto kondenzacijskom pogonu, odnosno za nuklearnu elektranu od 900 MW oko 400 MJ/s (340 Gcal/h).

Želi li se dalje povećati oduzimanje topline s NT dijela, mora se napustiti standardna konstrukcija i razviti nova, po kojoj bi za zadanu snagu reaktora snaga u kondenzacijskom pogonu bila niža od one sa standardnom turbinom. To iziskuje veće troškove parnih vodova i cijele strojarnice, te više vremena za razvoj i konstrukcije, pa zbog svih tih razloga takvo rješenje za sada nije preporučljivo, iako bi se na taj način moguće oduzimanje topline s NT dijela znatno povećalo (na oko 0,77 MJ/s po 1 MW).

U odnosu prema niskotlačnom dijelu turbine, gdje je oduzimanje topline bitno ograničeno, s prestrujnog voda, koji se nalazi između visokotlačnog i niskotlačnog dijela, može se oduzeti mnogo više topline, čak do 1,34 MJ/S po 1 MW, dakle u slučaju NE od 900 MJ oko 1 200 MJ/s (1 040 Gcal/h). Vidljivo je, dakle, da su varijante 7, 8, 18. i 19, a naročito 10. i 21 (tabl. 1) bitno hendikepirane tim ograničenjima. Pri oduzimanju pare u varijantama 125/50 °C može se tome i doskočiti uzimanjem dijela energije preko 400 MJ/s iz prestrujnog voda, iako se time nešto gubi na ekonomičnosti. Kod varijanti 95/50 °C to se ne isplati ni

u jednom slučaju, pa bi pri izvođenju tih varijanti za snage iznad 400 MJ/s bilo potrebno prijeći na specijalnu konstrukciju turbine.

Unatoč tim ograničenjima, analiza je napravljena po istim uvjetima za sve varijante, radi kompletnosti prikaza.

3. PRIJENOS TOPLINE

3.1. Vrsta prijenosnog medija

Postoje općenito dvije mogućnosti vezane za transport energije s obzirom na prijenosni medij: transport pare i transport vrele vode. Gledajući općenito, oba medija mogu imati stanovite prednosti i nedostatke. U nastavku slijedi općenitija komparativna analiza koja pokazuje bitne prednosti toplovodnog transporta topline. Općenito je potrebna usporedba ovih elemenata:

1) investicija,
2) troškova eksploatacije.

Da bi se odredili kvantitativni pokazatelji, izvršeno je, prema programu razvijenom u Institutu za elektroprivredu (lit. 6), dimenzioniranje parne mreže za pritiske na polazu od 9,0 bara, 15,7 bara i 26,3 bara (to su tri karakteristične točke na kojima dolazi u obzir oduzimanje pare u visokotlačnom dijelu turbine). Račun je proveden za promjer parovoda do 1 620 mm, što je maksimalna veličina koja se izvodi za dane pritiske. Dobiveni su ovi rezultati (za duljinu parovoda 30 km): uz pritisak na ulazu u parovod od 9,0 bara može se maksimalno transportirati 580 MJ/s topline, uz polazni pritisak 15,7 bara može se transportirati oko 800 MJ/s, a uz pritisak na polazu 26,3 bara 1 050 MJ/s. Vidljivo je, dakle, da minimalni pritisak koji je potreban na ulazu (pritisak oduzimanja topline) mora biti barem 9 bara, a i tada se može, čak i s tako velikim parovodom, transportirati samo 580 MJ/s. Ako se želi pokriti veći dio područja na kojem se očekuje optimalno rješenje (a to je područje do barem 800 MJ/s), uzimajući u obzir i određenu sigurnost, jer se pretpostavlja neregulirano oduzimanje čiji pritisak bitno ovisi o opterećenju, mora se računati s pritiskom oduzimanja od oko 15 bara kao minimalnim. Za adekvatan transport tople vode (prijenos iste količine topline) potreban je cjevovod promjera oko 700—1 400 mm, ovisno o temperaturnom nivou, pod pritiskom od maksimalno 20 bara.

Cijena polaznog voda bit će kod nadzemnog polaganja cjevovoda približno ista za obje varijante, jer vrelovod mora imati nešto deblju stijenku zbog utjecaja vlastite težine, ali je zato manjeg promjera. Kod podzemnog polaganja bit će cijena parovoda viša za oko 30 %. Cijena povranog voda, međutim, kod parovoda je niža u oba slučaja za dva do tri puta. Zemljani i građevinski radovi uglavnom su isti za obje varijante. Kod parovoda se ponešto smanjuju i dodatne investicije u elektrani, jer postoji samo jedno oduzimanje na visokotlačnom dijelu, nisu potrebne pumpne stanice ni izmjenjivač topline u elektrani, ali su zato potrebni dodatni troškovi s obzirom na sigurnost (sigurnosni ventili), te s obzirom na izolaciju (više temperature polaznog voda — veći troškovi za izolaciju). Može se reći da će investicije za parovod i vrelovod biti općenito podjednake, s minimalnom prednosti parovoda.

Eksploatacijski troškovi, koji se uglavnom očituju u potrošnji električne energije pumpi (kod vrelovoda), odnosno u povećanom smanjenju snage na generatoru u elektrani (kod parovoda), daju prednost vrelovodnom transportu topline, kao što će se vidjeti iz razmatranja koje slijedi. Uspoređene su ove varijante:

— oduzimanje na 9 bara, 580 MJ/s, transportni medij — para
— 165/50 °C medij — vrela voda.

Vidljivo je da je za paru uzeta najbolja varijanta (s obzirom na eksploatacijske troškove), a za vrelu vodu najlošija od razmatranih (najviša temperatura polaznog voda).

Određeni su osnivni pokazatelji, tj. snaga na generatoru i specifična proizvodnja električne energije protutlačnog dijela, a dobiveni su ovi rezultati (za turbinu 900 MW):

medij	oduzeta toplina	polazni vod	snaga na generatoru	specifična proizvodnja
para	530 MJ/s	9 bara	727 MW	0,155 MJ/MWs
vrela voda	580 MJ/s	165 °C	745 MW	0,185 MJ/MWs

Od proizvedene snage u slučaju vrelovoda potrebno je oduzeti snagu pumpi za transport vrele vode. Pad pritiska za gornju varijantu iznosi 26,1 bara (promjer cjevovoda 900 mm, dobiven optimiranjem), pa je za relaciju 30 km potrebna snaga 4 MW. Zanemari li se činjenica da se ta 4 MW, u krajnjoj liniji, ipak pretvore u toplinu, pa ta energija nije izgubljena (osim što je skuplja), ostaje ipak razlika od 14 MW između gornjih dviju varijanti. I faktor specifične proizvodnje daje prednost vrelovodu, iako se ta prednost ne može jednostavno kvantificirati.

Međutim, parni vod jeftiniji je za oko 126 milijuna dinara. Može se reći, dakle, da između te dvije varijante nema bitnije razlike. Ako su potrebne količine topline iznad 580 MJ/s i ako se pokažu optimalne varijante s polaznom temperaturom vrele vode nižom od 165 °C, tada vrelovod ima isključivu prednost, jer je razlika u proizvodnji električne energije na generatoru toliko velika da višestruko kompenzira razliku u investicijama. Zbog toga će se, barem na ovom nivou, prihvatiti vrela voda kao prijenosni medij, premda bi detaljnija analiza mogla u određenim uvjetima dati prednost i pari kao prijenosnom mediju, prije svega u slučaju viših temperatura oduzimanja, kraćih udaljenosti i manjeg godišnjeg vremena korištenja.

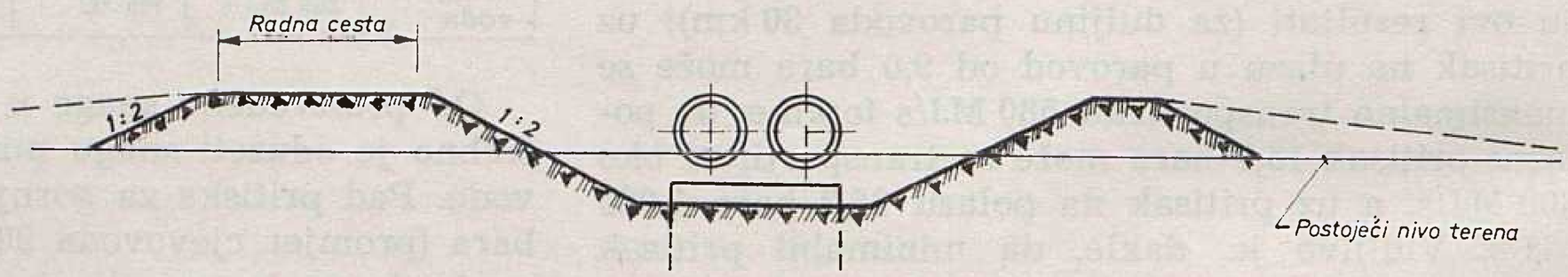
3.2. Način polaganja i optimiranja vrelovoda

Općenito postoji mogućnost podzemnog i nadzemnog polaganja vrelovoda. Kod nadzemne varijante postoji mogućnost polaganja ispod nivoa terena u otvoreni kanal, te iznad nivoa terena (sl. 4). Svaka od izvedaba ima prednosti i nedostataka, a izbor ovisi ponajprije o kvaliteti i konfiguraciji terena, ekonomskim parametrima (cijena), estetskim mjerilima, te propisima nadležnih ustanova. Podzemna (kanal) izvedba mnogo je skuplja, jer su potrebni značajni građevinski radovi, skuplja je i izolacija, a cijenu znatno povisuje betonski kanal nepropusan na vodu, koji je nužan za zaštitu od podzemnih voda i vlage (ako je podvodni teren). U naseljenim područjima, ili ako vrelovod treba da prođe preko terena koji su predviđeni za druge svrhe, te na križanjima s magistralnim putovima i sl., podzemna izvedba je jedina alternativa. Može se smatrati da će u prosjeku biti potrebno maksimalno oko 50 % vrelovoda izvesti podzemno, pa je ta pretpostavka i prihvaćena u kalkulaciji troškova. Optimiranje vrelovoda provedeno je preko programa OSTIDO, koji uključuje sve varijable koje definiraju troškove cjevovoda ovisno o udaljenosti i polaznoj temperaturi vode, troškove pumpnih stanica, troškove električne energije pumpi i sl. Za računanje ulaganja uzete su u obzir ove stavke: otkup, zaravnavanje i čišćenje terena, iskop zemlje, cijena betona, cijena i montaža cjevovoda i izolacije, troškovi koljena za dilataciju, troškovi projekta itd. Na sl. 6 dana je ovisnost investicija za vrelovod 1. 1. 1976. god. o promjeru vrelovoda (troškovi pumpnih stanica dodani su za svaku varijantu posebno). Pri određivanju broja pumpnih stanica računalo se s maksimalnim pritiskom u vrelovodu od 20 bara. Za osnovu su uzete dvostepene pumpe (7 + 14 bara) kapaciteta 2 500 m³/h. Dobiveni rezultati dani su u tabl. 2.

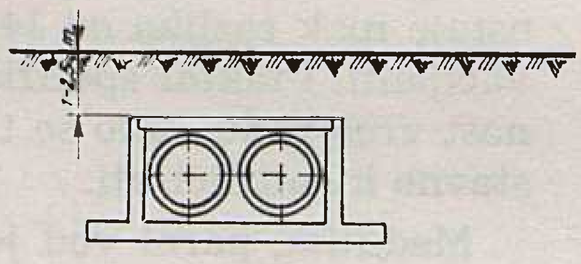
Tablica 2.

Varijante		1/12	2/13	3/14	4/15	5/16	6/17	7/18	8/19	10/21	9/20	11/22
Promjer (mm)	kanalno	1 100	1 000	800	1 000	800	650	1 200	1 000	800	1 400	1 000
	nadzemno	1 300	1 100	900	1 100	900	650	1 300	1 100	800	1 500	1 100
Broj pumpi	kanalno	9+3	9+3	4+2	9+3	6+3	6+3	8+2	6+2	6+3	10+2	6+2
	nadzemno	9+2	9+2	4+2	6+2	4+2	6+3	8+2	6+2	6+3	10+2	6+2

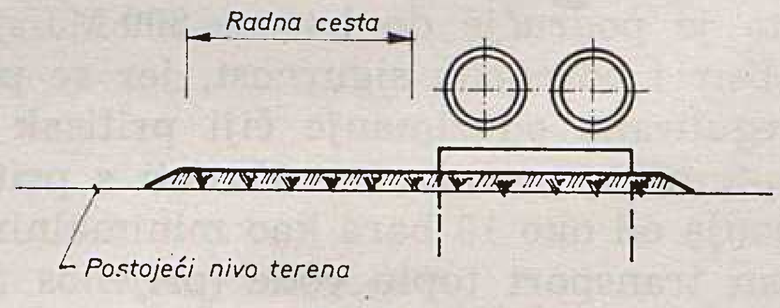
Sl. 4.



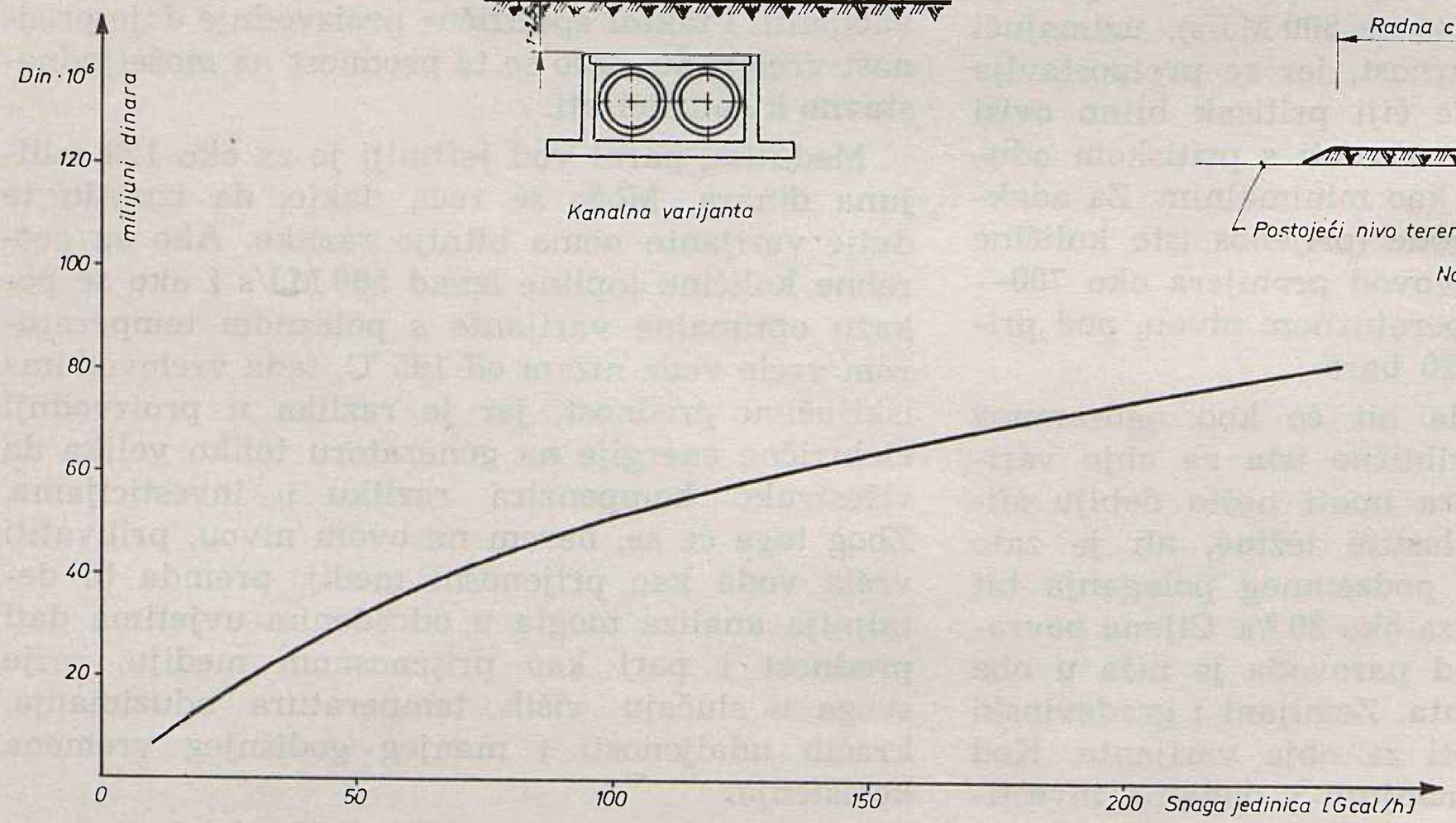
Polaganje u otvoreni kanal



Kanalna varijanta

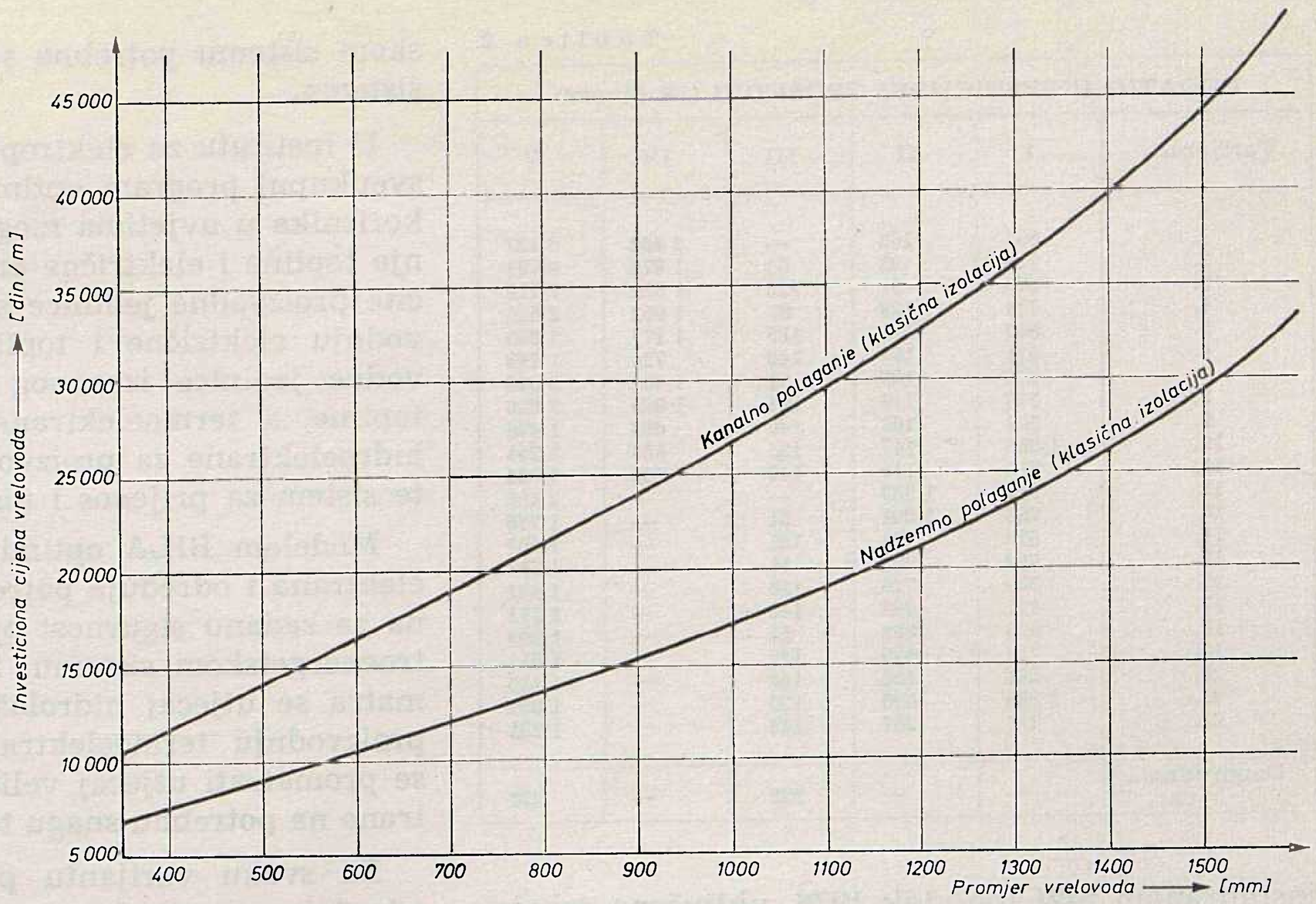


Nadzemna varijanta



Sl. 5.

Sl. 6.



4. POKRIVANJE VRŠNOG OPTEREĆENJA I DEFINIRANJE USPOREDNE VARIJANTE

Nasuprot navedenim varijantama, koje sve uključuju nuklearnu elektranu kao izvor toplinske energije, potrebno je definirati i usporednu varijantu, koja nuklearnu elektranu isključuje iz ogrjevnog sistema. Pošlo se od situacije u zagrebačkoj ogrjevnoj mreži, s tim što se početak 1987. god. uzeo kao trenutak ulaska nuklearne toplane u pogon.

U tom momentu pretpostavljeno je da postoje, u slučaju uključivanja nuklearne toplane, još toplinski agregati snage 540 MJ/s od čega 267 MJ/s u spojnom procesu i ostalo u izravnom procesu. Maksimalna vrijednost potrošnje definirana je sa 1 340 MJ/s.

Ovisno o toplinskoj snazi koja bi se dobivala iz nuklearne elektrane, provedena je analiza prema lit. 1 i utvrđeno je da bi uz sigurnost apskrbe potrošača od 97 %, bilo potrebno za definiranu potrošnju dograditi još dodatnih kapaciteta, i to: 464 MJ/s, 348 MJ/s i 116 MJ/s (400 Gcal/h, 300 Gcal/h i 100 Gcal/h) za snage oduzimanja iz nuklearne elektrane 348 MJ/s, 580 MJ/s i 812 MJ/s, dok pri oduzimanju 1 044 MJ/s (900 Gcal/h) nije potrebno dograđivati dodatne jedinice.

Vidljivo je da ukupno instalirana toplinska snaga raste s količinom oduzete topline iz nuklearne elektrane, uz uvjet iste sigurnosti opskrbe. Usporedna varijanta bazirana je na izgradnji vrelovodnih kotlova kapaciteta 3×200 Gcal/h (3×232 MJ/s), pa bi, dakle, za zadanu sigurnost opskrbe ta varijanta zadovoljavala sa samo 1 237 MJ/s. Ta varijanta, koja uključuje rad nuklearne elektrane u klasičnom kondenzacijskom pogonu, pokazala se bolja od alternativnog rješenja na bazi toplifikacijskih blokova, iako detaljno optimiranje sistema u smislu traženja optimalne usporedne varijante nije napravljeno.

4.1. Povećanje investicija za pojedine varijante

Pod tim se razumijeva povećanje ulaganja u odnosu prema onim dijelovima sistema koji su zajednički svim varijantama. Investicije za vrelovodne kotlove, ovisno o snazi, dane su na sl. 5. Osim tih investicija, potrebno je uzeti u obzir dodatne investicije za sistem oduzimanja i prijenosa topline, uključujući i izmjenjivače topline između primarnog i sekundarnog sistema za varijante 1—22, te investicije za dopunski kapacitet nuklearne elektrane što treba da kompenzira gubitak snage u varijantama 1—11. Dodatne investicije u sistemu predaje i prijenosa topline za varijante 1—11 odnose se na:

a) vrelovodne zagrijače u elektrani,
b) povećanje dijela cjevovoda (u elektrani),
c) povećanje cijene NT dijela turbine zbog toplifikacijskog oduzimanja,
d) dodatne cjevovode i armature u elektrani,
e) izmjenjivače topline između primarnog i sekundarnog sistema,
f) transportni cjevovod i pumpne stanice.

Za varijante 12—22 potrebno je još dodati investicije za reaktor, visokotlačni dio turbine, zagrijače pojne vode te pumpe kondenzata i pojne pumpe. Osnovna podloga za utvrđivanje investicijskih troškova za dodatnu opremu bili su podaci za nuklearnu elektranu »Krško« i podloge tvrtke Westinghouse.

Investicije za dopunsku nuklearnu elektranu za pokrivanje redukcije snage u varijantama 1—11 određene su prema referentnoj cijeni od 635 $ po

Tablica 3.

DODATNI INVESTICIJSKI TROŠKOVI (10^6 dinara)					
Varijanta	I	II	III	IV	V
1.	837	103	—	2 182	3 127
2.	726	95	51	1 879	2 751
3.	570	81	125	1 339	2 115
4.	724	128	51	1 652	2 555
5.	580	113	125	1 177	1 995
6.	471	100	148	724	1 443
7.	876	133	51	1 480	2 540
8.	716	116	125	1 069	2 026
9.	561	102	148	659	1 470
10.	1 083	147	125	886	2 241
11.	716	119	140	529	1 504
12.	837	1 269	—	—	2 106
13.	726	1 001	51	—	1 778
14.	570	772	125	—	1 467
15.	724	942	51	—	1 717
16.	580	726	125	—	1 431
17.	471	492	148	—	1 111
18.	876	882	51	—	1 809
19.	716	670	125	—	1 511
20.	561	426	148	—	1 135
21.	1 083	626	125	—	1 834
22.	716	367	148	—	1 231
Usporedna var.	—	—	222	—	222

instaliranom KW (početak 1976, uključena eskalacija bez interkalarnih kamata, koje se naknadno računaju). U tabl. 3. dano je povećanje investicija za pojedine varijante. Kolona I označava cijenu vrelovoda (50 % kanalno, 50 % nadzemno polaganje), kolona II dodatne investicije u elektrani, uključivo izmjenjivače topline, kolona III investicije za dodatne vrelovodne kotlove, kolona IV investicije za dopunsku elektranu, a kolona V zbroj svih dodatnih investicija za danu varijantu (u 10^6 dinara).

5. OPIS RAČUNSKOG POSTUPKA

Osnovna koncepcija po kojoj je obavljena obrada prezentiranih varijanti obrađena je u lit. 1 i 3, a ovdje ćemo je samo ukratko iznijeti radi kompletnosti prikaza.

Izgradnja neke proizvodne jedinice u elektroenergetskom sistemu utječe na sve ostale proizvodne jedinice u elektroenergetskom sistemu i na sistem u cjelini. Mjesto i uloga svake jedinice mijenja se s ulaskom u pogon nove jedinice ovisno o njezinim karakteristikama, pa se na taj način mijenja općenito i proizvodnja i promjenljivi troškovi svake pojedine jedinice i sistema u cjelini. U slučaju izgradnje proizvodne jedinice spojnog procesa utjecaj se proširuje i na sve proizvodne jedinice u toplinskom sistemu.

Uloga proizvodne jedinice spojnog procesa u elektroenergetskom sistemu ovisi o njezinim karakteristikama, karakteristikama ostalih proizvodnih jedinica u elektroenergetskom sistemu, karakteristikama elektroenergetskog sistema, karakteristikama proizvodnih jedinica u toplinskom sistemu te o karakteristikama samog toplinskog sistema. Da bi se utvrdila uloga proizvodne jedinice spojnog procesa u toplinskom i elektroenergetskom sistemu potrebne su detaljne analize u oba sistema.

U Institutu za elektroprivredu razvijen je jedan sveukupni program optimizacije opskrbe toplinom korisnika u uvjetima moguće zajedničke proizvodnje topline i električne energije, uključujući različite proizvodne jedinice spojnog procesa za proizvodnju električne i toplinske energije, te proizvodne jedinice izravnog procesa za proizvodnju topline, a termoelektrane, nuklearne elektrane i hidroelektrane za proizvodnju električne energije, te sistem za prijenos i distribuciju topline.

Modelom BILA optimira se angažiranje hidroelektrana i određuje potrebna snaga termoelektrana za zadanu sigurnost opskrbe potrošača u elektroenergetskom sistemu. Za svaku varijantu promatra se utjecaj hidroloških prilika na potrebnu proizvodnju termoelektrana. Tim modelom može se promatrati utjecaj veličine agregata termoelektrana na potrebnu snagu termoelektrana u sistemu.

Za svaku varijantu pomoću modela TOPBIL određuje se potrebna snaga proizvodnih jedinica za zadanu sigurnost opskrbe u toplinskom sistemu, proizvodnja topline proizvodnih jedinica spojnog i izravnog procesa te troškovi goriva u toplinskom sistemu.

Hidrološke prilike promatrane su u nizu od četrdeset godina. Budući da su rezultati programa BILA dijelom osnova za provođenje programa TRGOTETO, a ovise o hidrologiji u danoj godini, evidentno je da i rezultati kompletne obrade variraju s obzirom na izbor referentne hidrološke godine. Zato su analizirani rezultati za svih četrdeset godina, osobito za ogrjevnu sezonu (X—IV mjesec), te je na taj način određena 1949. god. kao reprezentativna s obzirom na hidrološke prilike.

Međuovisnost između toplinskog i elektroenergetskog sistema obuhvaćena je modelom TRGOTETO. Modelom TOPBIL određuje se moguća proizvodnja topline proizvodnih jedinica spojnog procesa u toplinskom sistemu, pa se na temelju prilika u elektroenergetskom sistemu može pomoću modela TRGOTETO odrediti prihvaćena proizvodnja protutlačne i kondenzacijske energije proizvodnih jedinica spojnog procesa, ako ona postoji.

Program TOPBIL dobiva na ulazu meteorološke podatke koji karakteriziraju klimatske prilike, podatke o potrošnji te podatke o toplinskim agregatima. Na izlazu daje proizvodnju toplinske energije svakog agregata po mjesecima i proizvodnju u tehničkom minimumu za svaki agregat.

Nakon toga provodi se program TRGOTETO koji se, uz detaljnije podatke o svim termoelektranama, na ulazu koristi i izlaznim podacima programa BILA i TOPBIL. Na izlazu program TRGOTETO daje ukupne troškove goriva u promatranom razdoblju. Na kraju program AST aktualizira stalne i promjenljive troškove, te daje ukupnu aktualiziranu vrijednost svih troškova za svaku pojedinačnu varijantu.

Budući da se svi troškovi aktualiziraju, dospjelost svakog pojedinačnog izdatka, dakle rok i tempo izgradnje svake jedinice posebno, imaju utjecaj na krajnji rezultat. U sklopu ove studije predviđeni su ovi rokovi izgradnje i tempo angažiranja sredstava:

— za vrelovodne kotlove, vrelovod, izmjenjivače topline, dodatne troškove u elektrani i sl. rok je izrade dvije godine, a tempo investiranja 80 % prve godine i 20 % druge godine;

— za dopunsku nuklearnu elektranu rok izgradnje je pet godina, a tempo angažiranja sredstava (prema aneksu IV, NE »Krško«):

1. godina	17 %
2. godina	28 %
3. godina	28 %
4. godina	18 %
5. godina	9 %

Pri tom je sa 50 % ocijenjen udio domaćeg kredita, a sa 50 % udio stranog kredita.

Kamate i rok otplate su slijedeći:

— za domaći kredit 7 % na 15 godina
— za inozemni kredit 9,25 % na 10 godina.

Specifični potrošak topline spojnog procesa na pragu elektrane uzet je za pojedine jedinice ovako:

— nuklearna elektrana, protutlak	892 kcal/kWh
— nuklearna elektrana, kondenzacijski pogon	2 670 kcal/kWh
— blok 120 MW, protutlačni pogon	993 kcal/kWh
— blok 120 MW, kondenzacijski pogon	2 455 kcal/kWh
— blok 30 MW, protutlak	1 014 kcal/kWh.

Cijene osnovnih energetskih sirovina uzete su ovako:

— teško ulje	37,2 d/GJ
— ugljen	16,7 d/GJ
— nuklearno gorivo	8,7 d/GJ
— ekstralako loživo ulje	111,4 d/GJ.

Te se cijene odnose na početak 1977. god. i svedene su na referentni trenutak, kao i ostali troškovi, u fazi obrade.

5.1. Stopa aktualizacije i eskalacije cijena (stopa inflacije)

Budući da se ocjena i vrednovanje pojedinih varijanata mora bazirati u osnovi na ekonomskoj obradi, nužno je uvesti u račun i dva parametra s isključivo ekonomskom pozadinom. To su stopa aktualizacije i stopa inflacije.

U stopi aktualizacije uzima se u obzir činjenica da stalni i promjenljivi troškovi imaju različite vremenske dospjelosti, pa njihovi apsolutni iznosi nisu usporedivi. Naime, svaka investicija proizvodi određeni višak vrijednosti, koji u krajnjem slučaju dovodi do povećanja dohotka određene društvene zajednice. Taj višak novostvorene vrijednosti bit će veći ako je investicija prije napravljena. Zbog toga je nužno da se svi izdaci, kako bi bili između sebe usporedivi, svedu na jedan referentni trenutak, umanjujući one koji dospijevaju nakon toga trenutka, a povećavajući one koji dospijevaju prije. Pri tom je irelevantno da li se radi o investicijskim izdacima ili, npr., o troškovima za gorivo i sl., a referentni trenutak također nema utjecaja na odnose između pojedinih varijanata. Proces kojim se svi izdaci svode na referentni trenutak zove se proces aktualizacije, a godišnja stopa po kojoj se proces provodi obično se zove stopa aktualiziranja (present worth rate, discount rate, Barwert).

Na sadašnjem nivou ekonomske teorije nema zadovoljavajućeg načina izračunavanja stope aktualizacije na bazi općih ekonomskih podataka i pokazatelja, tako da procjena uvijek sadrži visok stupanj proizvoljnosti. Može se, ipak, općenito kazati da u slučaju nerazvijenih zemalja i zemalja u razvoju pri ocjeni investicijskih projekata treba uzeti u obzir nešto više stope aktualizacije od onih u industrijski visoko razvijenim zemljama, ne samo zbog manjih investicijskih mogućnosti nego, posebno, zbog općenito većeg relativnog porasta društvenog proizvoda koji takve investicije u tim zemljama proizvode (lit. 7).

Druga pojava koju treba uzeti u obzir pri svim analizama takva tipa jest proces inflacije.

Inflacija je poremećaj u odnosu robnih i novčanih fondova, koji se očituje u prekomjernom povećanju papirnog novca u opticaju, a u vezi s tim u padanju njegove vrijednosti, čega je posljedica opći porast cijena. Taj poremećaj može se pojaviti iz više razloga: zbog povećane emisije novčanica radi pokrića državnih rashoda (npr. vojnih), zbog povećanja brzine opticaja novca u prometu, ekspanzije kredita (npr. pretjeranog investiranja), koja ne odgovara stvarnim proizvodnim kapacitetima, smanjenja robe u prometu i sl.

Inflacija, očito, djeluje u smislu poništavanja pozitivnog efekta investicijskog ulaganja, pa bi zbog toga i realna stopa aktualizacije morala biti niža kad je povećana inflacija. Koliki je i kakav međusobni utjecaj stope inflacije i realne stope aktualizacije ostaje problem za ekonomske teoretičare, a u sklopu ove konkretne analize smatrat će se da ta dva parametra ne ovise jedan o drugome. To znači da će se tzv. faktor nominalne stope aktualizacije formirati kao produkt faktora realne stope aktualizacije i faktora stope inflacije, a pogreška koja se na taj način proizvodi kompenzirana je provođenjem računa za nekoliko realnih stopa aktualizacije. Stopa inflacije koja pri takvim, u krajnjoj liniji komparativnim obradama, nema elementaran utjecaj na rezultate nije varirana. Zato su izvedene ove tri varijante:

Varijanta	Faktor inflacije	Faktor realne stope aktualizacije	Faktor nominalne stope aktualizacije
1.	1,06	1,04	1,1024
2.	1,06	1,08	1,1448
3.	1,06	1,12	1,1872

Pri tom je faktor inflacije od 1,06 ekvivalentan stopi inflacije od 6% itd.

Budući da se, kako je rečeno, pretpostavlja korištenje u jednakom iznosu domaćih i inozemnih kredita, može se postaviti pitanje različitih stopa inflacije, odnosno različite eskalacije cijena domaće i strane opreme.

Ako bi se to uzelo u obzir, trebalo bi uzeti u obzir i vremensku promjenu odnosa između tečaja domaćeg i stranog novca, što kod ovakvih komparativnih analiza, osim komplikacije računske prirode, ne bi imalo nikakva utjecaja na rezultat.

5.2. Vijek trajanja objekata analize

Vijek trajanja postrojenja ili pojedinog njegova dijela ima određeni utjecaj na rezultat. Oportuno je uzeti u obzir ekonomski, a ne stvarni opravdani vijek trajanja, s obzirom na to da postoji mogućnost da radikalna promjena situacije, npr. razvoj novih tehnologija i sl. skrati ekonomski vijek postrojenja, a može se dogoditi i obrnuta situacija, tj. da određeno postrojenje ekonomski opravdano funkcionira i nakon nominalnog vijeka trajanja. U siromašnijim sredinama s jeftinom radnom snagom i ograničenom sposobnošću investiranja ekonomski opravdani vijek trajanja obično je nešto dulji.

U našim uvjetima obično se uzima za vrelovodne kotlove ekonomski vijek petnaest godina, a za agregate spojnog procesa dvadeset pet godina. Za nuklearne elektrane postoji tendencija produljivanja ekonomskog vijeka trajanja, dijelom i zbog znatnih troškova sanacije nuklearnih objekata nakon prestanka rada, o čemu se u početku nuklearne ere nije mnogo vodilo računa. Taj ekonomski opravdani vijek trajanja nuklearne elektrane ocjenjuje se na 25 do 35 godina, i ovdje se računalo s trideset godina kao s prosječnom veličinom (usp. lit. 7,8). Vijek trajanja vrelovoda općenito je trideset do pedeset godina, ovisno o situaciji. Budući da se veliki dio dodatnih ulaganja u okvirima ovog rada odnosi na nuklearne elektrane, uzet je vijek trajanja za sve objekte trideset godina, čime su donekle, ali ne previše, opterećene sve varijante koje se baziraju na opskrbi toplinom iz nuklearne elektrane.

6. REZULTATI ANALIZE

U prethodnim odjeljcima dan je ukratko način određivanja osnovnih parametara relevantnih za obavljenu obradu na računskom stroju. Mnogi podaci, koji manje utječu na rezultat, a koji su također detaljno analizirani, nisu ovdje spomenuti zbog ograničenog prostora, iako su uključeni u obradu.

Aktualizacija je izvedena na referentni trenutak 1. 1. 1987. god., a konačni rezultati deeskalirani su na 1. 1. 1978. god.

U tabl. 4. dani su ukupni godišnji troškovi goriva u elektroenergetskom i toplinskom sistemu u referentnoj godini 1987. za sve varijante (10^6 dinara).

Tablica 4.

Varijanta	Troškovi sistema	Varijanta	Troškovi sistema
1.	6 391	12.	6 753
2.	6 398	13.	6 729
3.	6 527	14.	6 773
4.	6 415	15.	6 773
5.	6 557	16.	6 780
6.	6 792	17.	6 937
7.	6 437	18.	6 714
8.	6 555	19.	6 761
9.	6 802	20.	6 924
10.	6 574	21.	6 746
11.	6 819	22.	6 920
		Usporedna	7 187

U tabl. 5. dana je aktualizirana vrijednost razlike ukupnih troškova u toku vijeka trajanja između svake od promatranih varijanti i usporedne varijante deskalirano na 1. 1. 1978. god.

Tablica 5.

AKTUALIZIRANA RAZLIKA U ODNOSU PREMA USPOREDNOJ VARIJANTI U MILIJUNIMA DINARA DEFINIRANIM SA 1. 1. 1978. GOD.

Varijanta	Realna stopa aktualizacije		
	4 %	8 %	12 %
1.	3784	1889	989
2.	4328	2342	1381
3.	4043	2305	1453
4.	4379	2408	1451
5.	3747	2107	1306
6.	2222	1218	731
7.	4252	2339	1410
8.	3833	2174	1361
9.	2107	1141	673
10.	3291	1766	1029
11.	1850	959	532
12.	744	— 67	— 410
13.	2381	1262	723
14.	2401	1341	825
15.	2323	1220	691
16.	2288	1261	762
17.	1213	619	335
18.	2487	1325	766
19.	2471	1381	849
20.	1348	709	402
21.	2114	1071	574
22.	1233	1031	315

Iz tab. 5. može se zaključiti ovo:

a) Gotovo sve promatrane varijante, neovisno o stopi aktualizacije, povoljnije su od usporedne varijante. Najpovoljnije od njih, varijante 3. i 4, te nešto slabije varijante 2, 5, 7. i 8. pokazuju pozitivnu aktualiziranu vrijednost razlike između 1,4 i 4,3 milijarde dinara, ovisno o primijenjenoj stopi aktualizacije.

b) Vidljivo je također da primijenjena stopa aktualizacije ima velik utjecaj na rezultate analize, iako se taj utjecaj svodi uglavnom na apsolutne odnose i zanemariv je ako se radi o relativnim odnosima između pojedinačnih varijanti.

c) Može se ipak smatrati da je srednji stupac u tabl. 5. i najrealniji, jer se stopa aktualiziranja od 8% najčešće primjenjuje, a na temelju takve stope aktualizacije radila je IAEA i neke globalne studije (lit. 7, 8). Mora se ipak reći da u uvjetima pojačane inflacije realna stopa aktualizacije mora biti nešto niža, uglavnom zbog razloga koji su već navedeni. U svakom slučaju, može se sa sigurnošću reći da su i uvjeti kreditiranja primijenjeni ovdje sigurno oštriji nego što bi bili da nema inflacije. Koliko je inflacija ugrađena u postojeće kreditne uvjete teško je reći, ali i ovo treba da bude kompenzirano nešto nižom stopom aktualizacije. Zbog toga, ako se analiziraju alternativne stope aktualizacije, ona od 4% sigurno bi bila realnija nego ona od 12%.

d) Slijedeći zaključak koji nameće analiza tabl. 5. jest da su varijante s konstantnim učinkom reaktora, a promjenljivom snagom na generatoru (1-11), općenito povoljnije od onih s promjenljivim učinkom reaktora i konstantnom snagom na generatoru (12-22).

U nastavku se umjesto definitivnog zaključka daje odgovor na nekoliko pitanja, koja se mogu pojaviti, pogađaju u bit provedene analize, a na koja u tekstu nije dan eksplicitan odgovor.

1. Kako se može opravdati tako visoki pozitivni efekt (reda veličine $2 \cdot 10^9$ dinara) ako se zna da, npr., to iznosi otprilike onoliko koliko aktualizirana vrijednost troškova za gorivo 600 Gcal/h (698 MW) vrelovodnih kotlova u toku trideset godina, a čini se da upravo tih 600 Gcal/h vrelovodnih kotlova čini razliku između, npr., varijante 4. i usporedne varijante? Ako se još uzme u obzir značajna razlika u dodatnim ulaganjima (na štetu nuklearne varijante), rezultat zaista ne djeluje, barem na prvi pogled, posebno logično.

2. Ako se opskrbom ogrjevnom toplinom iz nuklearne elektrane postižu takve uštede, kako je to da se do sada u svijetu nije realizirao ni jedan takav projekt?

3. Što će se dogoditi ako dođe do kraćeg ili duljeg prekida rada nuklearne elektrane u ogrjevnoj sezoni, budući da ona čini (pri danoj potrošnji) oko 50 % instalirane ogrjevne snage, a između ostalog postoji (u slučaju zagrebačkog sistema) i određeni empirijski kriterij po kojem se u slučaju ispada najveće jedinice mora u ogrjevnom sistemu osigurati barem 75 % maksimalne snage potrošnje?

4. Mogu li se dugoročne odluke temeljiti na postojećoj razlici cijena između klasičnog i nuklearnog goriva s obzirom na to da odnos cijena goriva sigurno ima velik utjecaj na rezultat?

Ad. 1. Već je rečeno da je primijenjena metoda simultane analize i elektroenergetskog i toplinskog sistema, pri čemu pozitivni efekt iskazan u tabl. 5. predstavlja, pojednostavljeno rečeno, zbroj pozitivnih efekata u oba sistema umanjenih za dodatna ulaganja. Pri tom se značajna ušteda postiže ne samo u toplinskom nego i u elektroenergetskom sistemu, gdje je protutlačni dio nuklearne toplane (za 4. varijantu oko 130 MW), koji radi u baznom dijelu i toplinskog i elektroenergetskog sistema, po troškovima goriva daleko ispod adekvatnog protutlačnog dijela klasičnog toplifikacijskog bloka u usporednoj varijanti. Ulaskom nuklearne toplane u toplinski sistem dolazi do stanovitog obezvređivanja uloge klasičnih toplifikacijskih blokova, jer oni bivaju potisnuti. Drugim riječima, ako u sistem s optimalnim koeficijentom toplifikacije ulazi nuklearna toplana, taj koeficijent prestaje biti optimalan (što bi se dogodilo i ulaskom bilo kakva drugog agregata), ali se za relativno kratko vrijeme (porastom potrošnje i pravilnim izborom novih agregata) taj odnos može opet stabilizirati, pri čemu se u novoj situaciji optimalni koeficijent toplifikacije raspada na dva optimalna koeficijenta koji opisuju posebno odnos toplinske snage iz nuklearne elektrane, a posebno iz klasičnih toplifikacijskih blokova prema ukupnoj snazi sistema.

Ad 2. Činjenica je da uvjeti u kojima se može pokazati opravdanom gradnja nuklearne toplane (ovdje se taj izraz uvjetno upotrebljava jer se ipak ne radi o nuklearnoj toplani u klasičnom smislu) postoje tek pet do šest godina. Naime, tek nakon energetske krize iz 1973. god. dolazi u svijetu do nagle ekspanzije nuklearne energetike općenito, pa i do značajnih radova na planu korištenja toplinske energije iz nuklearnih elektrana u različite svrhe. Međutim, da bi došlo do potpisivanja ugovora za taj tip energane, taj rok je zaista vrlo kratak. Osim toga, jasno je da se takav objekt može izgraditi samo na određenim mjestima. Njegova lokacija mora biti pravilno izabrana u elektroenergetskom, ali i u toplinskom sistemu, što znači da se mora nalaziti u blizini značajnog konzumnog područja, s primjenom i odgovarajućom toplinskom mrežom, te da na odgovarajućem nivou moraju biti i svi ostali elementi, od topografskih do kadrovskih. Uz te uvjete, u svijetu nema više od nekoliko desetaka mjesta podobnih za lociranje takvih elektrana, a relativno je malo vjerojatno da bi baš te lokacije po svim ostalim kriterijima bile zadovoljavajuće. Ako se uzme u obzir činjenica da je do sada najveći broj nuklearnih elektrana izgrađen u SAD, gdje gotovo uopće nema iskustva s takvim tipovima agregata, te da su zemlje Afrike, Azije i Južne Amerike još daleko od uvođenja nuklearnih elektrana, a da se ne govori o opskrbi toplinom iz nuklearne elektrane, ostaju zapravo samo područja srednje i sjeverne Evrope te SSSR kao potencijalna mjesta za lociranje takvih jedinica.

Slijedeća zapreka naglom uvođenju takvih agregata u rad u svakom su slučaju povećane investicije. Radi se o dvije do tri milijarde dinara, a ispustiti »tog vrapca iz ruke« da bi se nakon nekoliko desetaka godina dobio »golub na grani«, u sadašnjoj nestabilnoj situaciji znači stanovit rizik na koji se nije lako odlučiti. Inače, uzgred rečeno, taj proces iščekivanja mogao bi biti dominantna odlika posljednjeg kvartala ovog stoljeća, pri čemu neki čekaju solarnu, geotermalnu, pa fi-

sionu i tko zna već kakve oblike energije, koji bi svijetu mogli vratiti ugroženu stabilnost, a drugi čekaju možda još neku energetsku krizu, u kojoj bi njihovi podzemni stokovi konvencionalnih oblika energije, svejedno da li na Aljasci, u Sibiru ili na nekom trećem mjestu, došli maksimalno do izražaja. Ti treći, koji nisu ni naftni magnati ni solarni zanesenjaci (ako je to prava riječ), nemaju u ovoj situaciji, koja im najmanje odgovara, što čekati, barem ne bolju i stabilniju energetsku budućnost, ako se, naravno, sami ne potrude da ta budućnost bude drukčija.

Ad 3. Sve varijante obrađene su tako da se uzela u obzir ista sigurnost opskrbe potrošača. S tim u vezi je kod svih varijanata s nuklearnom toplanom vidljivo da one za zadovoljenje iste potrošnje treba da imaju veću instaliranu toplinsku snagu od usporedne varijante (npr. varijanta 4 ima za 200 Gcal/h [232 MW] veću instaliranu snagu od usporedne varijante). Nadalje, već je rečeno da je za vrelovodne kotlove uzet u obzir vijek trajanja trideset umjesto uobičajenih petnaest godina, što zapravo znači da sve varijante s opskrbom toplinе iz nuklearne elektrane imaju investicijsku rezervu adekvatnu izgradnji 600 Gcal/h (698 MW) vrelovodnih kotlova, a to u promatranih trideset godina daje dodatnu snagu od 300 Gcal/h (349 MW). Ako se to uzme u obzir, sigurno je da bi opskrba toplinom iz nuklearne elektrane ne samo pokazala pozitivan financijski rezultat (iskazano u tabl. 5) nego bi osigurala i veću sigurnost opskrbe potrošača. U tom slučaju bi, npr., u 4. varijanti bio zadovoljen i uvjet da u slučaju prekida rada nuklearne elektrane još ostane jedinica u sistemu u veličini 75 % instalirane snage, pa bi čak i taj uvjet, koji bi sigurno trebalo preispitati s više aspekata, bio zadovoljen.

Ad 4. Odnos između cijene klasičnog i nuklearnog goriva sigurno ima odlučujući utjecaj na rezultate takvih i sličnih analiza. U toku 1973. god. taj odnos je enormno porastao u korist nuklearnog goriva, a posljednjih godina se nešto smanjio, jer je cijena nuklearnog goriva rasla po nešto višoj stopi od cijene klasičnih oblika energije. U ovom radu uzet je trend cijena na temelju sadašnje situacije, što se jedino i čini razumnim i što je općenita praksa, jer iako ima dobrih argumenata za tvrdnju da bi ubuduće cijena nuklearnog goriva morala rasti po većoj stopi od cijene, npr., nafte i ostalih konvencionalnih oblika, sigurno ima isto tako dobrih argumenata i za obrnutu tvrdnju. Može se reći da je na današnjem stupnju tehnologije postignuta određena ravnoteža ne samo u području cijena goriva nego i u području ulaganja i svih popratnih pojava na, na žalost, već podosta reguliranom energetskom tržištu. Na žalost, radi toga jer takva situacija ne odgovara nikome tko ovisi o tom i takvom tržištu. U takvoj situaciji se, međutim, ne mogu očekivati ni nekakve velike perturbacije na energetskom tržištu, koje bi sigurno izazvao dugoročni skok cijena pojedine vrste goriva u odnosu prema drugoj.

Ipak, mora se priznati da rezultati jedne ovakve analize, koji se u osnovi temelje na dugoročnim prognozama, sadrže određeni stupanj neizvjesnosti, koji se ne može precizno definirati. Obrade koje bi taj stupanj neizvjesnosti željele smanjiti prešle bi i opsegom i kvalitetom nivo jedne ovakve analize, iako zasigurno ne bi dale ništa konkretnije ni određenije rezultate.

LITERATURA

1. Čorak: Metoda vrednovanja toplinskih jedinica u elektroenergetskom i toplinskom sistemu (disertacija), Zagreb, 1976.
2. Čorak, Malbaša, Komerički: Mogućnost korištenja otpadne topline iz NE »Prevlaka« za opskrbu Zagreba ogrjevnom toplinom, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1977.
3. Čorak: Mjesto i uloga centraliziranih toplinskih sistema u urbanim sredinama, Urbanex, Zagreb, 1977.
4. Požar: Dugoročna projekcija razvoja elektroprivrede SR Hrvatske i neke varijante izgradnje elektrana, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1975.
5. Korek: Wärmeauskopplung aus grossen Kraftwerkseinheiten, Fernwärme international-FWI, Jg. 6 (1977), Heft 3.
6. Komerički: Optimiranje toplinskih mreža, program za računski stroj, Institut za elektroprivredu, Zagreb.
7. Economic Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna, 1976.
8. Nuclear Power Planning Study for Honkong, IAEA, Vienna, 1977.
9. Mandić: Izbor optimalnih snaga i optimalnih tehničkih i pogonskih karakteristika termoenergetskih blokova u Jugoslaviji do 1985. godine, Elektroprojekt, Beograd, 1974.
10. Schüler: Das optimale »Kalte Ende« von Kondensations Blockeinheiten, Elektrizitätswirtschaft, II/1971.
11. Nuklearna elektrana »Krško«, PSAR br. 10.
12. Westinghouse Electric Corporation, Thermal Performance Data for Krško, 1975.
13. Mrkušić: Međunarodni ekonomski odnosi, Beograd, 1973.

Naslov pisca:
Mr Niko Malbaša, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

OVISNOST UNUTARNJIH PRENAPONA U RAZDJELNIM MREŽAMA O NAČINU UZEMLJENJA ZVJEZDIŠTA I O DRUGIM UTJECAJIMA

Ivo Hrs, Zagreb

Izvršen je veliki broj ispitivanja prenapona nastalih u razdjelnim mrežama zbog namjernih kvarova i isklapanja kvarova. Pri tome su varirani različiti paramentri mreže, oblik, mjesto i trenutak nastajanja kvara. Dobiveni rezultati podvrgnuti su iscrpnoj analizi, na temelju koje se moglo zaključiti o nivou očekivanih prenapona u različitih uvjetima i o utjecaju djelatnog otpora u zvjezdištu na njihovo ograničenje.

DK 621.316.93 : 621.3.053

UVOD

U većem dijelu Hrvatske obavljaju se pripreme za prijelaz razdjelnih srednjonaponskih mreža s pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon s uzemljenjem zvjezdišta preko djelatnog otpora male vrijednosti, uz ograničenje struje jednopolnog kvara na maksimalno 300, 700 ili 1000 A (ovisno o karakteristikama mreža). Očekuje se, pri tome, da će jedna od osnovnih koristi od takva neizravnog uzemljenja zvjezdišta biti smanjenje unutarnjih prenapona u tim mrežama. Iako je unaprijed poznato da u otporno uzemljenoj mreži ne mogu nastupiti dugotrajni ili uzastopni visoki prenaponi, kakvi npr. mogu nastati kod intermitirajućeg zemljospoja (jer se intermitirajući zemljospoj u takvoj mreži ne može održati), ipak su se tvrdnje o dobitima u pogledu nivoa prenapona morale dokazati, i to je bio neposredni povod da se pristupi istraživanju unutarnjih prenapona u razdjelnim mrežama i njihove ovisnosti o različitim utjecajima.

Odlučeno je da se u tu svrhu izvrši niz ispitivanja u jednoj živoj mreži (jer se fizičkim ili matematičkim modelima teško mogu obuhvatiti svi utjecaji), prije svega usporedbena mjerenja u izoliranoj i u otporno uzemljenoj mreži, da bi se tako ustanovio utjecaj uzemljenja zvjezdišta preko malog djelatnog otpora na smanjenje unutarnjih prenapona. S obzirom na to da su u 35 kV mreži Istre najprije završene pripreme za otporno uzemljenje zvjezdišta, a i zbog spremnosti distributivnog poduzeća »Elektroistra« da za provedbu ispitivanja stavi na raspolaganje svoju 35 kV mrežu, dogovoreno je da se ispitivanja prenapona obave u toj mreži. Ujedno je iskorištena ta povoljna prilika da se istraže i drugi različiti utjecaji na nivo unutarnjih prenapona, a ne samo način uzemljenja zvjezdišta.

U principu su ispitivanja zamišljena tako da se u nekoj točki 35 kV mreže umjetno izazove kvar, da se taj kvar isklapa u pojnoj točki, te da se mjere fazni naponi kod nastajanja kvara i kod isklapanja kvara. Kao karakteristični kvar izabran je jednopolni zemljospoj, jer je to najčešći kvar u pogonu, nastao zbog proboja izolacije, udara groma ili drugih pogonskih događaja, a druge vrste kvarova najčešće su posljedica jednopolnog zemljospoja.

Program ispitivanja u mreži sastavljen je tako da bi se saznalo slijedeće:

A. koliki se prenaponi zbog zemljospoja mogu očekivati u razdjelnim mrežama s izoliranim zvjezdištem:

B. kojim se statističkim zakonitostima pokoravaju skupovi prenapona zbog zemljospoja u izoliranim razdjelnim mrežama;

C. kako veličina prenapona zbog zemljospoja u izoliranim mrežama ovisi o trenutku nastajanja kvara, o veličini mreže, o obliku kvara, udaljenosti kvara i o drugim utjecajima;

D. postoje li u realnim razdjelnim mrežama s izoliranim zvjezdištem uvjeti za nastajanje intermitirajućih zemljospojeva;

E. koliko se prenaponi mogu očekivati kod eventualnih intermitirajućih zemljospojeva ili njima sličnih događaja s više ili manje stabilnim zemljospojevima;

F. nastaju li u realnim razdjelnim mrežama s izoliranim zvjezdištem popratne pojave zbog zemljospoja, kao dvostruki zemljospojevi ili kratki spojevi;

G. kolika se dobit postiže u pogledu sniženja prenapona zbog zemljospoja uzemljenjem zvjezdišta razdjelnih mreža preko djelatnog otpora male vrijednosti;

H. kako veličina prenapona zbog zemljospoja u otporno uzemljenim mrežama ovisi o trenutku nastajanja zemljospoja, o veličini mreže, o udaljenosti kvara i o veličini djelatnog otpora u zvjezdištu;

I. u kojoj se mjeri otpornim uzemljenjem zvjezdišta eliminiraju popratne pojave kod zemljospoja (intermitirajući, ponovljeni i dvostruki zemljospojevi) i oštećenja izolacije zbog tih pojava;

J. koliki su prenaponi zbog isklapanja zemljospoja u razdjelnim mrežama s izoliranim zvjezdištem i kojim se statističkim zakonitostima pokoravaju;

K. kako kvaliteta sklopke kojom se isklapa zemljospoj utječe na veličinu i oblik prenapona zbog isklapanja zemljospoja;

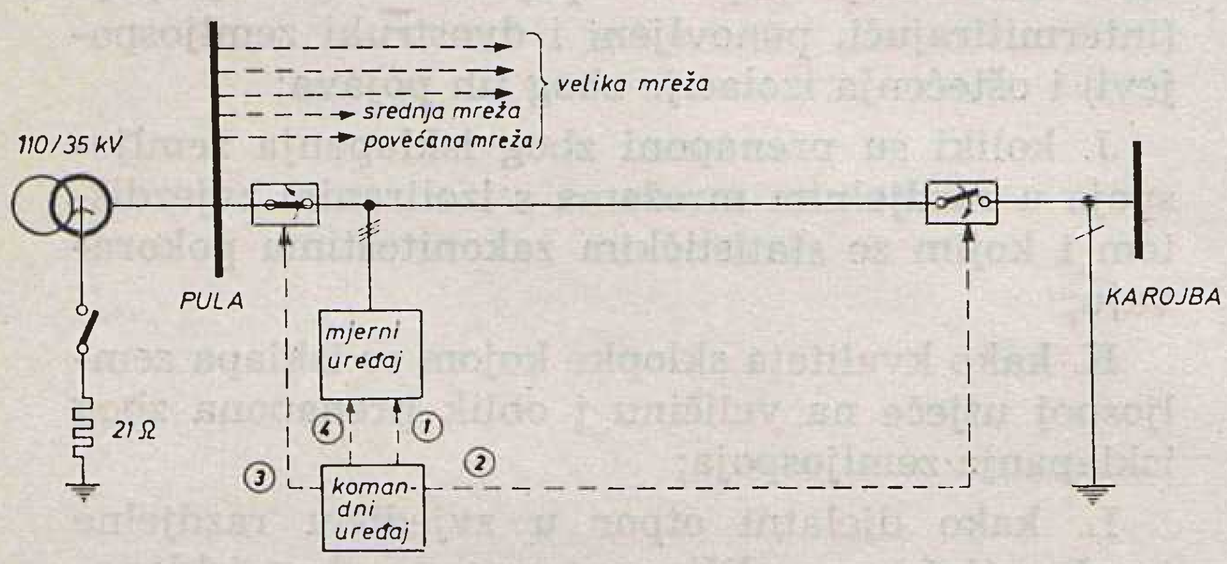
L. kako djelatni otpor u zvjedištu razdjelne mreže utječe na veličinu prenapona zbog isklapanja zemljospoja.

Treba reći da se velik dio problema nabrojenih pod A do L već istraživao u svijetu. Time se, međutim, ne umanjuje potreba za daljim i dopunskim istraživanjima tih problema, sa svrhom da se dosadašnja saznanja o prenaponima u srednjonaponskim razdjelnim mrežama, s jedne strane, potvrde i eventualno korigiraju, a s druge strane, dopune novim znanjima o nivou i karakteru prenaponskih pojava. Osim toga, naše razdjelne mreže imaju neke posebnosti. Tako su one često miješane, sastavljene od nadzemnih vodova i kabela, što je u svijetu rjeđe. U takvim mrežama zemljospojevi najčešće nastupaju u nadzemnim vodovima, zbog onečišćene ili oštećene izolacije, ili pak zbog udara groma, pa nastali prenaponi mogu u kabelskom dijelu mreže uzrokovati neugodne i višestruke kvarove, zbog s vremenom oslabljene izolacije.

Takvu slučaju prilagođen je plan ispitivanja u 35 kV mreži priključenoj na TS 110/35 kV Pula, i nazvanoj »Ispitna mreža PULA«. U toj mreži su zemljospojevi izazivani na kraju jednog nadzemnog voda (ocijenjeno je da je, uglavnom iz pogonskih razloga, najpovoljnije kvar izazivati u TS 35/10 kV Karojba, koji se nadzemnim vodom napaja iz TS 110/35 kV Pula), a prenaponi su mjereni u pojnoj točki (u TS 110/35 kV Pula), iz koje se napaja i kabelska 35 kV mreža Pule.

Prilikom ispitivanja nastojalo se da prilike budu što sličnije onima u momentu nastajanja stvarnog kvara u mreži. Zbog toga se, kako se vidi iz plana ispitivanja u ispitnoj mreži PULA prikazanog na sl. 1, preko komandnog uređaja iz Pule upravljalo sklopkom u Karojbi, iza koje je bio montiran jednopolni zemljospoj i kojom se taj zemljospoj uklapao, a zatim je istim uređajem komandirano isklapanje sklopke u Puli. Redoslijed komandi, prikazan crtkano na sl. 1, omogućio je da se jednim pokusom i na istom oscilogramu zabilježe prenaponske pojave kod nastajanja zemljospoja (tj. pri uklapanju sklopke u Karojbi) i kod isključenja zemljospoja (tj. pri isklapanju sklopke u Puli). Taj je redoslijed bio ovakav:

1. uključenje mjernog uređaja,
2. uključenje jednopolnog zemljospoja u Karojbi,
3. isključenje jednopolnog zemljospoja u Puli,
4. isključenje mjernog uređaja.



Sl. 1. Osnovni plan ispitivanja prenapona u ispitnoj mreži PULA

Očekivalo se da će prenaponi koji nastaju zbog isklapanja zemljospoja znatno ovisiti o kvaliteti sklopke kojom se isklapa zemljospoj. Da bi se ustanovio taj utjecaj, u ispitnoj mreži PULA provedene su dvije glavne grupe ispitivanja: u prvoj grupi zemljospoj se isklapao hidromatskom sklopkom proizvodnje ČKD, koja se već dugo upotrebljava, a u drugoj grupi ispitivanja zemljospoj se isklapao s novom malouljnom sklopkom koju proizvodi »Rade Končar«.

Da bi se ustanovila ovisnost prenapona o veličini mreže u kojoj nastaje i isklapa se zemljospoj, ispitivanja u mreži PULA izvršena su u četiri različite mreže:

a) ispitivanja u minimalnoj mreži, kod kojih je na transformator u Puli bio priključen samo vod do Karojbe;

b) ispitivanja u povećanoj mreži, kod kojih je, osim voda do Karojbe. na transformator bio priključen još jedan nadzemni vod približno jednake duljine;

c) ispitivanja u srednjoj mreži, kod kojih je, osim voda do Karojbe, na transformator bio priključen kabel Pula-Gregovica-Centar;

d) ispitivanja u velikoj mreži, kod kojih je na transformator bila priključena mnogo veća kabelska i nadzemna mreža.

Treba naglasiti da je svaka vrsta nabrojenih ispitivanja obavljena uz dva različita stanja 35 kV zvjezdišta transformatora 110/35 u Puli; jedanput je to zvjezdište bilo izolirano, a drugi put uzemljeno preko djelatnog otpora od 21 Ω, kojim je struja jednopolnog kvara bila ograničena na maksimalno 1000 A.

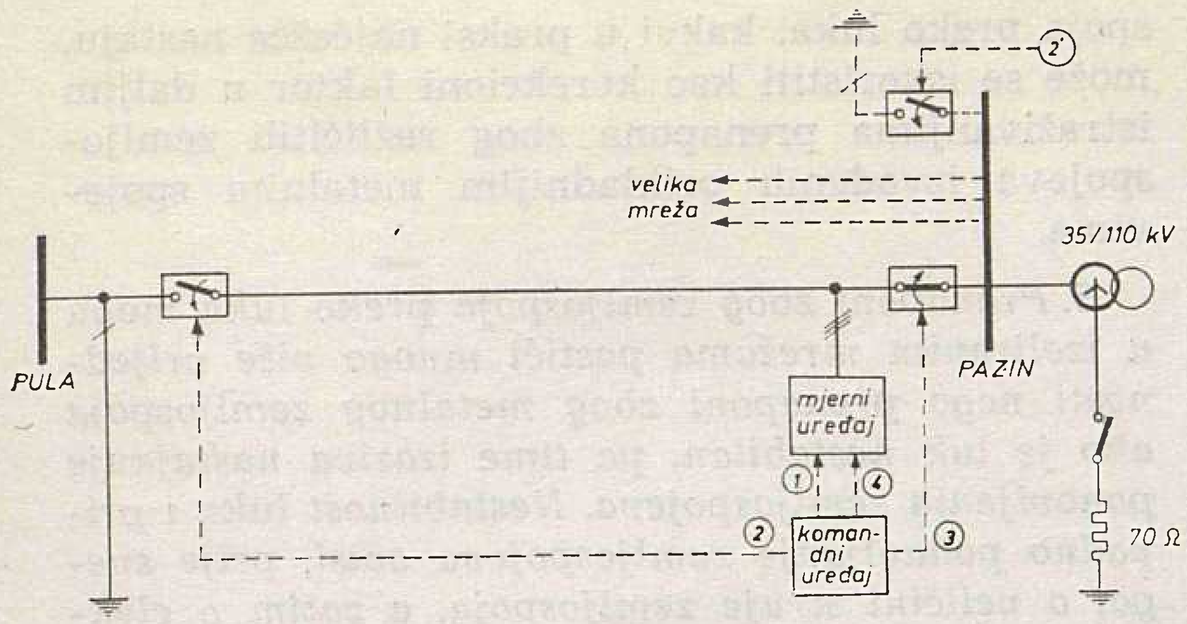
Zemljospoj u Karojbi bio je izveden na dva različita načina. Jednaka ispitivanja vršena su uz:

a) kruti (metalni) zemljospoj, ostvaren krutom metalnom vezom faznog vodiča sa zemljom;

b) zemljospoj preko luka, ostvaren iskrištem paralelno izolatorskom lancu. To iskrište izvedeno je pomoću vrlo tanke žice kojom je izolatorski lanac bio premošten, s tim što je ta žica u sredini bila prekinuta, a krajevi su bili 1—2 centimetra razmaknuti. Nakon uklapanja sklopke u Karojbi, nastao je preskok između krajeva žice, žica je trenutno izgorjela i izolatorski lanac bio je premošten lukom.

Dalja ispitivanja prenapona zbog zemljospoja i zbog isklapanja zemljospoja obavljena su u 35 kV mreži priključenoj na TS 110/35 kV Pazin, nazvanoj »Ispitna mreža PAZIN«. Kako se vidi iz osnovnog plana ispitivanja prikazanog na sl. 2, ispitivanja su vršena u principu jednako kao i u mreži PULA, ali su se istraživali još neki drugi utjecaji na veličinu prenapona.

Najprije, s obzirom na to da je zvjezdište ispitne mreže PAZIN u dijelu ispitivanja bilo uzemljeno preko djelatnog otpora 70 Ω, kojim je struja jednopolnog kvara bila ograničena na maksimalno 300 A, mogao se istraživati utjecaj veličine otpora



Sl. 2. Osnovni plan ispitivanja prenapona u ispitnoj mreži PAZIN

u zvjezdištu 35 kV mreže na veličinu prenapona zbog zemljospoja i isklapanja zemljospoja.

Nadalje, željelo se ustanoviti kako udaljenost zemljospoja utječe na nivo istraživanih prenapona, pa je u jednoj grupi ispitivanja zemljospoj izazivan na kraju nadzemnog voda Pazin—Pula, a u drugoj grupi ispitivanja zemljospoj je izazvan na sabirnicama pojne točke.

Veličina ispitne mreže i ovdje se mijenjala, pa su u ispitnoj mreži PAZIN provedene dvije glavne grupe ispitivanja:

a) ispitivanja u minimalnoj mreži, kod kojih je na transformator u Pazinu bio priključen samo vod do Pule;

b) ispitivanja u velikoj mreži, kod kojih je na transformator u Pazinu bila priključena mreža maksimalno moguće veličine (pretežno nadzemna).

Utjecaj oblika zemljospoja i kvalitete sklopke nije se istraživao u ispitnoj mreži PAZIN, s obzirom na to da su ta istraživanja prije toga obavljena u mreži PULA, pa je prilikom ispitivanja izvođen samo kruti zemljospoj, a zemljospoj se isklapao samo malouljnom sklopkom.

U svakoj vrsti ispitivanja izveden je dovoljan broj pokusa za postizanje pouzdanih i statistički obradivih rezultata (provedena su ukupno 323 pokusa).

O jednom dijelu tih ispitivanja već je pisao časopis »Energija« [11]. U tom članku dovoljno je rečeno o tehnici mjerenja i o mjernom postupku, pa će se nadalje prikazati samo rezultati istraživanja ovisnosti unutarnjih prenapona u razdjelnim mrežama o načinu uzemljenja zvjezdišta i o drugim različitim utjecajima.

PRENAPONI ZBOG ZEMLJOSPOJEVA U MREŽAMA S IZOLIRANIM ZVJEZDIŠTEM

Velik broj podataka o prenaponima zbog zemljospojeva i zbog isklapanja zemljospojeva, dobivenih mjerenjem u različitim mrežama i u različitim uvjetima, podvrgnut je statističkom promatranju. Rezultati provedenih analiza mogu se sažeti u dvadeset točaka, koje su u ovom tekstu napisane kurzivom, te komentirane i ilustrirane.

Najprije ćemo promotriti rezultate istraživanja očekivanih prenapona zbog zemljospojeva u mrežama s izoliranim zvjezdištem.

1. U 35 kV mrežama s izoliranim zvjezdištem zabilježene su zbog zemljospojeva, osim vrijednosti kod ponovljenih i dvostrukih zemljospojeva, slijedeće najveće vrijednosti faktora prenapona:

K_{max} = *2,71 u malim mrežama sa strujom zemljospoja* 5 . . . 11 *A*

K_{max} = *2,54 u srednjim mrežama sa strujom zemljospoja* 30 . . . 40 *A*

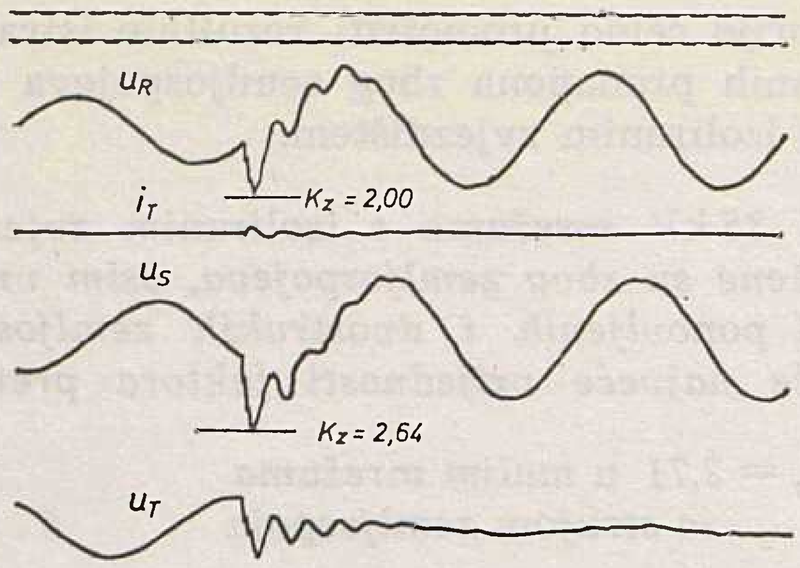
K_{max} = *2,38 u velikoj mreži sa strujom zemljospoja* 60 *A*

Ti su rezultati u skladu s teoretskim očekivanjima maksimalnih prenapona zbog zemljospoja u izoliranim mrežama, no najveće vrijednosti približavaju se graničnoj očekivanoj vrijednosti 2,73 samo u malim mrežama, gdje su frekvencije prijelaznih pojava visoke i prigušenje ne dolazi do velikog izražaja.

2. Prenaponi zbog zemljospoja najviše ovise o momentalnoj vrijednosti napona bolesne faze u trenutku zemljospoja. Najviši prenaponi nastaju ako je napon bolesne faze u trenutku zemljospoja blizak ili jednak tjemenoj vrijednosti, pozitivnoj ili negativnoj. Skupovi prenapona zbog zemljospoja dobro se karakteriziraju odnosom broja nastalih zemljospojeva u blizini maksimuma napona bolesne faze ($u > 0{,}707\,U_m$) i broja nastalih zemljospojeva kod ostalih momentalnih vrijednosti ($u < 0{,}707\,U_m$), nazvanog karakterističnim brojem skupa prenapona (N).

Na sl. 3. vidi se da pri nastanku zemljospoja u trenutku u $\approx$ 0 nastupa miran prijelaz napona zdravih faza iz jednog u drugo stacionarno stanje, praktično bez ikakvih prijelaznih pojava. Nasuprot tome, pri nastanku zemljospoja u trenutku $u = U_m$ nastaju u zdravim fazama značajne vrijednosti prenapona, kako se vidi na sl. 4. Da bi se mogli uspoređivati skupovi prenapona nastali u različitim uvjetima, uvedeno je obilježavanje tih skupova spomenutim karakterističnim brojem, pa se za ocjenu drugih utjecaja na prenapone zbog zemljospoja moraju uspoređivati skupovi s jedna-

Sl. 3. Zemljospoj u izoliranoj mreži kod $u_T \sim 0$



Sl. 4. Zemljospoj u izoliranoj mreži kod $u_T \sim U_m$

kim karakterističnim brojevima. Svakako se pri tome postavlja pitanje koji skupovi prenapona, s obzirom na njihove karakteristične brojeve, realno mogu nastati zbog zemljospojeva. Ako zemljospojevi nastaju zbog premoštenja izolacije, na primjer, nekim stranim tijelom, tada je jednaka vjerojatnost da će zemljospoj zbog takvih uzroka nastati u bilo kojem dijelu periode, pa tome odgovaraju skupovi prenapona s karakterističnim brojem N = 50 % : 50 %. Naprotiv, zemljospojevima čiji je uzrok oslabljena izolacija zbog onečišćenja ili starosti bolje odgovaraju skupovi prenapona nastali u maksimumu ili u blizini maksimuma napona bolesne faze, pa takvu uzroku odgovaraju skupovi prenapona s karakterističnim brojem N = 100 % : 0 %.

3. Promatrani skupovi prenapona zbog zemljospoja u izoliranim mrežama slijede zakon normalne razdiobe. Provedena ispitivanja različitih empiričkih razdioba faktora prenapona zbog zemljospoja ne proturječe ovoj hipotezi. Za najinteresantnije skupove prenapona s tako nazvanim realnim karakterističnim brojevima, tj. s karakterističnim brojem N = 100 % : 0 % i N = 50 % : 50 %, zapaženo je osobito dobro poklapanje razdiobe faktora prenapona s teoretskom normalnom razdiobom.

Ustanovljenom zakonitošću razdiobe skupova prenapona, osobito onih s realnim karakterističnim brojevima, omogućeno je određivanje vjerojatnosti nastajanja visokih vrijednosti prenapona zbog zemljospoja, posebno općenito za prenaponske skupove karakterističnih 98 %-nih kvantila faktora prenapona.

4. U mrežama s izoliranim zvjezdištem zapažen je blag utjecaj otpora luka na smanjenje prenapona zbog zemljospoja, i to više kod manjih struja luka, i obrnuto. U granicama struja zemljospoja 6 ... 60 A prenaponi zbog metalnog zemljospoja u jednakim su uvjetima veći od prenapona zbog zemljospoja preko luka za 2 ... 4 %, pri čemu manja vrijednost pripada mrežama s većom strujom zemljospoja.

Takvi su rezultati u skladu s teoretskim očekivanjem, jer se s povećavanjem otpora povećava prigušenje. Ustanovljeni kvantitativni utjecaj otpora luka na prigušenje prenapona zbog zemljospoja preko luka, kakvi u praksi najčešće nastaju, može se iskoristiti kao korekcioni faktor u daljim istraživanjima prenapona zbog različitih zemljospojeva izvođenih prikladnijim metalnim spojevima.

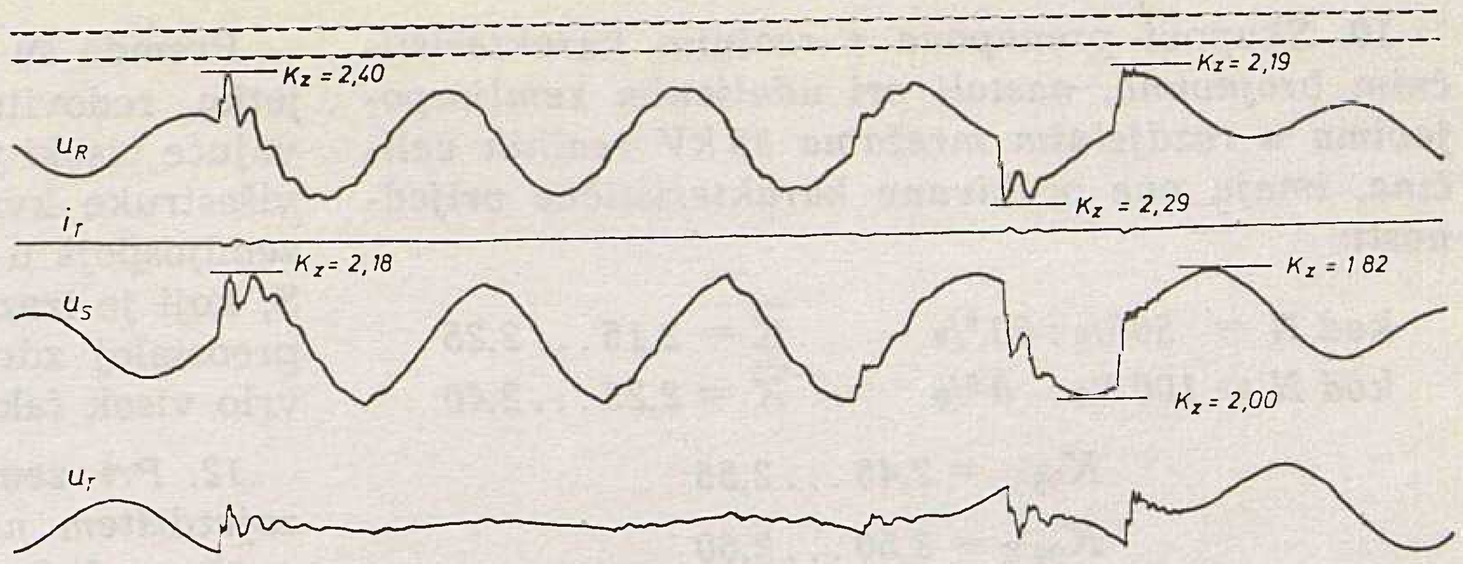
5. Prenaponi zbog zemljospoja preko luka mogu u izoliranim mrežama postići mnogo više vrijednosti nego prenaponi zbog metalnog zemljospoja ako je luk nestabilan, pa time izaziva nastajanje ponovljenih zemljospojeva. Nestabilnost luka i pripadno ponavljanje zemljospojeva ovisi, prije svega, o veličini struje zemljospoja, a zatim o elektrodnom rasporedu i o atmosferskim prilikama na mjestu zemljospoja. Ponovljeni zemljospojevi zabilježeni su uglavnom u malim mrežama sa strujama zemljospoja 6 ... 11 A, a u mreži sa strujom zemljospoja 30 A samo uz povećani elektrodni razmak (luk preko tri izolatora u lancu). U velikoj mreži sa strujom zemljospoja 60 A nijedanput, ni uz povećani razmak elektroda, a ni uz različite atmosferske prilike, nisu registrirani ponovljeni zemljospojevi.

6. Ispitivanjima je ustanovljeno da se ponovljeni zemljospojevi zbivaju u mreži vrlo nesistematski, pa su izvođenjem niza pokusa u nepromijenjenim uvjetima postignuti vrlo različiti rezultati, kako u pogledu stabilnosti luka i broja gašenja, te ponovnih paljenja luka za vrijeme trajanja zemljospoja, tako i u pogledu trenutka gašenja i paljenja luka, te vrijednosti pripadnih prenapona. Promjenama elektrodnog rasporeda i mijenjanjem struje luka u širokim granicama nije postignuta urednost tih pojava. Zato se može zaključiti da je nastajanje intermitirajućih zemljospojeva u stvarnim mrežama vrlo malo vjerojatno.

7. Pri ponovljenim zemljospojevima u naponu uspostavljanja zapažena je prisutnost istosmjerne komponente, zbog čega napon bolesne faze nakon gašenja luka postiže vrijednost višu od normalnog faznog napona (ako prethodno ne nastupi ponovno paljenje već prije, pri porastu napona uspostavljanja), pa time postaju povoljni uvjeti za ponovno paljenje luka. Također zbog toga prenaponi u zdravim fazama postižu pri ponovljenom zemljospoju više vrijednosti nego pri prvom zemljospoju, pa su zabilježene vrijednosti faktora prenapona u takvim prilikama osjetno više (do 2,87). Ponovljeni zemljospojevi, dakle, opasni su i zbog uzastopnosti i zbog visokih amplituda prenapona.

Posebna je pažnja posvećena zemljospojevima preko nestabilnog luka, dakle događajima kad se luk povremeno gasi i ponovo pali, nazvanim »ponovljeni zemljospojevi«, za razliku od intermitirajućih zemljospojeva, pod kojima se razumijeva odvijanje događaja prema teoriji Petersena [3, 13, 15] (prema kojoj se luk pali u svakom pozitivnom i negativnom maksimumu napona, a gasi kada visokofrekventna komponenta struje zemljospoja prolazi kroz nulu), ili prema teoriji Petersa i Slepiana [3, 13, 15] (prema kojoj se luk također pali u maksimumu napona, a gasi pri prolazu

kroz nulu komponente struje pogonske frekvencije), teoriji Rüdenberga [25] i drugih autora. Takvi uredni događaji u praksi se ne događaju pa nije moguće ni nastajanje izuzetno visokih prenapona, kakve navedeni autori teoretski očekuju. Ponavljanjem pokusa sa zemljospojem preko luka u nepromijenjenim uvjetima dobiveni su vrlo različiti oscilogrami, pa je jedanput luk sasvim stabilan, drugi put se odmah gasi, u trećem pokusu je bez ikakva reda nastupilo jedno ili više gašenja i ponovnih paljenja luka, četvrti put je registriran niz uzastopnih ponovnih paljenja kod vrlo različitih momentalnih vrijednosti napona bolesne faze, itd. Nastali prenaponi pri tome nisu osobito visoki, a više od toga je neugodna njihova uzastopnost. Na sl. 5. prikazan je oscilogram pokusa u kojem je zabilježeno nekoliko ponovljenih zemljospojeva prije definitivnog gašenja luka.



Sl. 5. Ponavljani zemljospojevi u izoliranoj mreži

Drugi istraživači su kod zemljospojeva preko nestabilnog luka zabilježili više najvećih vrijednosti prenapona, s tim što one praktično ne prelaze $3{,}2\ U_t$ [3, 4, 6, 13].

Prilikom ispitivanja opaženo je da u mreži s relativno velikom strujom zemljospoja nijedamput nije došlo do gašenja i ponovnog paljenja luka. Međutim, ima mišljenja [13] da gašenja i ponovna paljenja luka mogu nastati kod bilo koje veličine struje zemljospoja ako je na mjestu zemljospoja prisutna intenzivna deionizacija, npr. zbog jakog vjetra. No na temelju rezultata niza ispitivanja provedenih u različitim prilikama, pa i kod jakog vjetra, ta tvrdnja, premda se ne može odbaciti, čini se da je u velikim mrežama teško ostvariva.

8. S povećanjem mreža s izoliranim zvjezdištem prenaponi zbog zemljospoja postaju manje frekventni, prigušeniji i manjih amplituda. Ako se kao mjerilo veličine mreže uzme kapacitivna struja zemljospoja, i usporede li se, na primjer, aritmetičke sredine skupova prenapona iz različitih mreža, zabilježenih kod zemljospojeva u trenucima $u_T > 0{,}707\ U_m$, dobivaju se ovi odnosi:

kod $I_c =$ 5 *A*	$\overline{K} = 2{,}37$	$\overline{K}_v = 2{,}56$
kod $I_c = 6 \ldots 11$ *A*	$\overline{K} = 2{,}30$	$\overline{K}_v = 2{,}42^*$
kod $I_c =$ 40 *A*	$\overline{K} = 2{,}19$	$\overline{K}_v = 2{,}41$
kod $I_c =$ 60 *A*	$\overline{K} = 2{,}16$	$\overline{K}_v = 2{,}29^*$

gdje su $\overline{K}$ i $\overline{K}_v$ aritmetičke sredine skupova faktora prenapona u obje zdrave faze, odnosno samo većih faktora prenapona iz pojedinih pokusa. Vrijednosti sa zvjezdicom odnose se na ujedinjene skupove prenapona kod krutog zemljospoja i kod zemljospoja preko luka, što znači da bi samo kod krutog zemljospoja te vrijednosti bile nešto više. Do sličnih se odnosa i jednakog zaključka dolazi usporedbom 98 %-nih kvantila faktora prenapona i već u 1. točki pokazanom usporedbom maksimalnih zabilježenih faktora prenapona.

Teoretski, s porastom veličine mreže trebalo bi očekivati porast prenapona zbog zemljospoja, jer se s povećanjem mreže smanjuje frekvencija visokofrekventne komponente napona nakon zemljospoja Ω, s obzirom da najveći utjecaj na to ima povećanje dozemnog kapaciteta. To bi, međutim, bilo točno samo ako se zanemari prigušenje, no ono baš u velikoj mreži, zbog niskih frekvencija, više dolazi do izražaja. Zato je smanjenje prenapona s povećanjem mreže u skladu s teoretskim očekivanjima, barem u području u kojem odnos Ω/ω još ne postiže sasvim malu vrijednost. Treba još reći da predstavljanje veličine mreže samo strujom zemljospoja nije sasvim korektno, ali je, s obzirom na utjecaj na prenapone, svakako najprikladnije, pa se time služe i drugi autori.

9. Prenapone zbog bliskog zemljospoja u izoliranim mrežama, u odnosu prema prenaponima zbog udaljenog zemljospoja u istim mrežama, karakterizira veća frekvencija, veće prigušenje i manje amplitude. Pri zemljospojevima u pojnoj točki zabilježeni su u toj točki približno 5 . . . 10 % manji faktori prenapona u odnosu prema prenaponima koji su u jednakim uvjetima zabilježeni pri zemljospojevima na kraju voda. Pri tome su manje razlike zabilježene u relativno velikoj mreži (4 . . . 6 % kod $I_c = 40$ A), a veće u maloj mreži (7 . . . 10 % kod $I_c = 5$ A).

Ovdje treba uvažiti da takvi rezultati vrijede samo za pojnu točku, u kojoj su obavljena mjerenja, s obzirom na rezultate drugih istraživača, posebno Kinsnera [13], prema kojima kod zemljospoja u pojnoj točki veće prenapone treba očekivati na krajevima vodova. U kojoj će se mjeri na krajevima vodova pojaviti povišenja prenapona, u odnosu prema vrijednostima zabilježenima u pojnoj točki, ovisi o duljini tih vodova i o tome jesu li i u kojoj su mjeri opterećeni. Ustanovljene postotne razlike prilično su u skladu s Kinsnerovim rezultatima.

10. Skupovi prenapona s realnim karakterističnim brojevima, nastali pri udaljenim zemljospojevima u razdjelnim mrežama 35 kV realnih veličina, imaju ove očekivane karakteristične vrijednosti:

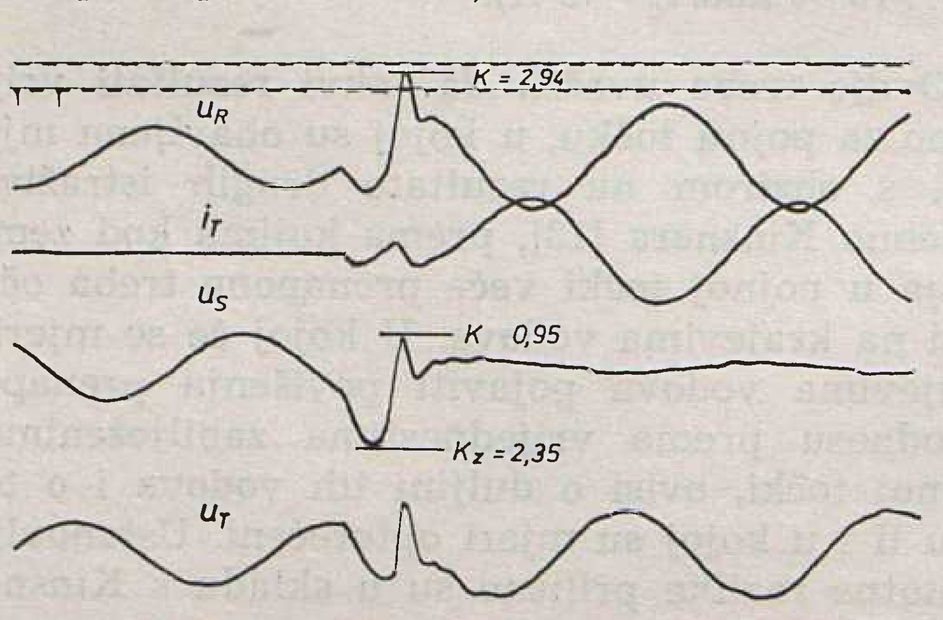
$$\text{kod } N = 50\,\% : 50\,\% \qquad \overline{K} = 2{,}15 \ldots 2{,}25$$
$$\text{kod } N = 100\,\% : 0\,\% \qquad \overline{K} = 2{,}25 \ldots 2{,}40$$

$$K_{98\%} = 2{,}45 \ldots 2{,}55$$
$$K_{98\%} = 2{,}50 \ldots 2{,}60$$

pri čemu veće vrijednosti iz ovih opsega odgovaraju manjim mrežama, i obrnuto. Treba napomenuti da ovdje nisu uračunati i prenaponi nastali zbog ponovljenih zemljospojeva, čije je nastajanje malo vjerojatno u mrežama realnih veličina.

Važno je sada ustanoviti u kojoj mjeri se ti značajni rezultati mogu smatrati reprezentativnima za razdjelne mreže s izoliranim zvjezdištem. Zemljospoj koji nastane na kraju jednog voda kritičniji je za prenapone u pojnoj točki, kako je ustanovljeno ispitivanjem. Prema očekivanjima u [8, 13, 17], u tom slučaju na krajevima drugih vodova, ako su oni dugi i otvoreni na kraju, istodobno mogu nastupiti još viši prenaponi od izmjerenih u pojnoj točki (prema [13] i do 10 % viši). Međutim, s osobito dugim vodovima ne može se računati u razdjelnim mrežama, pa se za dobivene karakteristične vrijednosti realnih skupova prenapona može reći da vrijede za pojnu točku, a približno i za cijelu mrežu. Značajno je još da više istraživača tvrdi da su prenaponi zbog zemljospoja praktično neovisni o nazivnom naponu mreže, pa se dobiveni rezultati mogu smatrati orijentacionima i za razdjelne mreže napona 10 i 20 kV.

11. U mrežama s izoliranim zvjezdištem mogu nastati dvostruki zemljospojevi zbog prenapona koji nastaju kod prethodnih jednopolnih zemljospojeva. Nastajanje dvostrukih zemljospojeva uglavnom ovisi o stanju i kvaliteti izolacije, pa su oni to vjerojatniji što je mreža veća (jer u takvoj mreži treba očekivati više slabih točaka) i starija. Dvostruki zemljospojevi su za vrijeme ispitivanja nastali šest puta (samo u ispitnoj mreži PULA, koja je starija i gdje je u vrijeme ispitivanja povremeno bilo vlažno vrijeme), pri čemu su u preostaloj zdravoj fazi zabilježeni redovito vrlo visoki faktori prenapona (do 3,32).



Sl. 6. Dvostruki zemljospoj u izoliranoj mreži

Premda su dvostruki zemljospojevi nastajali rijetko, redovito su pri tome zabilježeni zabrinjavajuće visoki prenaponi, koji mogu izazvati daljnje višestruke kvarove. Na sl. 6. vidi se da je zbog zemljospoja u fazi T nastao visoki prenapon u fazi S, koji je izazvao drugi zemljospoj u toj fazi, a u preostaloj zdravoj fazi R zabilježen je pri tome vrlo visok faktor prenapona.

12. Pri zemljospojevima u mreži s izoliranim zvjezdištem ne nastaju dodatna naponska naprezanja međufazne izolacije, osim u slučaju dvostrukog zemljospoja, kada su i međufazni prenaponi značajnih vrijednosti.

Međufazni prenaponi kod zemljospojeva nisu ni očekivani, jer su prijelazne pojave pri tome u pojedinim fazama istofazne. Kod dvostrukih zemljospojeva zabilježeni su međufazni prenaponi do iznosa 1,5 U_l.

PRENAPONI ZBOG ZEMLJOSPOJEVA U MREŽAMA SA ZVJEZDIŠTEM UZEMLJENIM PREKO DJELATNIH OTPORA MALIH VRIJEDNOSTI

Rezultati istraživanja prenapona zbog zemljospojeva u mrežama čija su zvjezdišta uzemljena preko djelatnih otpora, kojima se struja kvara ograničava na maksimalno 300 A ili 1 000 A, pokazuju da su događaji prilikom zemljospojeva u takvim mrežama bitno različiti od onih u izoliranim mrežama.

13. Uzemljenjem zvjezdišta preko djelatnih otpora malih vrijednosti, kojima se struje jednopolnih kvarova ograničuju na maksimalne vrijednosti u granicama 300 . . . 1 000 A, eliminiraju se ili se svode na neopasne vrijednosti prijelazni prenaponi zbog zemljospoja, uz uvjet da je dobro izabrana vrijednost otpora u zvjezdištu (u okviru navedenih granica). Također je otpornim uzemljenjem zvjezdišta onemogućeno nastajanje intermitirajućih ili ponovljenih zemljospojeva, a dvostruki zemljospojevi postaju i malo vjerojatni i manje opasni, jer se sa smanjenjem prenapona zbog zemljospoja veoma ograničuju njihovi uzroci i jer ne mogu izazvati visoke amplitude prenapona u preostaloj zdravoj fazi.

14. Pri zemljospojevima udaljenima od pojne točke ne nastaju u mreži uzemljenoj preko djelatnog otpora primjetni prijelazni prenaponi zbog zemljospoja, neovisno o obliku kvara, o kutu napona bolesne faze u trenutku kvara, o veličini mreže i o vrijednosti otpora u zvjezdištu u okviru razmatranih granica. Prilikom zemljospoja nastaju samo veća ili manja stacionarna povišenja napona zdravih faza, ovisno o vrijednosti otpora u zvjezdištu i o udaljenosti zemljospoja.

Ovi su zaključci ilustrirani sl. 7. i 8. Prilikom udaljenog zemljospoja u mreži uzemljenoj preko otpora od 21 Ω (sl. 7) nijedanput nisu zabilježene primjetne prijelazne pojave ni prenaponi u mo-

mentu nastajanja kvara. Trenutak nastajanja kvara raspoznaje se po relativno velikoj struji u bolesnoj fazi, koja od tog trenutka počinje teći, te po manjoj naponskoj nesimetriji. Napon bolesne faze nešto se smanjuje, a napon jedne od zdravih faza, faze S, povisuje se za 25 %, pa se utoliko mora govoriti o faktoru prenapona zbog zemljospoja $K_z = 1{,}25$.

Kod jednako udaljenog zemljospoja u mreži uzemljenoj preko otpora od 70 Ω (sl. 8) naponska nesimetrija je za vrijeme trajanja kvara mnogo izraženija, a primjetne su i neznatne prijelazne oscilacije u trenutku nastajanja kvara, no ni ovdje prenaponi zbog zemljospojeva ni u jednom slučaju nisu prešli vrijednost stacionarnog napona za vrijeme trajanja kvara.

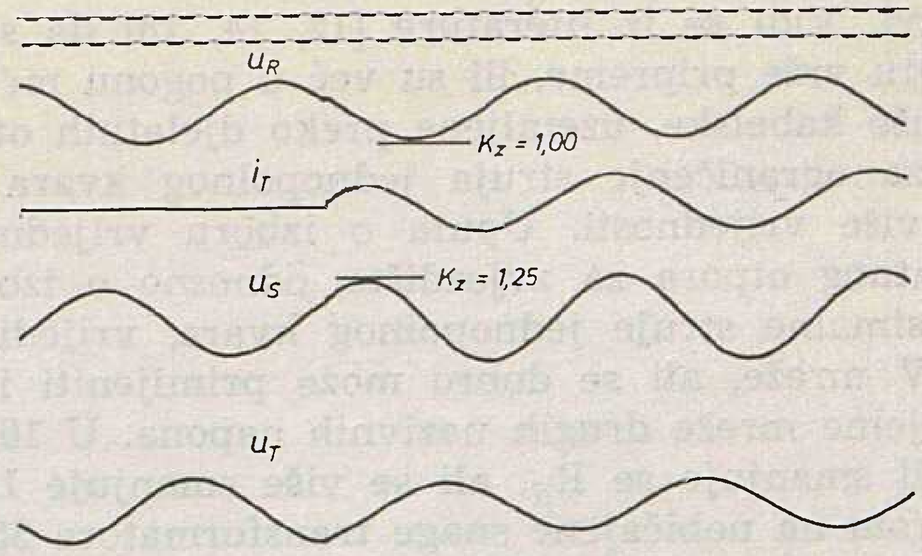
15. Kritičniji je u otporno uzemljenoj mreži bliski zemljospoj, s jedne strane zbog većih nesimetrija stacionarnih napona u tom slučaju, a i zato što se njima superponiraju primjetni prijelazni prenaponi. Prilikom ograničenja struje kvara na donju graničnu vrijednost i nastajanja zemljospoja u strogom maksimumu napona bolesne faze zabilježeni su značajni prenaponi zbog zemljospoja. Ti prenaponi rastu s porastom veličine mreže, odnosno s porastom njezina dozemnog kapaciteta. U 35 kV mreži sa zvjezdištem uzemljenim preko djelatnog otpora od 70 Ω prilikom zemljospojeva nastalih u trenutku $u_T = U_m$ registrirane su ove maksimalne vrijednosti faktora prenapona zbog zemljospoja:

kod I_c = 5 A — $K_{max} = 1{,}93$
kod I_c = 40 A — $K_{max} = 2{,}32$

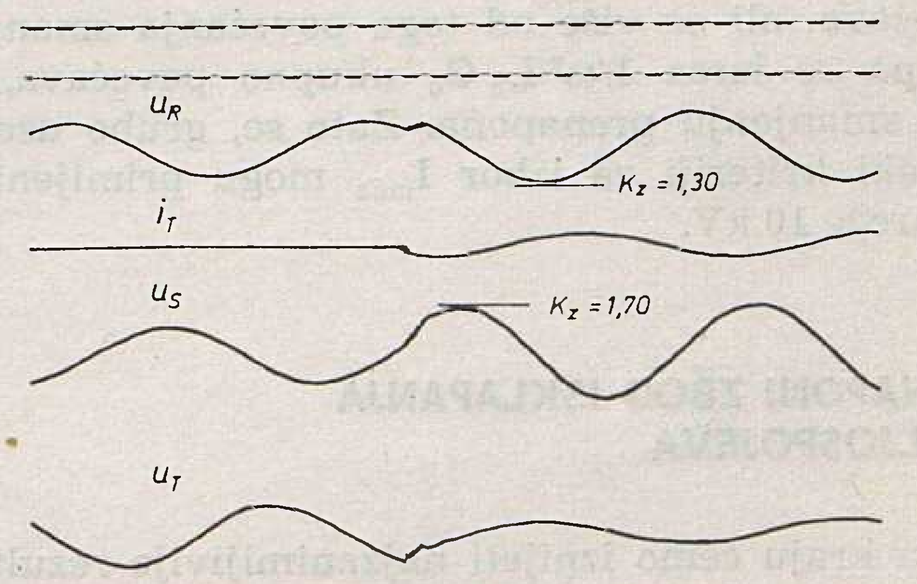
Zapaženo je također, za razliku od utjecaja kuta napona bolesne faze na prenapone u izoliranim mrežama, da kod samo malo manjih momentalnih vrijednosti napona bolesne faze od maksimalnih (u trenutku zemljospoja) prenaponi zbog zemljospoja postižu mnogo manje amplitude.

Oscilogram jednog takvog bliskog zemljospoja u mreži uzemljenoj preko otpora od 70 Ω dan je na sl. 9. Može se pokazati da prenaponi zbog bliskog zemljospoja rastu s odnosom $3 R_N/\omega L_P$ (gdje je R_N veličina otpora u zvjezdištu, a L_P induktivitet pojne točke), a uz taj odnos konstantan rastu sa smanjenjem odnosa $1/\omega^2 L_P C_o$. Zato je u skladu s tim da su u većoj mreži, zbog većeg dozemnog kapaciteta C_o, zabilježeni veći prenaponi, te treba očekivati njihov dalji porast s porastom veličine mreže. Također treba očekivati da će u mreži uzemljenoj preko $R_N = 21\ \Omega$ prenaponi zbog bliskog zemljospoja biti mnogo manji od zabilježenih kod $R_N = 70\ \Omega$.

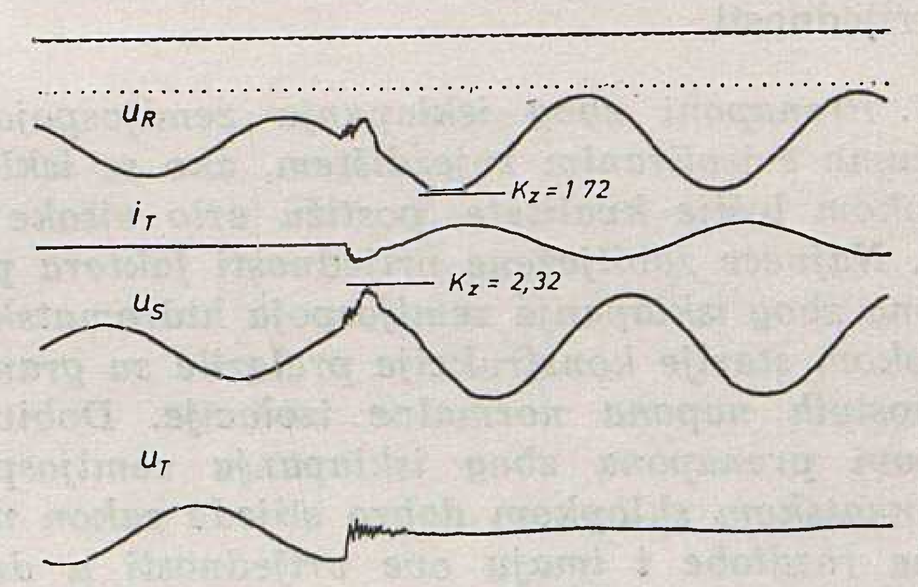
16. Na temelju rezultata ispitivanja može se zaključiti da je, sa stajališta eliminiranja ili ograničavanja prenapona zbog zemljospoja na neopasne vrijednosti, uputno uzemljivati zvjezdišta razdjelnih mreža 35 kV preko djelatnih otpora za



Sl. 7. Udaljeni zemljospoj u mreži uzemljenoj preko otpora 21 Ω



Sl. 8. Udaljeni zemljospoj u mreži uzemljenoj preko otpora 70 Ω



Sl. 9. Bliski zemljospoj u mreži uzemljenoj preko otpora 70 Ω

ograničenje struja jednopolnog kvara na ove maksimalne vrijednosti:

I_{max} = *300 A* — *za nadzemne i miješane mreže s kapacitivnim strujama zemljospoja do oko 40 A*

$I_{max} = 1\,000$ *A* — *za sve ostale mreže.*

Ova uputa se u prvi mah čini suviše strogom, s obzirom na to da je mjerenjima ustanovljeno da značajni prenaponi nastaju tek stjecanjem nekoliko nepovoljnih okolnosti. No nastajanje zemljospoja kod $u_T = U_m$ lako je moguće (i najvjerojatnije kod oslabljenih izolacija), a i bliski zemljospojevi nisu manje vjerojatni od drugih, pa autor ne vidi posebnog razloga da se i takvi prenaponi maksimalno ne ograniče, s obzirom na to da su svi ostali popratni problemi kod većih struja kvarova

rješivi. Vidi se iz literature [12, 14, 18] da se u svijetu vrše pripreme, ili su već u pogonu mreže, doduše kabelske, uzemljene preko djelatnih otpora, za ograničenje struja jednopolnog kvara na još više vrijednosti. Uputa o izboru vrijednosti djelatnog otpora za zvjezdište, odnosno o izboru maksimalne struje jednopolnog kvara, vrijedi za 35 kV mreže, ali se dobro može primijeniti i za razdjelne mreže drugih nazivnih napona. U 10 kV mreži smanjuje se R_N, ali se više smanjuje L_P s obzirom na uobičajene snage transformatora 35/10 kV, pa se izraz $3 R_N/\omega L_P$ za istu struju jednopolnog kvara povećava, što vodi povećanju prenapona. Za istu kapacitivnu struju zemljospoja C_o se povećava, ali se više od toga povećanja smanjuje L_P, pa se izraz $1/\omega^2 L_p C_o$ ukupno povećava, što vodi smanjenju prenapona. Zato se, grubo uzevši, jednaki kriteriji za izbor I_{max} mogu primijeniti i za mreže 10 kV.

PRENAPONI ZBOG ISKLAPANJA ZEMLJOSPOJEVA

Na kraju ćemo iznijeti najzanimljivije rezultate istraživanja prenapona zbog isklapanja zemljospojeva u razdjelnim mrežama sa zvjezdištem izoliranim ili uzemljenim preko djelatnog otpora malih vrijednosti.

17. Prenaponi zbog isklapanja zemljospoja u mrežama s izoliranim zvjezdištem, ako se isklapa sklopkom lošije kvalitete, postižu vrlo visoke iznose. Najveće zabilježene vrijednosti faktora prenapona zbog isklapanja zemljospoja hidromatskom sklopkom starije konstrukcije prelazile su granicu podnosivih napona normalne izolacije. Dobiveni skupovi prenapona zbog isklapanja zemljospoja hidromatskom sklopkom dobro slijede zakon normalne razdiobe i imaju ove vrijednosti u dvije mreže različitih veličina:

$$\text{kod } I_c = 6 \ldots 11\ A \quad \overline{K} = 2{,}55 \quad K_{98\%} = 3{,}55$$
$$\text{kod } I_c = 60\ A \quad \overline{K} = 2{,}68 \quad K_{98\%} = 3{,}85$$
$$K_{max} = 3{,}58$$
$$K_{max} = 4{,}22.$$

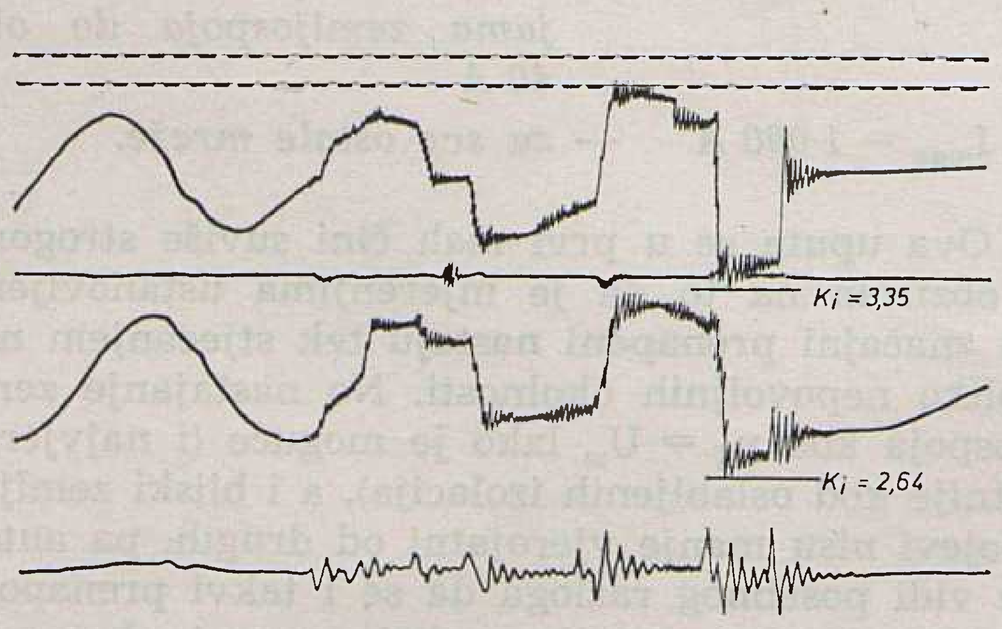
Vrijednost $\overline{K}$ i $K_{98\%}$ odnose se na sve rezultate, zabilježene u obje faze. Primjećuje se da nešto viši prenaponi (5 . . . 10 %) nastaju pri isklapanju većih kapacitivnih struja.

Na sl. 10. dan je oscilogram isklapanja zemljospoja u mreži s izoliranim zvjezdištem hidromatskom sklopkom starije konstrukcije. Vidljivo je da sklopka ima velikih problema s gašenjem luka i da pri tome nastaju vrlo visoki prenaponi.

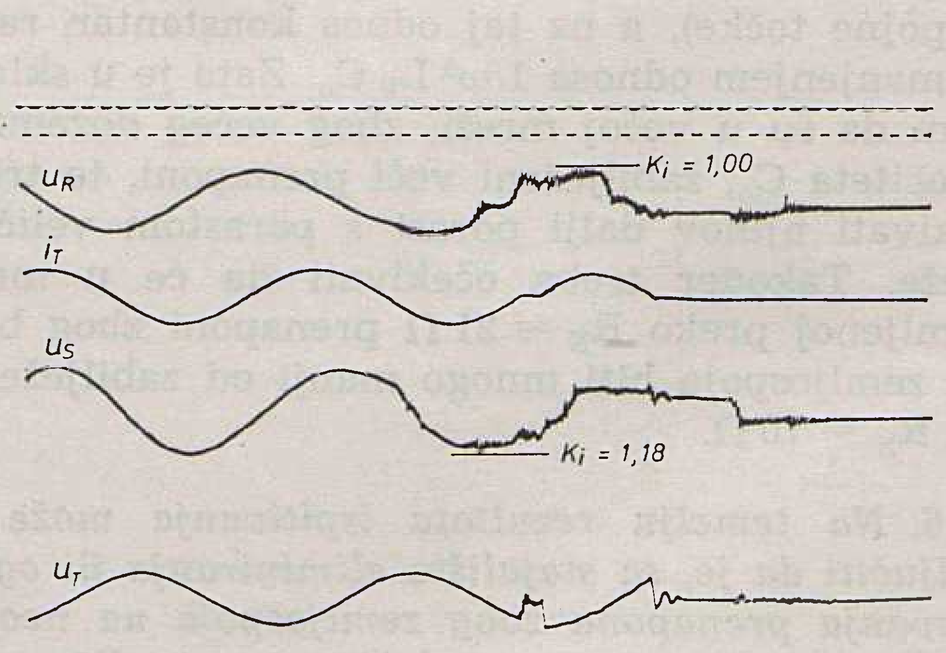
18. Prenaponi zbog isklapanja zemljospoja mogu se ograničiti na dva načina: uzemljenjem zvjezdišta preko malog djelatnog otpora ili upotrebom kvalitetnih sklopki. Pri isklapanju zemljospoja hidromatskom sklopkom u mreži uzemljenoj preko djelatnog otpora za ograničenje struje na 1 000 A uočeno je značajno ograničenje prenapona, pa su u samo 12 % slučajeva zabilježeni faktori prenapona veći od 2,0, a samo dva puta je zabilježena najveća vrijednost 2,45. Može se zaključiti da otpornik u zvjezdištu u velikoj mjeri kompenzira lošu kvalitetu sklopke, ili da za isklapanje zemljospoja u otporno uzemljenoj mreži može dobro poslužiti i sklopka lošije kvalitete.

Oscilogram na sl. 11. snimljen je u istoj mreži i u jednakim drugim uvjetima kao i onaj na sl. 10, osim što je zvjezdište mreže bilo uzemljeno preko otpora od 21 Ω. Prenaponi pri isklapanju zemljospoja praktično su eliminirani otpornim uzemljenjem zvjezdišta, a slični oscilogrami, s neznatnim prenaponima, snimljeni su u velikoj većini pokusa isklapanja zemljospoja hidromatskom sklopkom u otporno uzemljenoj mreži. Očit je velik utjecaj djelatnog otpora u zvjezdištu na zadržavanje prenapona zbog isklapanja zemljospojeva u granicama neopasnih vrijednosti.

19. Upotrebom kvalitetnih sklopki praktično se postiže eliminacija prenapona zbog isklapanja zemljospoja, i to ne samo u otporno uzemljenim nego i u izoliranim mrežama. Pri isklapanju zemljospoja novim malouljnim sklopkama gotovo je redovito (osim u nekoliko slučajeva, zbog promjene kvalitete ulja nakon niza isklapanja) isklapanje obavljeno potpuno mirno, bez ikakvih prenaponskih oscilacija.



Sl. 10. Isklapanje zemljospoja s hidromatskom sklopkom u izoliranoj mreži

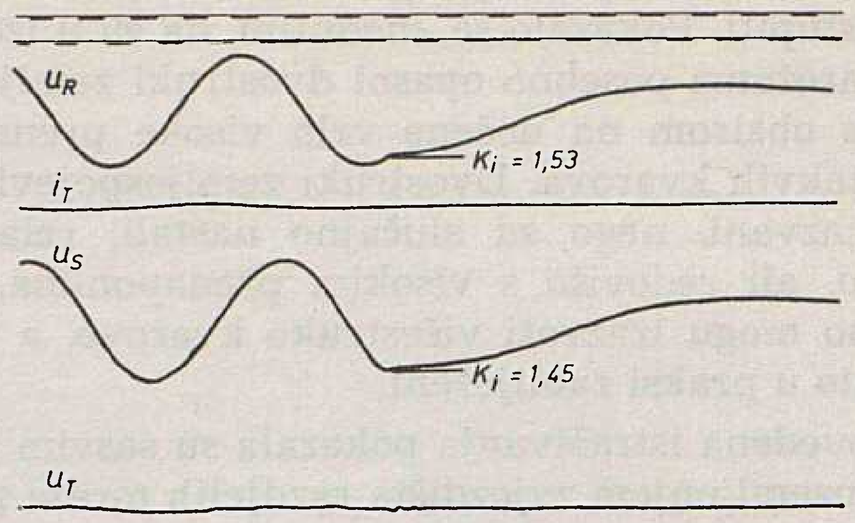


Sl. 11. Isklapanje zemljospoja s hidromatskom sklopkom u otporno uzemljenoj mreži

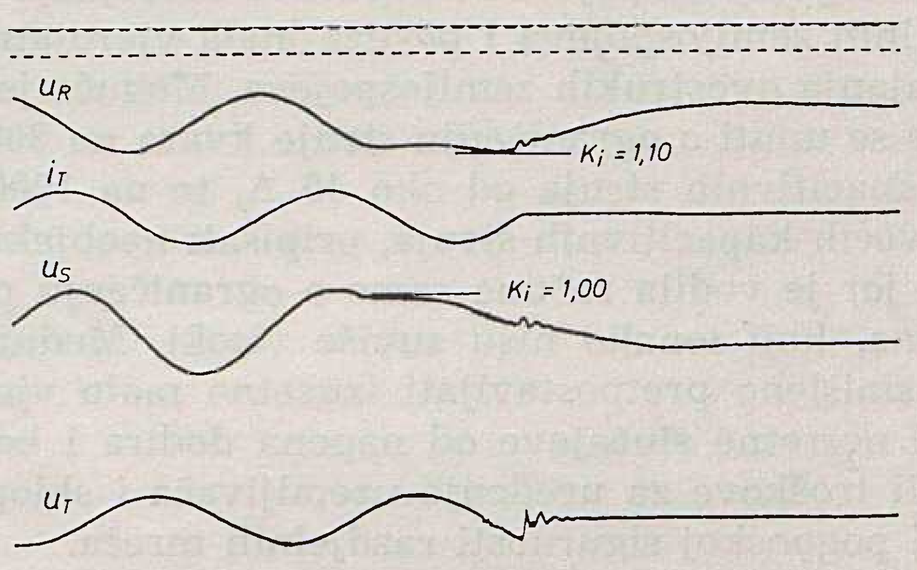
20. Zapažen je velik utjecaj održavanja sklopke na kvalitetu isklapanja, odnosno na prenapone zbog isklapanja zemljospoja. Promjenom sredstva za gašenje i čišćenjem kontakta sklopke, takozvanom revizijom sklopke, postižu se izuzetno dobri rezultati. Kod hidromatske sklopke osobito je primijećen utjecaj revizije sklopke na smanjenje prenapona u otporno uzemljenoj mreži, pa su oni nakon revizije postali beznačajni. Nije, međutim, primijećeno nakon revizije bitno smanjenje prenapona zbog isklapanja zemljospoja hidromatskom sklopkom u mrežama s izoliranim zvjezdištem. Naprotiv, pri isklapanju malouljnom sklopkom u izoliranim mrežama utjecaj revizije na eliminaciju prenapona vrlo je očit. Općenito, rezultati upućuju na to da je revizije sklopki potrebno vršiti češće nego što je to u praksi uobičajeno, ili nego što preporučuju proizvođači, te da pri tome osnovno mjerilo mora biti broj isklapanja, a manje kumulativna isklopljena struja ili neki drugi primjenjivani kriteriji.

Dakle, još bolji rezultati u pogledu eliminacije prenapona zbog isklapanja zemljospojeva postižu se upotrebom kvalitetnih sklopki. Na sl. 12. i 13. dani su oscilogrami isklapanja zemljospojeva u izoliranoj i u otporno uzemljenoj mreži novom malouljnom sklopkom, pa se takvo isklapanje može ocijeniti kao idealno. Jednako dobri rezultati postignuti su u velikoj većini slučajeva pri isklapanju malouljnom sklopkom.

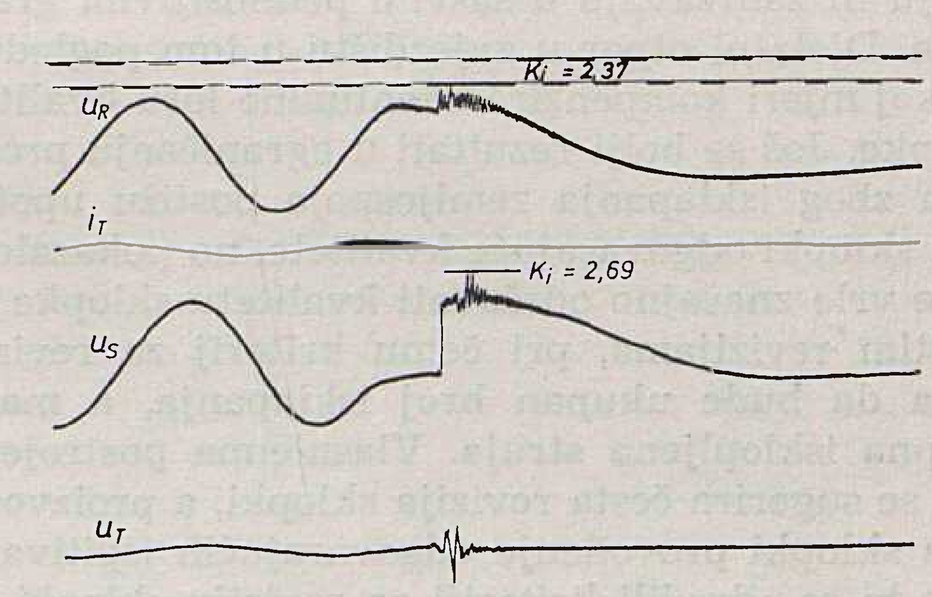
Međutim, treba primijetiti da su nakon nekog, ne baš velikog, broja isklapanja zamijećene promjene kvalitete isklapanja. Na slici 14. je oscilogram isklapanja zemljospoja malouljnom sklopkom u mreži s izoliranim zvjezdištem, koje je izvršeno nakon prethodnih tridesetak prekida male struje zemljospoja u izoliranoj mreži i još tridesetak prekida struje od oko 300 A u otporno uzemljenoj mreži. Vidi se da se sada ipak pojavljuju značajni prenaponi pri isklapanju zemljospoja, premda su oni mnogo niži od zabilježenih pri isklapanju hidromatskom sklopkom. Osim toga, primijećeno je da je ulje u polu faze T potamnilo, pa je pristupljeno reviziji sklopke. Važno je sada reći da je nakon revizije malouljna sklopka ponovo isklapala zemljospojeve potpuno mirno, pa su snimljeni oscilogrami bili jednaki kao oni na sl. 12. i 13. Izvrsni rezultati nakon revizije sklopke uočeni su i kod hidromatske sklopke, no samo pri ispitivanju u otporno uzemljenoj mreži.



Sl. 12. Isklapanje zemljospoja s novom malouljnom sklopkom u izoliranoj mreži



Sl. 13. Isklapanje zemljospoja s novom malouljnom sklopkom u otporno uzemljenoj mreži



Sl. 14. Isklapanje zemljospoja s malouljnom sklopkom u izoliranoj mreži, nakon prethodnih šezdesetak isklapanja

ZAKLJUČAK

Zaključci provedenih istraživanja prenapona u razdjelnim mrežama i njihove ovisnosti o različitim utjecajima mogu se dobro razabrati iz točke 1 do 20, koje su radi preglednosti napisane kurzivom.

Opći je zaključak da su provedenim istraživanjima prenaponi zbog zemljospoja u mrežama s izoliranim zvjezdištem dobro osvijetljeni, i da je tome znatno pripomogla opsežna statistička analiza velikog broja prikupljenih podataka. Dobiveni rezultati svakako najprije vrijede za razdjelne mreže 35 kV s izoliranim zvjezdištem, ali se mogu dobro primijeniti, a tako misle i drugi istraživači, i na razdjelne mreže drugih nazivnih napona, 10 kV i 20 kV. U ovom području istraživanja posebna je pažnja posvećena prenaponima zbog zemljospoja preko nestabilnog luka, i vidjelo se da unatoč velikom broju pokusa u različitim uvjetima nisu dobivene toliko visoke vrijednosti prenapona kakve se teoretski očekuju kod intermitirajućih zemljospojeva ili kakve su eksperimentalno dobivene u posebnim uvjetima. No prenaponi zbog nestabilnih zemljospojeva svakako su opasni, ali utješno je za mreže s izoliranim zvjezdištem realnih veličina da zemljospojevi preko nestabilnog luka u njima rijetko mo-

gu nastupiti. Pokazalo se, međutim, da su u izoliranim mrežama posebno opasni dvostruki zemljospojevi, s obzirom na uočene vrlo visoke prenapone zbog takvih kvarova. Dvostruki zemljospojevi nisu bili izazvani, nego su slučajno nastali, relativno rijetko, ali redovito s visokim prenaponima, koji sigurno mogu izazvati višestruke kvarove, a takvi su često u praksi zabilježeni.

Provedena istraživanja pokazala su sasvim jasno da se uzemljenjem zvjezdišta razdjelih mreža preko djelatnog otpora male vrijednosti, s ograničenjem struje jednopolnih kvarova na 300 ili 1 000 A, eliminiraju ili svode na neopasne vrijednosti prenaponi zbog zemljospoja, onemogućava nastajanje nestabilnih zemljospojeva i postiže mala vjerojatnost nastajanja dvostrukih zemljospojeva. Moguće je da da će se uputi o ograničenju struje kvara na 300 A do kapacitivnih struja od oko 40 A, te na 1000 A kod većih kapacitivnih struja, pripisati neobjektivnost, jer je vodila računa samo o ograničenju prenapona, koji ionako nisu suviše visoki. Međutim, nije smisleno pretpostavljati izuzetno malo vjerojatne nesretne slučajeve od napona dodira i koraka, ili troškove za uređenje uzemljivača i sklopki, većoj pogonskoj sigurnosti razdjelnih mreža.

Pokazalo se, također, da se uzemljenjem zvjezdišta razdjelnih mreža preko malog djelatnog otpora i prenaponi zbog isklapanja zemljospoja eliminiraju ili zadržavaju u sasvim podnošljivim granicama. Djelatni otpor u zvjezdištu u tom pogledu u velikoj mjeri kompenzira eventualno lošu kvalitetu sklopke. Još se bolji rezultati u ograničenju prenapona zbog isklapanja zemljospoja postižu upotrebom sklopki odgovarajuće kvalitete, no pokazalo se da je vrlo značajno održavati kvalitetu sklopke redovitim revizijama, pri čemu kriterij za reviziju treba da bude ukupan broj isklapanja, a manje ukupna isklopljena struja. Vlasnicima postrojenja zato se sugerira česta revizija sklopki, a proizvođačima sklopki provođenje odgovarajućih ispitivanja kako bi se odredili kriteriji za reviziju sklopki.

LITERATURA

1. Baatz: Überspannungen in Energieversorgungsnetzen, Springer Verlag, Berlin, 1956.
2. Baatz: Praxis der Sternpunktbehandlung in den verschiedenen Ländern für Netze mit Betriebsspannungen von 110 kV und darunter, ETZ-A, 1961, str. 654.
3. Berger, Pichard: Experimentelle und theoretische Untersuchung der Erdschlussüberspannungen in isolierten Wechselstromnetzen sowie der Eigenschaften von Erdschlusslichtbogen, Bull. SEV, 1956, str. 485.
4. Bjeljakov: Istraživanje prenapona zbog zemljospoja preko luka u mrežama 6 i 10 kV s izoliranom nultočkom (ruski), Električestvo, 1957, br. 5.
5. Dorsch: Untersuchung von Erdschlussüberspannungen mit Hilfe von Modellnetzen, Siemens Zeitschrift, 1951, str. 136.
6. Džuvarli: Osnovni rezultati istraživanja prenapona zbog zemljospoja preko luka (ruski), Električeskije stancii, 1951, br. 5.
7. Džuvarli: K teoriji prenapona zbog zemljospoja preko luka u mreži s izoliranom nultočkom (ruski), Električestvo, 1953, br. 6.
8. Erche: Untersuchung über die Entstehung hoher Erdschluss — Überspannungen in gelöschter oder mit freiem Sternpunkt betriebenen Hochspannungsnetzen, VDE — Fachberichte, 1958, str. 52.
9. Geise: Erdkurzschluss, Einfach — und Doppelerdschluss in Mittelspannungsnetzen, ETZ-A, 1954. str. 215.
10. Gert, Homa, Kalousek, Popolanski, Viskočil: Contribution to the study of overvoltages, CIGRE, 1958, ref. 336.
11. Hrs: Utjecaj otpornog uzemljenja zvjezdišta razdjelnih mreža na nivo unutrašnjih prenapona, Energija, 1975, str. 405.
12. Kahnt, Körner: Niederohmige Sternpunkterdung in Mittelspannungskabelnetzen, Elektrizitätswirtschaft, 1968, str. 336.
13. Kinsner: Przepiecia ziemnozwarciowe w sieciach średnich napieć, Komitet elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk, Varšava, 1967.
14. Lau: Planung und Betrieb der niederohmig — sternpunktgeerdeten 20 kV — Kabelnetze in Rostock, Energietechnik, 1976, br. 2.
15. Lihačev: Zemljospojevi u mrežama s izoliranim zvjezdištem i kompenzacijom kapacitivnih struja (ruski), iz. Energija, Moskva, 1971.
16. Lihačev: Unutarnji prenaponi i zaštita od njih u sistemima s izoliranom nultočkom, s kompenzacijom kapacitivnih struja i s neefikasno uzemljenom nultočkom (ruski), Električeskie stancii, 1965, br. 3.
17. Maier: Überspannungen bei Erdschlüssen in Hochspannungsnetzen, ETZ-A, 1966, str. 64.
18. Menzel, Remde: Resistanz — und Reaktanzerdung als Varianten der niederohmigen Sternpunkterdung in einem städttischen Mittelspannungs — Kabelnetz, Elektrizitätswirtschaft, 1976, str. 445.
19. Nahman: Izbor načina uzemljenja neutralne točke mreže 10 kV Beograda, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1975.
20. Nahman, Gerić, Mozer: Analiza prenapona pri zemljospojevima u rezistantno uzemljenoj mreži na tranzijentnom modelu, JUNAKO-CIGRE, Budva, 1975, ref. 322.13.
21. Nahman, Volčkov, Mozer, Gerić, Stanković: Eksperimenti sa zemljospojem u mreži 10 kV Beograda, JUNAKO-CIGRE, Budva, 1975, ref. 322.15.
22. Peterson: Transients in power systems, John Wiley, New York, 1951.
23. Possner: Netzsternpunktbehandlung, AEG-Mitteilungen, 1966, str. 344.
24. Pundt: Untersuchung der Ausgleichvorgänge bei Erdschluss in Energieversorgungsnetzen, Energietechnik, 1965, str. 469.
25. Rüdenberg: Elektrische Schaltvorgänge in geschlossenen Stromkreisen von Starkstromanlagen, Springer Verlag, Berlin, 1953.
26. Ruger, Stolte: Optimale Sternpunktbehandlung in Mittelspannungsnetzen, Elektrizitätswirtschaft, 1970, str. 565.
27. Ruppel: Nachbildung von Erdschlüssen in Kabel kleiner Mittelspannungsnetze mit isoliertem Sternpunkt, ETZ-A, 1969, str. 577.
28. Sirotinski: Tehnika visokih napona (ruski), GEI, Lenjingrad, 1959.
29. Le Verre: Les surtensions lors de l'elimination de courts circuits sur les réseaux dans le neutre est mis à la terre par une réactance, Bull SFE, 1960, str. 200.
30. Wilheim, Waters: Neutral grouding in high voltage transmission, Elsevier Publishing Company, New York, 1956.

Naslov pisca:
Dr Ivo Hrs, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Savjetovanja i konferencije

SA SKUPŠTINE JUGOSLOVENSKOG KOMITETA SVETSKE KONFERENCIJE ZA ENERGIJU — JK SKE

Sredinom decembra minule godine održana je u Beogradu skupština Jugoslovenskog komiteta Svetske konferencije za energiju, na kojoj je učestvovalo oko 60 delegata-predstavnika kolektivnih članova ovog komiteta, privrednih organizacija, naučno-istraživačkih institucija (fakulteta, instituta i dr.). Sednici su prisustvovali i dr Aleš Bebler, predsednik Jugoslovenskog saveza za zaštitu i unapređivanje čovekove sredine, i Đuro Podunavac, dipl. ek., pomoćnik predsednika Saveznog komiteta za energetiku i industriju.

Na toj skupštini podneti su referati o aktivnosti JK SKE u međuskupštinskom periodu (od 1975. do 1977. god.) i o zadacima rada ovog komiteta u narednom periodu. Razmatran je i na skupštini prihvaćen novi Statut JK SKE, koji je izrađen u skladu s novim Ustavom SFRJ.

Sednici je predsedao Radivoje Marković, dipl. inž., generalni direktor ZEP-a Srbije, koji je bio na čelu Komiteta neprekidno 11 godina.

Referat o budućim zadacima Jugoslovenskog komiteta Svetske konferencije za energiju podneo je dr Lazar Ljubiša, dipl. inž., generalni direktor Jugoslovenske zajednice elektroprivrede. On je istakao da ova skupština JK SKE, gde se razmatra razvoj energetike SFRJ, pada u vreme 40-godišnjice maršala Tita, 30 godina planskog razvoja energetike i 20 godina od povezivanja svih elektroenergetskih kapaciteta u zemlji u jedinstveni tehničko-tehnološki elektroenergetski sistem Jugoslavije. Energetska kriza u svetu i dosadašnja elektroenergetska kriza u zemlji nameće svim našim odgovornim ljudima u energetici da svestrano razmotre sve probleme i zadatke koji stoje pred energetičarima i da se angažuju na njihovu rešavanju. Na to nas obavezuje Ustav SFRJ i politika Saveza komunista Jugoslavije, nastavio je dr Ljubiša.

U energetskom bilansu SFRJ vid električne energije ima veliku ulogu. U 1977. god. ukupna instalisana snaga svih elektrana u jugoslovenskom elektroenergetskom sistemu iznosila je oko 10 500 MW, a do kraja 1977. god. predviđa se ukupna potrošnja električne energije u našoj zemlji oko 47 TWh. U ovoj godini proizvešće se 39 miliona tona uglja, i potrošnja 4 miliona, a potrošnja nafte doseći će 15 miliona tona, dok će proizvodnja, odnosno potrošnja plina doseći oko 2 milijarde Nm^3.

Jugoslavija učestvuje u svetskom stanovništvu sa 0,6%, u svetskoj potrošnji električne energije sa 0,63%, u svetskoj energetskoj potrošnji sa 0,4%, dok u svetskim energetskim potencijalima učestvuje sa samo 0,1%.

Iz prednjeg proizlazi da nas u narednom periodu očekuju vrlo krupni i složeni zadaci na području razvoja energije i njenog racionalnog korišćenja u Jugoslaviji. Samo u elektroenergetici u 1980. god. očekuje se ukupna potrošnja električne energije od 65 TWh do 70 TWh, a uglja oko 55 do 58 miliona tona. Do 1980. god. treba izgraditi dodatnih kapaciteta elektrana oko 9 500 MW instalisane snage i pustiti u eksploataciju 400 kV mrežu u dužini oko 3 000 km, kojom će se moći izvršiti povezivanje svih proizvođačkih i potrošačkih područja u zemlji. U tom razdoblju se, takođe, predviđaju intenzivnija istraživanja novih izvora nafte u zemlji. Stoga su zadaci energetike vrlo značajni u narednom periodu. Dalja izgradnja kapaciteta do 1980. god. treba da bude osnov za obezbeđenje potrošača kvalitetnom energijom i ugljem i to u dovoljnim količinama.

Zadaci iz područja energetike bili bi u narednom periodu, uglavnom sledeći:

— neophodan je veći oslonac na sopstvene energetske potencijale i korišćenje domaćih energetskih resursa, u prvom redu uglja i neiskorišćenog hidropotencijala;

— za optimalan razvoj energetike i korišćenje domaćih energetskih potencijala potrebno je efikasnije istraživanje uglja i još intenzivnije istraživanje nafte, prirodnog plina i nuklearnog goriva, a uz uvođenje dopunskih i sekundarnih metoda u svrhu povećanja iskorišćenja naftnih ležišta;

— kod prerade nafte po usaglašenoj dinamici potrebno je ući u što veće iscrpke nezamenljivih derivata, benzina i srodnih derivata, što treba pospešiti i određenim sistemskim pitanjima u oblasti cena;

— energetski potencijal uglja, saglasno napretku tehnike i tehnologije, u okviru ekonomskih merila, potrebno je postepeno usmeravati i u pravcu pretvaranja u plemenitije vidove energije (sušeni ugalj, briket, nisko i visoko kalorični plin);

— razvoj nuklearnih elektrana i njihovo uključivanje u elektroenergetski sistem zemlje treba da bude sinhronizovan sa postepenim razvojem domaće mašinogradnje i potrebama elektroprivrede i ostalih grana privrede;

— potrebno je pristupiti istraživanju nekonvencionalnih izvora energije, koji mogu doprineti poboljšanju energetskog stanja, kao što su geotermička i Sunčeva energija, iako se njihovo korišćenje u većoj meri ne može očekivati u bližoj budućnosti u nas;

— kod izgradnje energetskih objekata i korišćenja energija mora se voditi strogo računa o zaštiti čovekove okoline;

— potrebno je ponovo pokrenuti inicijativu za izradu studije kompleksnog razvoja i korišćenja energije do 2000. god. i dalje do 2020. god.; organizovanje udruženog rada iz oblasti energetike treba podići na takav nivo koji može garantovati iznalaženje najoptimalnijih rešenja snabdevanja energijom kako u prostom tako i u proširenom reprodukcionom ciklusu;

— za efikasnu realizaciju razvoja energetike i uspešne eksploatacije postojećih i novih energetskih kapaciteta potrebno je blagovremeno uložiti velike napore i sredstva za osposobljavanje i usavršavanje kadrova za potrebe energetike, mašinogradnje, projektantskih, montažnih i drugih organizacija zajedničkim naporima svih naših škola, posebno univerziteta, naučnoistraživačkih institutcija, energetskih grana i svih drugih učesnika u realizaciji razvoja energetike.

— na kraju treba naglasiti da je neophodan permanentan rad na racionalnom korišćenju svih vidova energije.

U sadašnjoj kritičnoj elektroenergetskoj situaciji u nas, poslednjih godina, sada i u narednom periodu treba da se posebna pažnja posveti pitanju racionalne upotrebe električne energije u svim privrednim granama, a naročito u industriji i domaćinstvima, jer u ova dva sektora potrošnja iznosi oko 87% od ukupne jugoslovenske potrošnje električne energije. Iz ovog proizlazi da je jedan od glavnih zadataka rada Komiteta da se operativno i planski sprovode zaključci sa stručnog skupa »Racionalno korišćenje energije«, a koje je vrlo uspešno realizovao JK SKE, septembra 1975. god. u Beogradu. Ti zaključci sadrže pravce usmeravanja akcija u pogledu racionalizacije, i to:

— boljeg korišćenja raspoloživog energetskog potencijala i u okviru dugoročnog razvoja energetike u nas;

— proučavanja stanja i iznalaženja mogućih tehničko-tehnoloških rešenja za racionalnije korišćenje energije.

Ukupna zacrtana politika razvoja energetike ukazuje na kompleks problema, izrazito međusobno zavisnih elemenata. Zbog toga se nameće urgentna potreba da se udruženi rad energetike u sprezi sa udruženim radom ukupne privrede organizuje putem udruživanja rada i sredstava u republičkim i pokrajinskim zajednicama za naučnoistraživački i razvojni rad, a u potrebnoj meri i na nivou federacije, čime bi se obezbedio mnogo veći doprinos u razrešavanju tekućih i budućih problema iz oblasti proizvodnje, pretvaranja i korišćenja energije, kao i u oblasti društveno-ekonomskih odnosa, a što je istaknuto dovoljno jasno u navedenim zaključcima, završio je svoje izlaganje dr Lazar Ljubiša.

U diskusiji o ovim problemima, tj. zadacima budućeg rada Komiteta, mnogi su se učesnici složili s predloženim programom rada, dodajući i neke svoje predloge, kao: racionalnije korišćenje otpadne toplote u industrijama i kombinovano korišćenje lignita sa gasifikacijom. U diskusiji je, takođe, podvučeno da se u budući program Komiteta unese i korišćenje uljanih škriljaca, primenjujući bogata iskustva u svetu. Konstatovano je da do danas još nema zajedničkog društvenog planiranja na samoupravnim dogovaranjima o istraživanju nafte u zemlji, pa je neophodno da se ovaj komitet angažuje da pokreće tu inicijativu i da se što pre realizuje ovaj za našu energetiku važan zadatak. Društveno dogovaranje mora biti kreativan čin, kako je istaknuto u diskusiji.

Neki od diskutanata posebno su se osvrnuli na protekli period, od 1975. god. do danas, od dana održavanja stručnog

skupa »Racionalno korišćenje energije«, naglašavajući da je u te dve godine vrlo malo učinjeno u pogledu sprovođenja zaključaka u praksu. Samozadovoljstvu u pogledu neplanskog i stihijskog korišćenja energije u našim uslovima u zemlji, sada više nema mesta. Treba se ugledati na primere drugih tehnički razvijenih zemalja, kao što su, na primjer, zemlje Evropske ekonomske zajednice (EEZ), koje nemaju (tih devet zemalja) zajednički plan, ali ipak svaka od tih zemalja već je razradila potrebne mere za bolju i razumniju upotrebu svih raspoloživih energetskih izvora na nacionalnoj osnovi. U tom smislu postignuti su veliki rezultati. Kod nas još, na žalost, nema zajedničkog plana u pogledu istraživanja zajedničkog programa energetike, a ni dovoljno obezbeđenih sredstava, a ako ih i ima, ona su nedovoljna, bar za sada. Danas su sve tehnički razvijene zemlje stavile u prvi plan svog energetskog razvoja: emancipaciju od uvoza energije, a posebno tečnog goriva — nafte. Velika se sredstva ulažu u istraživanja konvencionalnih i nekonvencionalnih energetskih izvora. Primera radi, Sjedinjene Američke Države već su angažovale 10 milijardi US dolara (oko 180 miliona dinara), a koji se isključivo troše za istraživački rad iz ovog područja. Naša zemlja još više zavisi, u sadašnjem periodu, od uvoza energije, pa je neophodno da Komitet JK SKE da određeni doprinos u saradnji sa telima društveno-političkih organizacija u formiranju dugoročne politike cena energije, kao i istraživanja, tj. ono što nam omogućuje razumnije korišćenje energije. Dalje, u diskusiji o ovom problemu obuhvaćeno je pitanje potrebe racionalnijeg korišćenja toplotne energije za zagrevanje prostorija, stanova, poslovnih i industrijskih objekata u celini. Dosadašnja iskustva pokazuju da kod nas na tom području korišćenja energije postoje veliki gubici, tj. rasipanja skupocene energije, odnosno nekorisne potrošnje su prevelike. U ovom sektoru grejanja energetska potrošnja u nas, na osnovu analiza naučnoistraživačkih organizacija u SR Sloveniji, iznosi oko 50% od ukupne jugoslovenske energetske potrošnje. Mnoge zgrade su stare već više od 40 do 60 godina, a izgrađene su sa slabom termičkom izolacijom. Stoga su toplotni gubici veoma veliki u poređenju, na primer, sa drugim tehnički razvijenim zemljama. Kako se u nas u velikoj meri za zagrevanje prostorija iskorištavaju nafta i njeni derivati, to je očigledno da se ta energetska potrošnja goriva pokriva iz uvoza. Prema nekim proračunima, ocenjuje se da ti gubici u gorivu iznose i oko 100 hiljada tona nafte godišnje. U SR Nemačkoj, na primer, u tom pogledu su ostvareni odlični rezultati, te se energetska potrošnja čak smanjuje za 1% godišnje, premda se izgradnja građevinskih objekata povećava. Iz tog razloga je neophodno što pre revidovati naše građevinske propise za termičku izolaciju stambenih zgrada i drugih objekata u građevinarstvu, jer iako se, na prvi pogled, poskupljuje izgradnja, jugoslovenska privreda u celini dobija mnogo više na energetskoj uštedi.

Na ovoj sednici skupštine izabran je novi Izvršni odbor JK SKE. Za predsednika JK SKE jednoglasno je izabran dr Lazar LJUBIŠA, dipl. inž., generalni direktor Zajednice jugoslovenske elektroprivrede, te pet potpredsednika: prof. dr inž. Momčilo Simonović, dekan Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu; Ljubomir Grupković, dipl. inž., pomoćnik generalnog direktora »Energoinvesta« u Sarajevu; Ivo Božin, dipl. inž., direktor Instituta za elektroprivredu u Zagrebu; prof. inž. Mile Stojanovski, pomoćnik direktora »Elektrostopanstvo« u Skoplju, i prof. dr inž. Ljubiša Parađanin, red. prof. Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu. Za generalnog sekretara JK SKE izabran je Vukota Mastilović, dipl. inž., Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, a za sekretara dr inž. Nenad Đajić, direktor Centra za energetiku u Beogradu.

Pošto je razrešen dosadašnji Izvršni odbor JK SKE, dr Lazar Ljubiša, u ime novog Izvršnog odbora Komiteta, odao je priznanje za postignute rezultate tokom višegodišnjeg rukovođenja radom Komiteta dosadašnjem predsedniku Radivoju Markoviću i, uz prigodnu reč, uručio mu povelju sa plaketom, proglašavajući ga za zaslužnog člana Jugoslovenskog komiteta Svetske konferencije za energiju.

Novoizabrani Izvršni odbor stavio je sebi u zadatak da što pre razradi konkretne planove za realizaciju usvojenog programa rada Komiteta JK SKE.

VLADIMIR S. ZLOKOVIĆ, dipl. ing.

ELEKTROPRIVREDA
ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU, PRIJENOS I KUPOPRODAJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

ZAGREB, Proleterskih brigada 37 • Telefon: 513-072 i 513-822

GOD. 27 (1978) energija BROJ 11—12

STRUČNI ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

NEKE EKONOMSKE METODE ZA ANALIZU DUGOROČNIH INVESTICIJA

Rihard Schenner, Zagreb

U članku se objašnjavaju ekonomske metode za analizu dugoročnih investicija, i to metoda aktualizacije, anuiteta i interne stope učinka. Na kraju je dan primjer s detaljnim objašnjenjima.

DK 621.311.1.003

UVOD

Sve su investicije u elektroprivredi dugoročne. Time se prije svega misli na dugi životni vijek trajanja investicija. Za što realniju ekonomsku analizu takvih investicija potrebne su i ekonomske metode koje se bave tom problematikom.

Kod nas, a i drugdje, bile su dosta dugo uobičajene analize pomoću godišnjih troškova i na bazi njih vršene su usporedbe pojedinih varijanti. Međutim, ovom metodom ne može se uzeti u obzir utjecaj vremena na investicione odluke odnosno troškove. Zbog toga se sve više upotrebljava metoda aktualizacije, odnosno metoda vrijednosti kapitala.

U stručnoj literaturi koja se bavi problemima elektroenergetike vrlo se malo objašnjavaju te metode, ali se sve više upotrebljavaju. U ovom članku će se pokušati objasniti te metode i njihova primjena.

1. PRIMJENA METODA

Ove metode primjenjuju se u slučaju usporedbe dvaju ili više rješenja nekog problema kod kojih su investicije nejednako raspoređene tokom vremena. Vrlo često se pojavljuju dva rješenja s vrlo različitim vremenskim tokom ulaganja u investiciona sredstva. Kod jednog je potrebno momentano vrlo mnogo investirati, a kod drugog su troškovi kontinuirano raspoređeni tokom perioda analize. Međutim, ukupna suma troškova kroz analizirani period vremena manja je u prvom slučaju nego u drugom. Očito da oba rješenja imaju prednosti, u jednom slučaju je to manja suma ukupnih troškova, a u drugom povoljniji raspored troškova tokom vremena. Ovakav problem moguće je jedino riješiti pomoću ovih ekonomskih metoda.

Osim toga ove metode mogu služiti i u analizi specifičnih troškova, to jest troškova po kilovatsatu transformirane, proizvedene i sl. energije. Kod analize isključivo pomoću godišnjih troškova obično su se godišnji troškovi dijelili s maksimalno mogućom transformiranom ili proizvedenom energijom u godini dana, što nije uvijek realno, jer vrlo često prođe i dosta dugi period da je neki objekt moguće opteretiti takvim konzumom.

Mora se napomenuti da analizirana rješenja moraju zadovoljavati tehničke uvjete, odnosno moraju imati zadovoljavajuću tehničku kvalitetu, tako da u tom smislu između njih nema razlika.

2. VRSTE METODA

Metode za proračun investicija koje se danas najviše primjenjuju su slijedeće:

— metoda aktualizacije
— metoda anuiteta
— metoda interne stope učinka.

Sve te metode baziraju se na principu ukamaćivanja prihoda i rashoda u analiziranom periodu vremena.

2.1. Metoda aktualizacije

Ova se metoda bazira na analizi apsolutne razlike prihoda i rashoda tokom priroda analize.

Razlika prihoda i rashoda određena je izrazom:

$$D_a = (P_1 - R_1) \cdot a^{-1} + (P_2 - R_2) \cdot a^{-2} + (P_N - R_N) \cdot a^{-N} + P_r \cdot a^{-n_r}$$

$$D_a = \sum_{n=1}^{n=N} (P_n - R_n) \cdot a^{-n} + P_r \cdot a^{-n_r}$$

D_a — razlika prihoda i rashoda odn. dobit (d)
P_n — prihod u n-toj godini (d)
R_n — rashod u n-toj godini (d)
P_r — preostala vrijednost analizirane investicije (d)
a — faktor aktualizacije
N — period analize (god.)
n_r — godina u kojoj se određena investicija više ne koristi.

Određena investicija u neki objekt dat će povoljne rezultate ako je razlika prihoda i rashoda pozitivna.

Zbog lakšeg računa rashodi kod elektrodistributivnih objekata mogu se podijeliti na:

— nabavnu vrijednost investicija,
— godišnje troškove investicije (amortizacija, održavanje i sl.),
— godišnje troškove gubitaka.

Takva podjela koristit će se kod izrade primjera.

Preostala vrijednost investicije može se odrediti izrazom:

$$P_r = T_I \left(1 - \frac{n_k}{n_t}\right)$$

T_I — nabavna vrijednost investicije (d)
n_k — period u kojem se koristila investicija (god.)
n_t — životni vijek investicije.

Obično je u analizama period analize (N) jednak po veličini godini u kojoj se određena investicija više ne koristi (n_r), te se umjesto vrijednosti n_r upotrebljava N. Međutim, ponekad to nije slučaj. Ako se analizira transformatorska stanica i predviđa izmjena transformatora, tada se prvi transformatori koriste samo određeno vrijeme iz ukupnog perioda analize. Vrijednost za n_r za prve transformatore jest godina kada se mijenjaju transformatori.

U ovim analizama uzima se godina dana kao jedinica za vrijeme. Zbog toga je potrebno odrediti da li se aktualizacija provodi na početku ili kraju prve godine analize i kada se plaćaju troškovi odnosno primaju prihodi. Uobičajeno je da se aktualizacija provodi na početku prve godine analize. Prihodi i rashodi računaju se ili na početku ili na kraju godine. Ako se aktualizacija provodi na početku prve godine analize, a troškovi se plaćaju na kraju n-te godine, odnosno prihodi primaju također na kraju n-te godine, tada vrijede navedene jednadžbe. Međutim, ako se aktualizira na početku prve godine analize, a prihodi se i rashodi obračunavaju također na početku n-te godine, tada vrijedi ovaj izraz:

$$D_a = \sum_{n=1}^{n=N} (P_n - R_n) \cdot a^{-(n-1)} + P_r \cdot a^{-(n_r-1)}.$$

Ako je razlika prihoda i rashoda u svakoj godini jednaka kroz cijeli period vremena, a preostale investicije se svrstaju u prihod, tada se dobije ovaj izraz za dobit:

$$D_a = (P_1 - R_1) \cdot \frac{a^N - 1}{a^N (a - 1)},$$

odnosno

$$D_a = (P_1 - R_1) \cdot \frac{a^N - 1}{a^{N-1} (a - 1)}.$$

Prva jednadžba vrijedi za obračun prihoda i rashoda na kraju, a druga na početku n-te godine.

Budući da se ovom metodom uglavnom uspoređuju različite varijante, važno je da se jedan sistem prihvati i s njim računa u svim varijantama.

2.2. Metoda anuiteta

Ova se metoda bazira na analizi razlike prosječnih godišnjih prihoda i rashoda u analiziranom periodu vremena, odnosno prosječnoj dobiti. To znači da vrijedi:

$$D_a = P_r \cdot a^{-n_r} - T_I + (P_{pr\cdot i\cdot} - R_{pr\cdot i\cdot}) \cdot \frac{a^N - 1}{a^N (a - 1)}$$

$P_{pr.\,i}$, $R_{pr.\,i}$ — prosječni godišnji prihod odnosno rashod d/god.
T_I — nabavna vrijednost investicije dinara.

U ovom slučaju obično se ispituje nejednadžba:

$$P_{pr\cdot i\cdot} - R_{pr\cdot i\cdot} \gtrless (T_I - P_r \cdot a^{-n_r}) \cdot \frac{a^N (a - 1)}{a^N - 1}.$$

Pomoću te nejednadžbe ispituje se da li se isplati investirati u neki objekt i koliko.

Izraz

$$\frac{a^N (a - 1)}{a^N - 1}$$

naziva se i faktor anuiteta.

2.3. Metoda interne stope učinka

Ova se metoda bazira na analizi faktora aktualizacije, to jest određuje se faktor kod kojeg će dobit biti jednaka nuli, odnosno:

$$D_a = \varnothing = \sum_{n=1}^{n=N} (P_{in} - R_{in}) \cdot a_x^{-n} + P_r \cdot a_x^{-n_r} - T_i$$

$$T_I = \sum_{n=1}^{n=N} (P_{in} - P_{in}) \cdot a_x^{-n} + P_r \cdot a_x^{-n_r}$$

P_{in}, R_{in} — godišnji prihod odnosno rashod u n-toj godini d/god.

a_x — nepoznata stopa aktualizacije.

Kad se iz gornje jednadžbe odredi a_x, tada se prema njezinoj veličini odlučuje da li se isplati investirati u neki objekt ili ne.

Ako su prihodi i rashodi u svakoj godini prosječno jednaki i ako se zanemari preostala vrijednost investicije, dobije se:

$$T_I = (P_{pr\cdot i\cdot} - R_{pr\cdot i\cdot}) \cdot \frac{a_x^N - 1}{a_x^N (a_x - 1)} \quad \text{odnosno}$$

$$\frac{T_I}{P_{pr\cdot i\cdot} - R_{pr\cdot i\cdot}} = \frac{a_x^N - 1}{a_x^N \cdot (a_x - 1)} .$$

3. PRIMJENA POJEDINIH METODA

Kod metode aktualizacije mogu se odvojeno analizirati prihod i rashod u periodu analize. To daje ovoj metodi određenu prednost kod primjene u elektrotehnici. Naime, kod analize problema proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije obično se analiziraju različite varijante kod kojih je dobit jednaka u svim varijantama, odnosno proizvedena ili distribuirana električna energija. Zbog toga se može računati i bez dobiti. U tom slučaju traži se varijanta s najmanjim troškovima.

Osim toga, dobit je za neke objekte teško odrediti, jer se cijene određuju na mjestima prodaje odnosno kupnje električne energije, a za objekte između tih točaka te se cijene mogu vrlo teško odrediti.

Kod metode anuiteta analizira se prosječna godišnja dobit i očito je da se ne može izbjeći izračunavanje dobiti. Metoda interne stope učinka analizira, dapače, veličinu stope aktualizacije i pomoću nje se određuje da li se investicija isplati ili ne, a to znači da poduzeće mora poznavati minimalnu stopu kod koje se još isplati određena investicija.

Za rješavanje problema investicionih odluka u distribuciji električne energije obično se upotrebljava metoda aktualizacije.

Problem koji se može pojaviti kod primjene te metode je određivanje veličine faktora aktualizacije. Ako već ne postoje nikakvi drugi načini njegovog određivanja, predlaže se prema L 1 da se faktor aktualizacije odredi prema veličini kamata na dugoročne kredite banaka. To grubo znači da distributivno poduzeće jednako cijeni svoja investiciona sredstva kao i banka.

Period analize (broj godina N) gotovo u pravilu iznosi koliko i životni vijek analiziranog objekta. Pri tome je prva godina analize obično i godina puštanja objekta u pogon. Uobičajeno je također da je prva godina i bazna godina analize (tako je prihvaćeno i u navedenim jednadžbama). Ako se analizira nekoliko objekata (sistem), tada je prva godina analize obično godina puštanja prvog objekta u pogon. Pri tome nabavna vrijednost prvog objekta ulazi u punom iznosu u račun.

Takav pristup se ne mora u principu prihvatiti, ali je najpraktičniji i daje jednako dobre rezultate.

Kakav je utjecaj veličine faktora aktualizacije i godine kada se pojavi određena investicija, može se vidjeti u tabeli.

Tabela 1.

VRIJEDNOST IZRAZA A^{-n} ZA RAZLIČITE VRIJEDNOSTI PROCENATA AKTUALIZACIJE

n	4 %	6 %	8 %	10 %	13 %
1	0,9615	0,9434	0,9259	0,9091	0,8850
2	0,9246	0,8900	0,8573	0,8264	0,7832
3	0,8890	0,8396	0,7938	0,7513	0,6931
4	0,8548	0,7921	0,7350	0,6830	0,6133
5	0,8219	0,7473	0,6806	0,6209	0,5428
6	0,7903	0,7050	0,6302	0,5645	0,4803
7	0,7599	0,6651	0,5835	0,5132	0,4251
8	0,7307	0,6274	0,5403	0,4665	0,3762
9	0,7026	0,5919	0,5003	0,4241	0,3329
10	0,6756	0,5584	0,4632	0,3855	0,2946
11	0,6496	0,5268	0,4289	0,3505	0,2607
12	0,6246	0,4970	0,3971	0,3186	0,2307
13	0,6006	0,4688	0,3677	0,2897	0,2042
14	0,5775	0,4423	0,3405	0,2633	0,1807
15	0,5553	0,4173	0,3152	0,2394	0,1599
16	0,5339	0,3936	0,2919	0,2176	0,1415
17	0,5134	0,3714	0,2703	0,1978	0,1252
18	0,4936	0,3503	0,2502	0,1799	0,1108
19	0,4746	0,3305	0,2317	0,1635	0,0906
20	0,4564	0,3118	0,2145	0,1486	0,0868
21	0,4338	0,2942	0,1987	0,1351	0,0768
22	0,4220	0,2775	0,1839	0,1228	0,0680
23	0,4057	0,2618	0,1703	0,1117	0,0601
24	0,3901	0,2470	0,1577	0,1015	0,0532
25	0,3751	0,2330	0,1460	0,0923	0,0471
26	0,3607	0,2198	0,1352	0,0839	0,0417
27	0,3468	0,2074	0,1252	0,0763	0,0369
28	0,3335	0,1956	0,1159	0,0693	0,0326
29	0,3207	0,1846	0,1073	0,0630	0,0289
30	0,3083	0,1741	0,0994	0,0573	0,0256

4. PRIMJER PRORAČUNA

Za napajanje nekog područja predviđa se da je potrebno izgraditi dva 110 kV dalekovoda s konačnim opterećenjem od 160 MVA. Današnje opterećenje iznosi 30 MVA i pretpostavlja se trend porasta opterećenja od 7 %. Kad vršno opterećenje dosegne veličinu od 160 MVA, ne predviđa se daljnje povećanje opterećenja tih vodova. Taj period nastupa nakon 24 godine. Predviđaju se dalekovodi s presjekom vodiča 240 mm² Alče. Problema s trasom dalekovoda nema, dužina dalekovoda iznosi 20 km. Moguće su dvije varijante:

— moguće je odmah napraviti jedan dalekovod s dvije trojke — varijanta a

— može se prvo napraviti jedan dalekovod s jednom trojkom, a nakon 17 godina drugi dalekovod iste vrste (tada će opterećenje iznositi približno 80 MVA) — varijanta b).

Prva varijanta ima prednost manjih ukupnih troškova, a druga bolju etapnost izgradnje.

Varijanta a

1. Nabavna vrijednost dalekovoda s dvije trojke:

dalekovod — 1 200 000 d/km × × 20 km = 24 000 000
110 kV vodna polja:
2 500 000 d/polju × 4 polja = 10 000 000
$T_I = 34\,000\,000$ d

2. Godišnji troškovi investicije:

$$T_G = \sum_{n=1}^{n=N} f \cdot T_I \cdot a^{-n} = f \cdot T_I \frac{a^N - 1}{a^N (a-1)}$$

f — faktor godišnjih troškova investicija (f = 0,06)
N — period analize (N = 40 godina)
a — faktor aktualizacije (a = 1,08)

$$T_G = 0{,}06 \cdot 34\,000\,000 \cdot \frac{1{,}08^{40} - 1}{1{,}08^{40}(1{,}08 - 1)} = 0{,}06 \cdot 34\,000\,000 \cdot 11{,}924,$$

$T_G = 24\,324\,960$ d.

3. Godišnji troškovi gubitaka. Troškovi gubitaka odredit će se za period kada raste opterećenje i za period konstantnog opterećenja.

a) Period porasta opterećenja — period od 1. do 24. godine

$$T_{GU1} = \sum_{n=1}^{24} 2 \cdot 3 \cdot \left(\frac{S_o \cdot r^n}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U}\right)^2 \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_s) \cdot 1 \cdot a^{-n} \cdot 10^6$$

$$T_{GU1} = \sum_{n=1}^{24} \frac{S_o^2}{2U^2} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_e) \cdot 1 \cdot \left(\frac{a}{r^2}\right)^{-n} \cdot 10^6$$

$$s = \frac{a}{r^2}$$

$$T_{GU1} = \frac{S_o^2}{2U^2} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_e) \cdot 1 \frac{s^{24} - 1}{s^{24}(s-1)} \cdot 10^6$$

S_o — početno opterećenje (30 MVA)
U — nazivni napon (110 kV)
ε — faktor rasporeda opterećenja duž voda (ε = 1, L 2)
ρ — specifični otpor materijala vodiča (ρ = 0,032 Ω · mm²/m)
A — presjek vodiča (240 mm²)
c_s — cijena gubitaka snage (1 200 d/kW · god)
T_p — vrijeme pogona u godini dana (8 760 sati)
ϑ — faktor gubitaka ((ϑ = 0,366)
c_e — cijena gubitaka energije (0,3 d/kWh)
l — dužina dalekovoda (l = 20 km)
r — trend porasta opterećenja (r = 1,07)
s — $a : r^2 = 1{,}08 : 1{,}07^2 = 0{,}9433$.

Faktor gubitaka (ϑ) određen je prema L 2 iz odnosa vremena trajanja vršnog opterećenja na 110 kV nivou i vremena trajanja pogona ($m \cong 5\,000 : 8\,760 = 0{,}57$) prema izrazu:

$$\vartheta = 0{,}17 \cdot m + 0{,}83 \cdot m^2 \cong 0{,}366$$

$$T_{GU1} = \frac{30^2}{2 \cdot 110^2} \cdot \frac{0{,}032}{240} (1\,200 + 8\,760 \cdot 0{,}366 \cdot 0{,}3) \cdot 20 \cdot \frac{0{,}9433^{24} - 1}{0{,}9433^{24}(0{,}9433 - 1)} \cdot 10^6$$

$$T_{GU}{}^1 = 4{,}958 \cdot 2\,161{,}848 \cdot 20 \cdot 53{,}94 = 11\,563\,056 \text{ d}$$

$T_{GU1} = 11\,563\,056$ d.

b) Period konstantnog opterećenja od 160 MVA — period od 25. do 40. godine

$$T_{GU2} = \sum_{n=25}^{40} 2 \cdot 3 \left(\frac{160}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U}\right)^2 \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_e) \cdot 1 \cdot a^{-n} \cdot 10^6$$

$$T_{GU2} = \frac{160^2}{2 \cdot U^2} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_e) \cdot 1 \cdot \frac{a^{16} - 1}{a^{16}(a-1)} \cdot a^{-24} \cdot 10^6$$

$$T_{GU2} = \frac{160^2}{2 \cdot 110^2} \frac{0{,}032}{240} (1\,200 + 8760 \cdot 0{,}366 \cdot 0{,}3) \cdot 20 \cdot \frac{1{,}08^{16} - 1}{1{,}08^{16}(1{,}08 - 1)} \cdot 1{,}08^{-24} \cdot 10^6$$

$T_{GU2} = 141 \cdot 2161{,}848 \cdot 20 \cdot 8{,}8514 \cdot 0{,}1577 = 8\,509\,772$ d

$T_{GU2} = 8\,509\,772$ d.

4. Ukupni aktualizirani troškovi

$$T = T_I + T_G + T_{GU1} + T_{GU2} - P_r.$$

Preostala vrijednost investicije jednaka je nuli, jer se životna dob dalekovoda i 110 kV vodnih polja procjenjuje s 40 godina.

$T = 34\,000\,000 + 24\,324\,960 + 11\,563\,056 + 8\,509\,772 = 78\,397\,788$ d

$T = 78\,397\,788$ d.

Varijanta b

1. Nabavna vrijednost prvog dalekovoda:

dalekovod — 800 000 d/km × × 20 km = 16 000 000
110 kV vodna polja: 2 500 000 d/ /polje × 2 polja = 5 000 000
$T_{1I} = 21\,000\,000$ d

Nabavna vrijednost drugog dalekovoda jednaka je prvom, ali se gradi nakon 17 godina. Aktualizirana vrijednost tog dalekovoda iznosi

$T_{21} = 21\,000\,000 \cdot a^{-17} = 21\,000\,000 \cdot 1{,}08^{-17}$
$T_{21} = 21\,000\,000 \cdot 0{,}2703 = 5\,676\,300$ d
$T_I = T_{1I} + T_{2I} = 21\,000\,000 + 5\,676\,300 = 26\,676\,300$ d
$T_I^1 = 26\,676\,300$ d.

2) Godišnji troškovi investicije

Prvi dalekovod:

$$T_{1G} = \sum_{n=1}^{n=N} f \cdot T_{1I} \cdot a^{-n} = f \cdot T_{1I} \frac{a^N - 1}{a^N \cdot (a-1)}$$

$$T_{1G} = 0{,}06 \cdot 21\,000\,000 \cdot \frac{1{,}08^{40} - 1}{1{,}08^{40} \cdot (1{,}08 - 1)} = 0{,}06 \cdot 21\,000\,000 \cdot 11{,}924$$

$$T_{1G} = 15\,024\,240 \text{ d.}$$

Drugi dalekovod:

$$T_{2G} = \sum_{n=18}^{n=N} f \cdot T_{2I} \cdot a^{-n} = f \cdot T_{2I} \frac{a^{23} - 1}{a^{23}(a-1)} \cdot a^{-17} =$$

$$= 0{,}06 \cdot 21\,000\,000 \frac{1{,}08^{23} - 1}{1{,}08^{23}(1{,}08 - 1)} \cdot 1{,}08^{-17} = 0.06 \cdot 21\,000\,000 \cdot 10{,}3711 \cdot 0{,}2703$$

$$T_{2G} = 3\,532\,168 \text{ d}$$

$$T_G = T_{1G} + T_{2G} = 15\,024\,240 + 3\,532\,168$$

$$T_G = 18\,556\,408 \text{ d.}$$

3) Godišnji troškovi gubitaka

Prvi dalekovod:

a) Period porasta opterećenja — period od 1. do 24. godine. Prvi dalekovod ima dva perioda porasta opterećenja. Prvi period je od 1. do 17. godine i opterećenje raste od 30 MVA do 80 MVA, a drugi period je od 18. do 24. godine i opterećenje raste od 40 MVA do 160 MVA.

Prvi period — period od 1. do 17. godine.

$$T_{1GU11} = \sum_{n=1}^{17} 3 \left(\frac{S_0 \cdot r^n}{\sqrt{3} \cdot U} \right)^2 \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_e) \cdot 1 \cdot a^{-n} \cdot 10^6$$

$$T_{1GU11} = \frac{S_0^2}{U^2} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta \cdot c_s) \cdot 1 \cdot \frac{s^{17} - 1}{s^{17}(s-1)} \cdot 10^6$$

$$T_{1GU11} = \frac{30^2}{110^2} \cdot \frac{0{,}032}{240} (1\,200 + 8\,760 \cdot 0{,}366 \cdot 0{,}3) \cdot 20 \frac{0{,}9433^{17} - 1}{0{,}9433^{17}(0{,}9433 - 1)} \cdot 10^6$$

$$T_{1GU11} = 9{,}917 \cdot 2161{,}848 \cdot 20 \cdot 29{,}94 = 12\,837\,701 \text{ d}$$

$$T_{1GU11} = 12\,837\,701 \text{ d.}$$

Drugi period — period od 18. do 24. godine

$$T_{1GU12} = \frac{S_{02}^2}{U^2} \cdot \frac{\varepsilon \cdot \rho}{A} (c_s + T_p \cdot \vartheta c_e) \cdot 1 \cdot \frac{s^7 - 1}{s^7(s-1)} \cdot a^{-17} \cdot 10^6$$

S_{02} — početno opterećenje drugog perioda (40 MVA)

$$T_{1GU12} = \frac{40^2}{110^2} \cdot \frac{0{,}032}{240} (1\,200 + 8\,760 \cdot 0{,}366 \cdot 0{,}3) \cdot 20 \frac{0{,}9433^7 - 1}{0{,}9433^7 (0{,}9433 - 1)} \cdot 1{,}08^{-17} \cdot 10^6$$

$$T_{1GU12} = 17{,}63 \cdot 2161{,}848 \cdot 20 \cdot 8{,}9 \cdot 0{,}2703 = 1\,833\,764 \text{ d}$$

$$T_{1GU12} = 1\,833\,764 \text{ d.}$$

b) Period konstantnog opterećenja od 80 MVA — period od 25. do 40. godine.

Gubici u oba dalekovoda jednaki su u ovom periodu gubicima u dalekovodu iz prve varijante.

$$T_{GU2} = T_{1GU2} + T_{2GU2} = 8\,509\,772 \text{ d.}$$

Drugi dalekovod:

a) Period porasta opterećenja — period od 18. do 24. godine. Gubici u ovom periodu jednaki su u oba dalekovoda:

$$T_{2GU12} = 1\,833\,764 \text{ d.}$$

Ukupni troškovi gubitaka:

$$T_{GU} = T_{1GU11} + T_{1GU12} + T_{1GU2} + T_{2GU12} + T_{2GU2}$$

$$T_{GU} = 12\,837\,701 + 1\,833\,764 + 4\,254\,886 + 1\,833\,764 + 4\,254\,886$$

$$T_{GU} = 25\,015\,001 \text{ d.}$$

4) Preostala vrijednost investicije. Određenu preostalu vrijednost investicije ima drugi dalekovod koji se koristi od 17. do 40. godine odnosno 23. godine.

$$P_r = T_{1I} \left(1 - \frac{n_k}{n_t}\right) \cdot a^{-n_r} = 21\,000\,000 \left(1 - \frac{40 - 17}{40}\right) \cdot 1{,}08^{-40}$$

$$P_r = 21\,000\,000 \cdot 0{,}425 \cdot 0{,}0460$$

$$P_r = 410\,550 \text{ d.}$$

5) Ukupni troškovi

$$T = T_I + T_G + T_{GU} - P_r = 26\,676\,300 + 18\,556\,408 + 25\,015\,001 - 410\,550$$

$$T = 70\,247\,709 - 410\,550 = 69\,837\,159 \text{ d}$$

$$T = 69\,837\,159 \text{ d.}$$

Troškovi varijante a (dalekovod s dvije trojke) iznose

78 397 788 d,

a troškovi varijante b (dva dalekovoda u etapnoj izgradnji) iznose

69 837 159 d.

Očito da se pod navedenim pretpostavkama više isplati izgradnja dvaju dalekovoda, i to jednog odmah, a drugog za 17 godina.

U slučaju većeg trenda porasta vršnog opterećenja ili većeg početnog opterećenja dolazi do izgradnje drugog dalekovoda ranije i sigurno da se u određenim uvjetima isplati i varijanta a. Može se i to ispitati, ali to ovdje nije napravljeno.

Mogućnost primjene metode aktualizacije vrlo je široka i sigurno je da se pomoću nje može riješiti dosta dilema u investicionim zahvatima.

Jedan dio literature koja se bavi tom problematikom nalazi se na popisu literature.

LITERATURA

1. VDEW — Wirtschaftliche Investitionsplanung in der Elektrizitätswirtschaft, 1966.
2. VDEW — Netzverluste, 1968.
3. D. Starčević: Proračun investicija — teorija i praksa, Privredni pregled, 1973.
4. W. Kern: Investitionsrechung, C. E. Poeschel Verlag, 1974.

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

ELEKTRA

SISAK

poduzeće za distribuciju električne energije i izgradnju elektroenergetskih postrojenja

Ulica kralja Tomislava 42

organizirana u:

— OOUR »Elektrodistribucija Sisak« u Sisku s radnim jedinicama Sisak i Martinska Ves
— OOUR »Elektrodistribucija Petrinja« u Petrinji
— OOUR »Elektrodistribucija Dvor« u Dvoru
— OOUR »Elektrodistribucija Kostajnica« u Kostajnici s radnim jedinicama Kostajnica i Dubica
— OOUR »Elektrodistribucija Sunja« u Sunji
— OOUR »Elektrodistribucija Glina« u Glini s radnim jedinicama Glina, Topusko i Pokupsko
— OOUR »Izgradnja« Sisak

obavlja:

a) Nabavu, prijenos, razvod, transformaciju i prodaju električne energije;
b) Građevno-montažnu djelatnost zbog održavanja i izgradnje električnih postrojenja, te ostale sporedne djelatnosti za uspješno obavljanje navedenih poslova;
c) Izradu investiciono-tehničke dokumentacije i projektiranje svih električnih postrojenja i mreže do uključivši napon 35 kV.

Tel.: 22-488
22-551

RAČUN OČEKIVANIH PROIZVODNJI TERMOELEKTRANA PO VJEROJATNOSNOM MODELU

Petar Bodlović, Zagreb

Stohastičnost raspoložive snage termoagregata čini znatnu teškoću kod nepristranog ocjenjivanja proizvodnje i troškova goriva u termoelektranama. U novije vrijeme nađena je rekurzivna metoda za račun očekivanih proizvodnji agregata preko stvarnih snaga agregata i njihove raspoloživosti. Člankom se opisuje način na koji je primijenjena ta metoda u kombinaciji s dosadašnjom elektroenergetskom bilancom.

DK 621.311.22

1. UVOD

Planiranjem pogona i izgradnje energetskih izvora teži se postići zadovoljenje konzuma uz što manje troškove izgradnje i pogona. Osnovni problem energetskih planiranja je značajna stohastičnost konzuma i proizvodnih mogućnosti energetskih izvora. Dok u ponašanju konzuma postoje zakonitosti na osnovi kojih se može napraviti prognoza, proizvodni kapaciteti fluktuiraju nekorelirano gledano na duži vremenski period. Osnovni uzroci fluktuacije proizvodnih mogućnosti jesu hidrološke prilike, obustave zbog održavanja i spontani ispadi proizvodnih jedinica.

Važnost hidrološke neizvjesnosti za naše energetske prilike odavno je uzeta u obzir, tako da se energetske bilance rade za niz hidroloških prilika iz proteklih godina umjesto prosječne hidrološke godine na kojoj su bile bazirane ranije bilance. Uzimanjem prosjeka rezultata bilanci dobiva se procjena potrebne snage i proizvodnje koju trebaju dati termoelektrane. Uz uvjet da je procjena konzuma nepristrana i da su hidrološke situacije i prošlosti jednako vjerojatne, gornja procjena udjela termoelektrana također je praktički nepristrana. Međutim, procjena raspodjele proizvodnje po termoelektranama i agregatima po dosadašnjim je metodama očito pristrana zbog neadekvatnog tretiranja spontanog ispada agregata u termoelektranama.

Da je utjecaj neraspoloživosti agregata termoelektrana značajan na očekivanu raspodjelu proizvodnje, vidi se iz dosadašnjih bilanci. Taj se utjecaj modelira faktorom raspoloživosti agregata i sistema smanjujući snage agregata tako da bi i agregati s višim troškovima goriva bili angažirani. Takav izlaz u nuždi po svojoj nepravilnosti podsjeća na zastarjelo bilanciranje s prosječnom hidrološkom godinom, samo što je sad u pitanju raspoloživost termoagregata. Adekvatna korekcija se ne može postići potpunom analogijom s tretiranjem hidrološke stohastike zbog posve drugačije vjerojatnosne strukture raspoloživosti termoagregata. Dok su u prvom slučaju poznate realizacije hidrološkog procesa, u drugom slučaju se mora osloniti na raspoloživost agregata kao numeričku karakteristiku njegove stohaičnosti. Korelacije među ispadima agregata su ili poznate ili ne postoje.

Na osnovi pretpostavke o nezavisnosti ispada agregata i numeričkih vrijednosti raspoložnosti pojedinih agregata može se izračunati vjerojatnost svake od mogućih konfiguracija agregata u pogonu. Kad bi se za svaku od tih konfiguracija izračunala raspodjela proizvodnje i izračunala ponderirana suma dobile bi se nepristrane procjene proizvodnje svih agregata i nepokrivenog konzuma. Zbog vrlo velikog broja mogućih konfiguracija za realne sisteme (2^N za sistem od N agregata) takav postupak nije praktički primjenljiv. U [L 2] se polazi od činjenice da je broj vjerojatnih konfiguracija znatno manji od broja mogućih, te se predlaže račun samo za neke najvjerojatnije konfiguracije po metodi Monte Carlo. Na žalost, nije ispravan zaključak o broju potrebnih simulacija da bi se dobila prihvatljiva točnost svih interesantnih rezultata. Naime, zaključak se generalizira iz specijalnih rezultata za koje je karakteristično znatno izravnavanje fluktuacija. Takvi su na pr. ukupni troškovi ili neisporučena energija. Rasipanje rezultata mora biti veće za veličine kao što su proizvodnja vršnih agregata, čija procjena je posebno značajna kako sa stajališta izgradnje, tako i pogona. Pouzdane srednje vrijednosti za sve veličine mogle bi se dobiti tek nakon broja simulacija približno jednakog broju visokovjerojatnih konfiguracija. Ocjene broja visokovjerojatnih konfiguracija najlakše se može dobiti iz entropije [L 6]. Tako za raspoloživost agregata 0,9 entropija po agregatu iznosi oko 0,24 Neperovih bitova, a broj visokovjerojatnih konfiguracija za N agregata je reda $1{,}27^N$. Izlazi da je za 30 agregata raspoloživosti 0,9 potrebno preko 1 000 simulacija.

U radovima iz [L3, L4 i L5] je iznesena metoda po kojoj se matematičko očekivanje proizvodnji agregata računa direktno pomoću rekurzivnih formula. Ta je metoda kod nas imala umjereni odziv, premalen u odnosu prema problemu koji rješava. Objavljeni rad [L1] prema metodi matematičkog očekivanja upućuje na dobra svojstva metode, ali više na numeričke teškoće u njezinoj primjeni. Ista ideja primijenjena je također u Institutu za elektroprivredu(1975. god.) u kombinaciji s

dosadašnjim načinom bilanciranja. Razvijen je program za digitalni kompjutor s neznatnim povećanjem memorije i razumnim vremenom računa u odnosu prema dosadašnjoj bilanci. Problemi u primjeni nove metode rješavani su korištenjem ranije metode kao nulte aproksimacije gdje je to bilo potrebno.

Mnoge varijante nisu ispitane i vjerojatno su moguća znatna poboljšanja, naročito za specifične namjene bilanci.

Pored svega toga nađena programska rješenja u prvom koraku omogućavaju praktičnu primjenu metode matematičkog očekivanja za račun proizvodnji termoagregata i nezadovoljenog konzuma. Ovim radom želi se upozoriti na način rješavanja nekih problema, na kvalitetu dobivenih rezultata u usporedbi sa dosadašnjim i na neke otvorene mogućnosti.

2. OSNOVNI POSTUPAK

Osnovni rekurzivni algoritam za račun matematičkog očekivanja proizvodnji agregata može se obrazložiti na više načina različtog nivoa egzaktnosti. Ovdje će se ograničiti na heuristični nivo kao u [L 1] gdje se mogu naći detalji.

Konzum koji trebaju pokriti termoelektrane definiran je normaliziranom krivuljom trajanja (sl. 1) koja je radi bolje razumljivosti daljnjeg postupka prikazana sa zamijenjenim koordinatnim osima. Na slici je pokazan i način na koji se raspoređuje proizvodnja po agregatima za slučaj potpune raspoloživosti svih agregata.

Agregat s najnižim troškovima goriva angažira se prvi, a zatim slijede agregati po rastućim troškovima goriva. Princip angažiranja agregata sličan je dosadašnjem postupku u bilancama, ali treba naglasiti neke bitne razlike u interpretaciji. Naime, u bilancama se morala voditi briga o tehničkom minimumu i minimalnom trajanju angažiranja termoelektrane u varijabilnom dijelu jer se raspodjela po bilanci odnosi na točno određenu situaciju. U ovom slučaju računaju se očekivane vrijednosti kao prosjeci po vremenu. Na primjer, normalizirano vrijeme angažiranja tehničkog minimuma agregata u vrijednosti 0,8 mora se interpretirati kao puno vrijeme angažiranja tehničkog minimuma u 80% situacija. Ostaje otvoreno pitanje je li to moguće uz raspored angažiranja agregata po kriteriju rastućih troškova proizvodnje.

Ovime je naznačen samo jedan od problema vjerojatnosne interpretacije krivulje trajanja. Za puno razumijevanje te interpretacije trebao bi posve drugačiji prikaz baziran na egzaktnoj teoriji vjerojatnosti u kojem bi kao prvo trebalo razlučiti deterministički od stohastičkog dijela konzuma. Način na koji su izbjegnute grube greške u redoslijedu angažiranja agregata bit će opisan kasnije, a sada se ponovo prelazi na osnovni postupak. Očekivana proizvodnja W_1 prvog agregata računa se prema sl. 1:

$$W_1 = TK \cdot p_1 \int_0^{s_1} T(s)\, ds,$$

gdje je TK trajanje konstantnog opterećenja a p_1 raspoloživost prvog agregata. Očekivana proizvodnja drugog i slijedećih agregata ne mogu se više računati na tako jednostavan način. Drugi agregat će pokrivati konzum ispod krivulje trajanja na dijelu između ss_1 i ss_2 samo ako je prvi agregat u pogonu, dakle s vjerojatnosti p_1. U obrnutom slučaju, s vjerojatnosti $q_1 = 1 - p_1$, drugi agregat pokriva konzum ispod krivulje trajanja na dijelu od 0 do s_2. Prema tome očekivana proizvodnja drugog agregata je

$$W_2 = TK \cdot p_2 \left[p_1 \int_{ss_2}^{ss_2} T(s)\, ds + (1 - p_1) \int_0^{s_2} T(s)\, ds\right] =$$

$$= TK \cdot p_2 \left\{\int_{ss_1}^{ss_2} [p_1 T(s) + (1 - p_1) T(s - s_1)]\, ds\right\}.$$

Posebnu pažnju zaslužuje podintegralna funkcija

$$T_{1]}(s) = p_1 T(s—o) + (1—p_1) T(s—s_1)$$

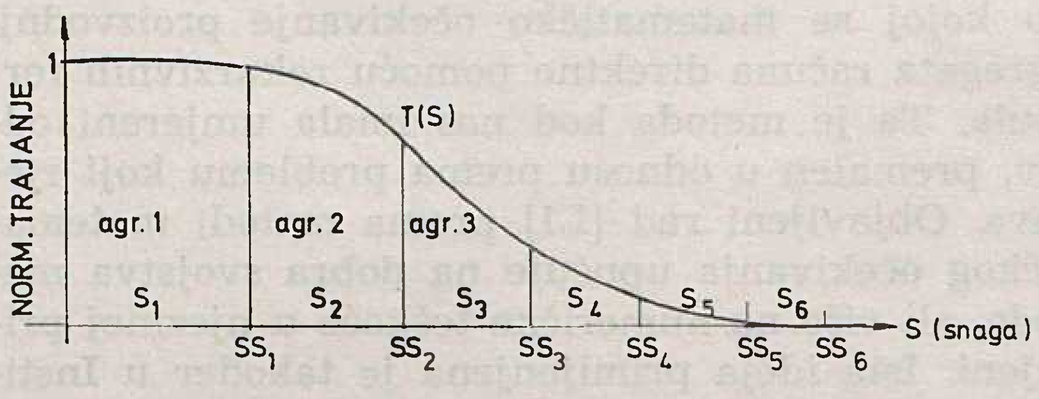
definirana za $s \geq s_1$. Radi postupka je zgodno da se funkcija T(s) produži na područje $s < o$ definicijom

$$T(s) = 1 \text{ za } s < o.$$

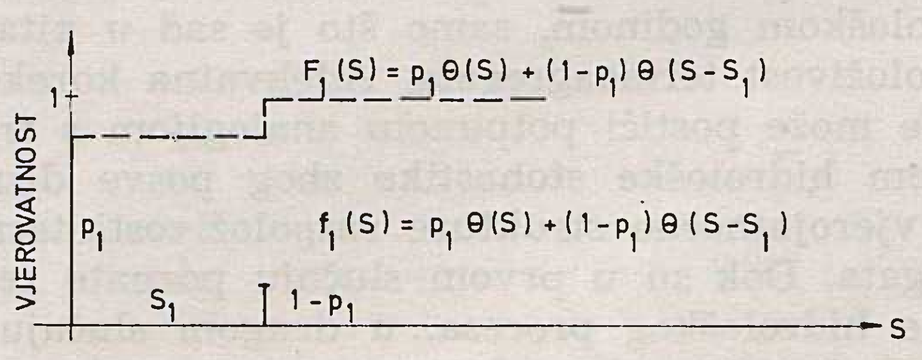
Tada je i $T_{1]}(s)$ definirana za sve realne snage. Napiše li se $T_{1]}(s)$ u obliku

$$T_{1]}(s) = \int_{-\infty}^{\infty} T(s - x) [p_1 \delta(x) + (1 - p_1) \delta(x - s_1)]\, dx$$

vidi se da je funkcija $T_{1]}(s)$ jednaka konvoluciji krivulje trajanja konzuma i gustoće raspodjele prikazane na sl. 2., koja zorno opisuje neraspoloživost agregata za proizvodnju. Gustoća diskretne



Sl. 1. Krivulja trajanja konzuma i angažiranja agregata



Sl. 2. Distribucija i gustoća raspodjele neraspoloživosti prvog agregata

raspodjele napisana je pomoću Diracove δ funkcije. Njoj odgovara funkcija distribucije $F_1(s)$ predočena crtkano na istoj slici.

Gornja konvolucija može se dovesti u vezu sa sumom nezavisnih slučajnih veličina, od kojih je jedna konzum, a druga neraspoloživa snaga agregata. Naime, konvolucija funkcije raspodjele jedne slučajne veličine s gustoćom raspodjele druge koja je nezavisna od prve daje funkciju raspodjele njihove sume. Krivulja trajanja konzuma je komplement funkcija raspodjele konzuma, a kako se jedinica ne mijenja pri konvoluciji, funkcija $T_{11}(s)$ će biti krivulja trajanja sume konzuma i neraspoložive snage prvog agregata kao slučajnih veličina.

Označi li se operator konvolucije znakom $*$, slijedi

$$T_{11}(s) = T(s) * f_1(s)$$

i

$$W_2 = TK\, p_2 \int_{SS_1}^{SS_2} T_{11}(s)\, ds.$$

Za proizvodnju trećeg agregata treba konzumu pribrojiti neraspoloživu snagu prvih dvaju agregata kao slučajnu veličinu. Ona je opet suma dviju nezavisnih slučajnih veličina s gustoćama raspodjela $f_1(s)$ i $f_2(s)$, tako da je njezina gustoća raspodjele

$$f_{1,2}(s) = f_1(s) * f_2(s).$$

Gustoća $f_{1,2}(s)$ i odgovarajuća distribucija prikazane su na sl. 3. Prema tome, za nadnomjesnu funkciju trajanja opterećenja $T_{21}(s)$ koja vrijedi za treći agregat proizlazi

$$T_{21}(s) = T(s) * f_{1,2}(s) = T(s) * [f_1(s) * f_2(s)].$$

Kako je operacija konvolucije asocijativna, slijedi dalje

$$T_{21}(s) = [T(s) * f_1(s)] * f_2(s) = T_{11}(s) * f_2(s).$$

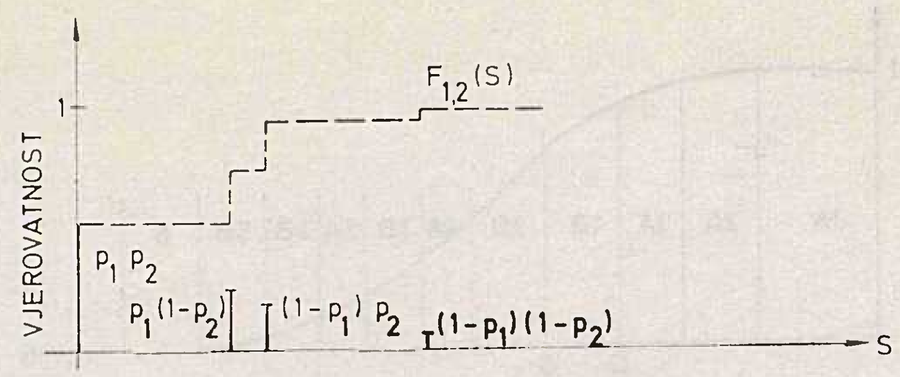
Općenito će za račun očekivane proizvodnje n-tog agregata biti potrebna nadomjesna krivulja trajanja $T_{n-11}(s)$ koja se dobije konvolucijom krivulje trajanja opterećenja konzuma $T(s)$ i gustoćom neraspoloživosti prethodnih n-1 agregata:

$$\begin{aligned} T_{n-11}(s) &= T(s) * [f_1(s) * f_2(s) * \cdots * f_{n-2}(s) * f_{n-1}(s)] = \\ &= [T(s) * f_1(s) * f_2(s) * \cdots * f_{n-2}(s)] * f_{n-1}(s) = \\ &= T_{n-2}(s) * f_{n-1}(s). \end{aligned} \tag{2.1}$$

Očekivana proizvodnja W_n n-tog agregata jednaka je

$$W_n = TK \cdot p_n \int_{SS_{n-1}}^{SS_n} T_{n-11}(s)\, ds. \tag{2.2.}$$

Ekonomičnost računa očekivane vrijednosti po formulama (2.1) i (2.2) posljedica je rekurzivne



Sl. 3. Distribucija i gustoća raspodjele neraspoloživosti prva dva agregata

relacije (2.1). Konačno se može izračunati očekivana vrijednost neisporučene energije W_{NE} pomoću nadomjesne krivulje trajanja $T_{N1}(s)$ u kojoj su osim trajanja opterećenja obuhvaćena i trajanja neraspoloživosti svih agregata:

$$W_{NE} = TK \int_{SS_N}^{\infty} T_{N1}(s)\, ds. \tag{2.3.}$$

Na ovom mjestu može se učiniti principijelna usporedba gornjeg postupka i ranijih pokušaja korektnog računa očekivane proizvodnje agregata i sigurnosti opskrbe uzimajući u obzir neraspoloživost agregata na pr. u [L 7]. U prvi mah, gledajući relaciju (2.1), moglo bi se pomisliti da pozicija agregata u redoslijedu angažiranja djeluje na iznos neisporučene energije računane iz $T_{N1}(s)$. Međutim, iz

$$T_N(s) = T(s) * f_1(s) * \cdots * f_N(s)$$

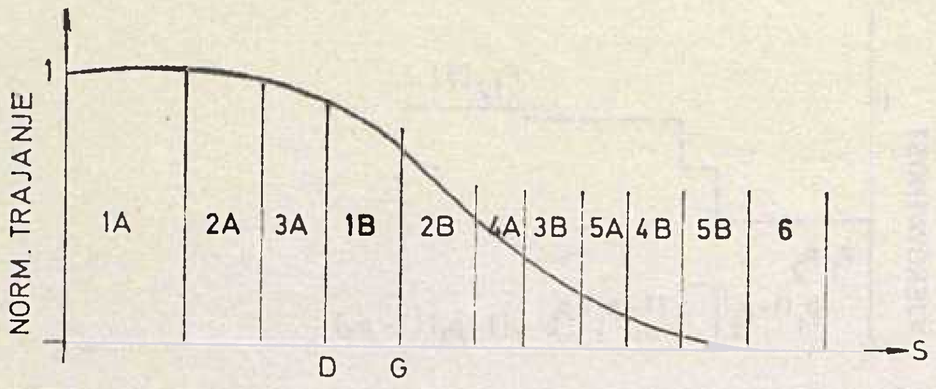
je očito da su u tom pogledu svi agregati ravnopravni, što je u skladu s ranijim postupkom računa sigurnosti opskrbe potrošača.

S druge strane, prema (2.1) očekivana proizvodnja n-tog agregata ovisi o konzumu i neraspoloživosti samo prethodno angažiranih agregata, što je samo po sebi jasno. Nasuprot tome na vrijednost faktora raspoloživosti sistema, koji se koristi za račun proizvodnje agregata, utječu neraspoloživosti svih agregata bez obzira na redoslijed angažiranja. Po tom postupku, dakle, neraspoloživost vršnih agregata smanjuje proizvodnju baznih.

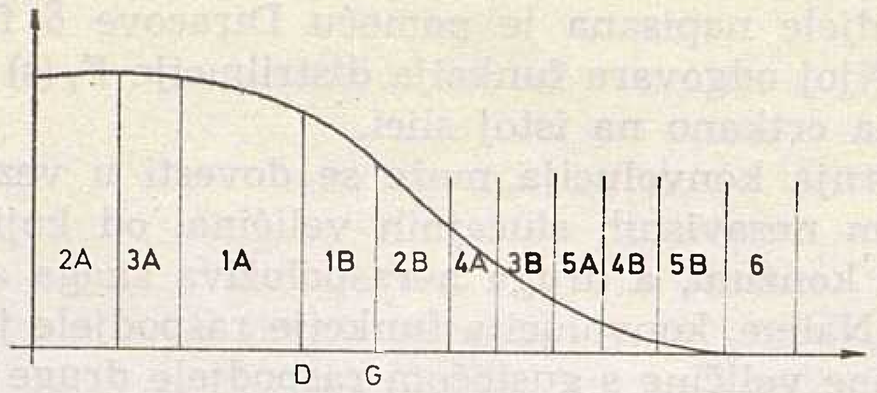
Slično objašnjenje formiranja niza funkcija trajanja kombiniranog opterećenja uz dodatne detalje može se naći u [L. 8].

3. ANGAŽIRANJE AGREGATA U VIŠE NIVOA

Za osnovni postupak računa očevanih vrijednosti proizvodnje po formulama 2.1 i 2.2 bitna je pretpostavka o redoslijedu angažiranja agregata prema sl. 1. Već je u točki 2. napomenuto da ostvarivost nekog redoslijeda angažiranja počiva na pretpostavkama da prosječno vrijeme angažiranja svakog agregata proizlazi iz usrednjenja dovoljno velikih kontinuiranih trajanja. Pretpostavke su naročito važne za angažiranje tehničkog minimuma. Može se reći da angažiranje agregata prema sl. 1



Sl. 4. Vjerojatni redoslijed angažiranja agregata



Sl. 5. Medificirani redoslijed angažiranja

s velikom vjerojatnosti ne ispunjava takve pretpostavke.

Za egzaktno razmatranje tog problema potrebne su mnogo obilnije vjerojatnosne informacije o konzumu od onih sadržanih u krivulji trajanja. U najmanju ruku prosječno trajanje je potrebno rastaviti na dva faktora: prosječno kontinuirano trajanje i frekvenciju pojave. Kontinuirano trajanje angažiranja osim toga ovisi i o kontinuitetu neraspoloživosti snaga prethodno angažiranih agregata što još više čini problem složenim. Problem je izbjegnut adaptacijom rasporeda angažiranja agregata koji se koristi u dosadašnjem načinu bilanciranja. Po tom rasporedu najprije se angažiraju tehnički minimumi, a vodi se briga i o rotirajućoj rezervi. Više detalja o tome bit će dano u slijedećoj točki, a ovdje će se razmatrati modifikacija osnovnog postupka (2.1) i (2.2) da bi se mogle izračunati očekivane proizvodnje agregata s rasporedom angažiranja po principu ilustriranom slikom 4. Na slici je s nA označen tehnički minimum agregata n, a s nB njegov varijabilni dio.

Shema angažiranja još bi se više zakomplicirala ako bismo se u potpunosti držali principa ekonomičnosti proizvodnje [L 9]. Zbog varijabilnosti diferencijalnog potroška agregata njihova snaga bi se morala podijeliti u više inkremenata koji bi se angažirali po veličini diferencijalnog potroška. Takvi detalji mogu se uzeti u obzir samo kod izrade bilanci za neposrednu budućnost. U tom slučaju mogu se koristiti druga pojednostavnjenja jer se mnoge stohaističke veličine mogu aproksimirati determinističkima. U svakom slučaju angažiranje agregata na dva nivoa ili više zadovoljava i ekonomske zahtjeve.

Rekurzivna relacija (2.1) nije primjenljiva za račun nadomjesnog trajanja opterećenja zbog koreliranosti ispada segmenata istog agregata. Radi jasnoće i kratkoće pisanja obradit će se račun dijela očekivane proizvodnje prvog agregata na segmentu 1 B (sl. 4).

Nadomjesna krivulja trajanja nakon uključenja neraspoloživosti segmenta 3 A, zaključno prema rekurzivnoj formuli (2.1), ima oblik

$$T_{3A]}(s) = T(s) * f_{1A}(s) * f_{2A}(s) * f_{3A}(s).$$

Neispravnost funkcije $T_{8A]}(s)$ za račun očekivane proizvodnje prvog agregata na dijelu C-D dolazi od udjela $f_{1A}(s)$. Funkcija gustoće $f_{1A}(s)$ unosi doprinos od neraspoloživosti prvog agregata, što za račun očekivane proizvodnje segmenta 1 B nema smisla jer je taj segment raspoloživ samo onda ako je raspoloživ i segment 1 A. Koristeći se sada komutativnost i asocijativnost konvolucije, može se napisati

$$T_{3A]}(s) = [T(s) * f_{2A}(s) * f_{3A}(s)] * f_{1A}(s). \qquad (3.1.)$$

To znači da bi se ista funkcija trajanja dobila ako se posljednja uključi neraspoloživost segmenta 1 A (sl. 5).

Segmenti 1 A i 1 B čine sada cjelinu za koju vrijedi nadomjesna funkcija trajanja

$$T_{3A]/1A} = T(s) * f_{2A}(s) * f_{3A}(s),$$

a očekivana proizvodnja segmenta 1 B je

$$W_{1B} = TK \cdot p_1 \int_D^G T_{3A]\,1A}(s)\,ds.$$

Da bi metoda i dalje ostala uspješna, funkcija $T_{3A]\backslash 1A}$ bi se morala računati rekurzivno iz posljednje dobivene funkcije $T_{3A]}(s)$. Zbog toga se može poći od jednadžbe (3.1) napisane u obliku konvolucionog produkta dvaju faktora.

$$T_{3A]}(s) = T_{3A]\backslash 1A}(s) \,*/\, f_{1A}(s). \qquad (3.2.)$$

Prikazana običnim algebarskim operacijama jednadžba (3.2) je diferencijska jednadžba 1. reda za koju postoji jednoznačno rješenje barem za specijalne slučajeve drugog faktora poput $f_{1A}(s)$. Rješenje diferencijske jednadžbe (3.2) napisat će se u obliku

$$T_{3A]\backslash 1A}(s) = T_{3A]}(s) \,*/\, f_{1A}(s), \qquad (3.3.)$$

gdje znak $*/$ sugestivno predstavlja operaciju suprotnu konvoluciji. Ta operacija će se dalje zvati dekonvolucija. Ona se numerički može isto tako jednostavno provesti kao i konvolucija s funkcijama zadanim tabelarno.

Jasno je da se nakon izračunate proizvodnje W_{1B} posljednjoj funkciji trajanja treba dodati neraspoloživost prvog agregata kao cjeline:

$$T_{1B]}(s) = T_{3A]\backslash 1A}(s) * f_1(s),$$

i rekurzija se može dalje nastaviti.

Egzaktno tretiranje angažiranja agregata na dva nivoa zahtijeva znatno povećanje trajanja računa, ali još uvijek istog reda veličine kao osnovni postupak zahvaljujući rekurzivnoj relaciji tipa (3.3). Nije isključeno da se, barem među aproksimativnim, može pronaći računski ekonomičniji postupak.

4. REALIZACIJA KOMPJUTORSKOG PROGRAMA I USPOREDBA REZULTATA

Rekurzivni algoritmi opisani u prethodnim dvjema točkama samo su vrlo važan detalj u računu očekivanih proizvodnji agregata i sigurnosti opskrbe potrošača uzimajući u obzir forsirane ispade termoagregata. Gotovo sva ostala rješenja uzeta su iz ranijeg programa za bilanciranje. Zapravo, realizirani program uključuje raniji način bilanciranja i bilanciranje s novim računom očekivanih proizvodnji agregata kao specijalne slučajeve. Jednim parametrom »var«, koji može imati vrijednost iz intervala [0,1], određuje se udio računa po novoj metodi.

Osnovni rezultati potrebni za račun očekivanih proizvodnji agregata dobiveni bilancama za svaki mjesec i za svaku hidrološku godinu jesu: konstantna proizvodnja, ukupna snaga i ukupna proizvodnja koje trebaju pokriti termoelektrane. Treba istaći da bilanca odvaja dio konzuma koji bi se trebao reducirati prema smanjenim snagama termoelektrana radi neraspoloživosti zbog slučajnih ispada. Taj dio konzuma u konstantnom i varijabilnom dijelu mogao bi se pokrivati proizvodnjom termoelektrana u slučajevima kada je raspoloživa snaga termoelektrana veća od nadomjesne. On se ne može jednostavno dodati proizvodnji termoelektrana po bilanci, nego je potrebno konstruirati odgovarajući vjerojatnosni model za redukcije.

U prvoj realizaciji programa reducirani konzum je ispušten, čime je zadržan stupanj točnosti ranije bilance. Poboljšanja se mogu ostvariti revizijom bilanci u pogledu redukcija, dogradnjom modela računa očekivanih proizvodnji termoelektrana i kombinirano. S druge strane uvijek će ostati jedan dio nepokrivenog konzuma određen po bilanci za termoelektrane zbog ispod prosjeka raspoložive snage. Taj dio treba pribrojiti redukcijama.

Iz bilanci se koristi i broj angažiranih agregata NAA da bi se mogao konstruirati vjerojatni redoslijed angažiranja. Pomoću tog parametra vodi se računa o tehničkom minimumu i rotirajućoj rezervi. Redoslijed angažiranja segmenata agregata do rednog broja NAA uzima se kao i prije. Međutim, zbog egzaktnijeg tretiranja neraspoloživosti agregata treba angažirati i agregate iznad rednog broja NAA da bi se uključili događaji kada je raspoloživa snaga termoelektrana manja od prosječne. Jasno je da se u takvim slučajevima angažira preostala varijabilna snaga koja je ostala kao rotirajuća rezerva, ali i da se angažiraju slijedeći agregati, ako postoje, kako bi se slijedeći spontani ispadi mogli pokriti iz nove rotirajuće rezerve. Zbog toga je konstruiran model angažiranja agregata iznad rednog broja NAA po kojem se tehnički minimum i varijabilni segmenti angažiraju tako da postoji zadana rotirajuća rezerva dokle god je to moguće.

Izrađen je test-primjer za energetski sistem koji sadrži 23 termoagregata po obadvije metode računa proizvodnji agregata. U tabeli 1 dani su omjeri četrdeset godišnjih prosjeka rezultata za svaki agregat u sistemu i za svaki mjesec. Znak »!« je

Tabela 1.

ODNOS REZULTATA DVIJU METODA ZA TEST PRIMJER

Agregat			Omjer prosječnih proizvodnji za mjesec											
Red. br.	Snaga MW	Rasp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	10	0,9	1,10	1,10	1,10	1,11	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10	1,10	1,09
2.	27	0,9	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
3.	56,6	0,9	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
4.	20	0,9	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
5.	196,8	0,875	1,07	1,07	1,07	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,08
6.	403,2	0,875	1,07	1,07	1,08	1,06	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,06	1,07
7.	313,3	0,875	1,07	1,07	1,07	1,06	1,05	1,07	1,07	1,08	1,08	1,07	1,05	1,06
8.	358	0,9	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,97	0,97	1,02	0,98	0,99	1,06
9.	170	0,9	0,84	0,84	0,87	0,85	0,86	0,77	0,80	0,85	0,77	0,79	0,80	0,89
10.	182	0,9	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,08	1,09	1,09	1,08	1,08	1,08	1,01
11.	113	0,9	0,98	0,98	0,99	0,98	1,00	0,98	0,99	1,02	0,96	0,98	0,97	0,98
12.	300,8	0,9	0,78	0,77	0,78	0,77	0,81	0,82	0,85	0,83	0,74	0,77	0,77	0,73
13.	198	0,9	0,81	0,86	0,85	0,93	0,93	0,85	0,80	0,82	0,84	0,85	0,90	0,77
14.	198	0,9	0,87	0,98	0,94	1,02	0,97	1,01	0,86	0,82	1,01	1,04	0,96	0,97
15.	58	0,9	0,80	1,03	0,75	0,77	0,70	0,84	0,69	0,58	2,67	0,80	0,89	1,32
16.	20,5	0,9	0,82	0,93	0,71	1,22	0,74	0,98	0,69	0,67	4,89	0,97	0,88	1,91
17.	30	0,9	1,02	1,08	0,98	1,04	1,05	1,10	1,06	1,06	1,21	1,09	1,05	1,08
18.	30	0,9	1,04	1,07	1,02	1,01	1,06	1,10	1,06	1,06	1,15	1,09	1,05	1,08
19.	14,5	0,9	1,21	0,78	0,82	0,8	0,69	1,08	0,67	0,91	4,21	1,12	0,87	3,86
20.	24,8	0,9	1,82	0,75	0,76	0,84	0,80	1,30	0,74	0,89	3,90	0,90	0,88	5,91
21.	24,8	0,9	1,36	0,93	0,79	1,01	1,30	1,69	1,22	1,25	!	0,99	1,24	86,04
22.	46,8	0,9	2,54	1,69	1,34	1,30	1,03	3,31	2,54	2,04	4,24	1,47	1,83	!
23.	46,8	0,9	23,33	156,45	3,00	2,95	20,69	16,89	11,44	7,57	76,79	9,6	10	!

stavljen na mjesta gdje je prosjek proizvodnje po ranijoj metodi jednak nuli.

Omjeri iznad 1 sistematski se javljaju kod prvih agregata zbog neprimjenljivosti »faktora raspoloživosti sistema« na proizvodnju tih agregata. Isto tako su omjeri redovno znatno veći od 1 za vršne agregate, što je posljedica mogućnosti njihova angažiranja u slučajevima natprosječne neraspoloživosti prethodnih agregata pored onih koji su posljedica loših hidroloških prilika. Rezultati bi bili još izraženiji da su u funkciju trajanja uključene i redukcije dobivene po bilanci.

U tabeli 1 mogu se uočiti i druge zakonitosti, ali i neregularnosti. Objašnjenje za neregularnosti može se naći u detaljnom razmatranju rezultata iz kojih je napravljen prosjek za svaku godinu pojedinačno. Zbog neregularnosti omjera rezultata na većem području angažiranja problematično je pokušati korigirati raniju metodu uvođenjem »faktora oblika raspoloživosti sistema« osim trivijalne korekcije proizvodnje prvih agregata gdje »faktor raspoloživosti sistema« nije ni potreban.

Osim opisane realizacije kompjutorskog programa ispitana je još jedna od više sličnih mogućnosti reorganizacije algoritma koja rezultira većom ekonomičnosti računa, a daje približno iste konačne rezultate. Ideja je da se kombinira stohastičnost hidrologije sa stohastičnosti raspoloživih snaga termoelektrana.

Proračun raspodjele proizvodnje na termoagregate ne bi se trebao provoditi za svaku hidrološku godinu posebno, nego za grupe godina s nadomjesnom funkcijom trajanja opterećenja koje trebaju pokriti termoelektrane. Kod realizacije te ideje nailazi se na dva glavna problema, rješavanja kojih dovodi do varijanti.

Jedan od problema je remont agregata. Ako bismo se držali striktno principa »optimalnog remonta«, reorganizacija računa bi praktički bila nesprovediva.

Međutim, »optimalni remont« je jedna krajnost u modeliranju remonta agregata. Druga krajnost je »planirani remont« koji ne postavlja nikakve prepreke reorganizaciji računa. Kako se svi rezultati odnose na višegodišnji prosjek, s »optimalnim remontom« može se računati aproksimativno kombinirajući neraspoloživost zbog ispada i neraspoloživost zbog remonta koja se dobije iz statistike »optimalnog remonta«. Vjerojatno se može naći i međumodel za remont koji bi bolje odražavao stvarnost nego dva krajnja modela. Tada bi udio »optimalnog remonta« trebalo kombinirati s neraspoloživosti zbog spontanih ispada.

Drugi problem predstavljaju razlike u redoslijedu angažiranja segmenata agregata po hidrološkim godinama zbog varijabilnosti »ekvivalentnog« broja angažiranih agregata NAA.

Problem se može riješiti na više načina, ovisno o potrebnoj točnosti. Kako će broj raznih vrijednosti NAA biti redovno znatno manji od broja raznih hidroloških godina, moguća je znatna ušteda u računu ako se hidrologija grupira po istim vrijednostima NAA. Pri tome se ne mijenja nivo egzaktnosti. Praktički je moguće formirati još manji broj hidroloških grupa pogrubljujući distribuciju parametra NAA. U krajnjem slučaju se NAA može zamijeniti jednom vrijednosti kao približna aritmetička sredina, mod ili medijana. Naravno da je razmatranje tih varijanti potrebno kad se koristi ranija metoda za redoslijed angažiranja agregata, odnosno parametar NAA. Moguće je da postoje adekvatniji principi redoslijeda angažiranja segmenata agregata za metodu računa očekivanih vrijednosti po kojima se spomenuti problem ne bi ni javljao.

Djelomično je ispitana najnepovoljnija varijanta u kojoj je »optimalni remont« kombiniran s neraspoloživosti zbog ispada agregata, a NAA predstavljen samo približnom srednjom vrijednosti. Rezultati su se kvalitativno slagali s rezultatima dobivenim mnogo detaljnijim računom. Značajnija odstupanja postojala su za vršne agregate, ali mnogo manja i ravnomjernija od računa s »ekvivalentnim« snagama agregata po ranijoj metodi.

5. ZAKLJUČAK

Klasična bilanca i račun očekivanih proizvodnji agregata po rekurzivnim formulama mogu se kombinirati u računski efikasnu metodu. Na sistematski način eliminira se evidentna pristranost po ranijoj metodi računa proizvodnji i troškova goriva agregata.

U potpunosti je eliminirana potreba za »faktorom raspoloživosti sistema« koji i pored složenosti postupka i računanja ne može adekvatno reprezentirati značajne posljedice stohastičnosti raspoložive snage termoagregata.

Već prva kompjutorska realizacija proračuna pokazala se praktički prihvatljivom. Specijalizacijom primjene bilance moguća su znatna usavršavanja kako sa stajališta egzaktnosti, tako i računske efikasnosti.

LITERATURA

1. D. Sajovic, M. Tomšič: Upotreba »simulacije verovatnoće« u perspektivnim elektroenergetskim bilansima, XIII savjetovanje JUNAKO CIGRE referat br. 41. 01., Bled 1977.
2. J. Vučković, J. Popović: Metoda izrade elektroenergetskih bilansa uz uvažavanje raspoloživosti agregata, ibid. referat br. 41. 02.
3. B. Baleriaux. B. Jamoulle, Fr. Minard de Guertechin: Simulation de l'exploitation d'un parc de machines thermique de production d'electricite couple a des stations de pompage, Review E (edition SRBE), Vol V, No 7, pp. 3—24, 1967.
4. R. R. Booth: Power System Simulation Model Based on Probability Analysis, IEEE Transacions, Vol. PAS-91, pp. 62—69, 1972.

5. R. T. Jenkins, D. S. Joy: »WIEN Automatix System Planning Package (WASP) — An Electric Utility Generation Expansion Planning Computer Code, Oak Ridge National Laboratory, 1974.

6. R. L. Stratonovič: Torija informacii, Moskva, 1975.

7. Dr H. Požar, Dr. B. Udovičić, G. Granić: Određivanje faktora raspoloživosti termoelektrana u elektroenergetskom sistemu, XII. savjetovanje JUNAKO CIGRE, Budva, 1975.

8. J. Vardi, J. Zahavi, B. Avi — Itzhak: The Combined Load Duration Curve and Its Derivation, IEEE Transactions, Vol. PAS-96, No 3 pp. 978—983, 1977.

9. J. Zahavi, J. Vardi, B. Avi — Itzhak: Operating Cost Calculation of an Electric Power Generating System under Incremental Loading Procedure, IEEE Transactions, Vol. PAS — 96, No. 1, pp. 285—292, 1977.

Naslov pisca:
Mr Petar Bodlović, dipl. ing.
Elektrotehnički institut »Rade Končar«, Zagreb

»ELEKTROISTRA« PULA

RADNA ORGANIZACIJA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE S OOUR-ima:

»DISTRIBUCIJA« PULA
»DISTRIBUCIJA« LABIN
»ELEKTRA« — PAZIN — BUZET
»ELEKTRA« — BUJE
»ELEKTRA« — ROVINJ
»ELEKTRA« — POREČ
»POMOĆNE DJELATNOSTI« — PULA
RADNA ZAJEDNICA — PULA

Obavlja:

distribuciju električne energije
izgradnju elektroenergetskih postrojenja
projektiranje elektroenergetskih postrojenja reda napona do 50 kV
popravak i baždarenje brojila
reviziju i montažu transformatora i ostalih elektrouređaja

»ELEKTROISTRA« PULA tel. 24-066

MONTER ZAGREB

„MONTER" MONTAŽNO PODUZEĆE

OOUR ELEKTROPOGON ■ 41000 ZAGREB, Demonjina 4

Tel. centrala: 571-866 ■ direktor: 574-024 ■ telex: 21-433 yu monter

■ *IZVODIMO SVE VRSTE INSTALACIJA JAKE I SLABE STRUJE, POGONSKE INSTALACIJE, TRAFOSTANICE, DALEKOVODE, ZRAČNE I KABELSKE MREŽE I GROMOBRANE TE SVE PO SEKTORU AUTOMATIKE, MJERENJA I REGULACIJE ZA KLIMATIZACIJU I PROCESNU INDUSTRIJU.*

■ *PROIZVODIMO RAZVODNE, KOMANDNE I KONTROLNE UREĐAJE ZA VISOKI I NISKI NAPON OBLIKA I SADRŽAJA PO ŽELJI NARUČIOCA.*

■ *PROJEKTIRAMO U VLASTITOM »OOUR PROJEKTNI BIRO« NAVEDENE INSTALACIJE.*

DIELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE PREKIDAČA VISOKOG NAPONA S POSEBNIM OSVRTOM NA BIAS ISPITIVANJE

Salih Sadović, Mirsad Raščić, i Bosiljka Bera, Sarajevo

U radu se razmatraju principi koordinacije izolacije prekidača visokog napona (420 kV i višeg) u čitavom području prenaponskih valova. Definiraju se odgovarajući dielektrični zahtjevi koje pred prekidač postavlja sistem i eksploatacioni uvjeti. Na kraju rada prikazuje se procedura ispitivanja podužne izolacije (BIAS-ispitivanja).

DK 620.316.1

1. UVOD

Izbor opreme za prenosni sistem 420 kV u našoj zemlji zahtijeva iscrpnu analizu velikog broja uticajnih faktora. Stroži dielektrični zahtjevi koje postavljaju sklopni i veoma strmi prenaponski valovi atmosferskog porijekla nalažu što više dielektrične performanse, dok ekonomski faktori zahtijevaju iznalaženje optimalnog rješenja.

O ulozi prekidača u prenosnom sistemu i uticaju njegove pouzdanosti na ukupnu pouzdanost sistema nije potrebno posebno govoriti. Kod projektiranja i izbora prekidača visokog napona potrebno se detaljno upoznati s karakteristikama sistema i svim mogućim uvjetima pod kojima se prekidač može naći. Projektant prekidača dužan je provesti koordinaciju izolacije prekidača prema zahtjevima koje određuje mjesto ugradnje prekidača. Propisi i preporuke ustanovljavaju proceduru verifikacije koordinacije izolacije prekidača. Često se postavlja pitanje u kojoj mjeri laboratorijska ispitivanja verificiraju zahtjeve koji se postavljaju pred prekidač. Opravdano je pitati se da li zahtijevana ispitivanja dovoljno strogo obuhvaćaju sve normalne i nenormalne pogonske uvjete prekidača. Osim toga može se desiti da prekidač bude u toku ispitivanja izložen dielektričnim naprezanjima s kojima neće biti nikada napregnut u pogonu.

Ovaj rad obrađuje spomenutu problematiku. Razrađuju se principi koordinacije izolacije koji se moraju poštovati u toku projektiranja i eksploatacije. Osim toga, obrađuju se dielektrična ispitivanja prekidača prema IEC i ANSI propisima i analiziraju zahtjevi koje ovi propisi postavljaju.

Posebno je razrađena procedura ispitivanja izolacije između otvorenih priključaka prekidača BIAS-ispitivanje. Engleska riječ »bias« upotrebljava se u elektrotehničkoj literaturi za označavanje dielektričnog naprezanja izolacije pod kombiniranim djelovanjem istosmjernog i impulsnog napona. Takav slučaj naprezanja javlja se kod automatskog ponovnog uklopa prekidača, pri čemu je na dalekovodu ostao vezan napon. Taj je termin usvojen i za ispitivanje izolacije između otvorenih priključaka prekidača, jer se i ovdje radi o sličnom dielektričnom naprezanju.

2. KOORDINACIJA IZOLACIJE PREKIDAČA

Da bi se osigurao pouzdan rad prekidača, potrebno je da dielektrične karakteristike prekidača budu bolje od karakteristika transformatora štićenih ventilnim odvodnicima, jednake ili bolje od karakteristika rastavljača i ostale opreme u postrojenju. Osnovu za dimenzioniranje izolacije u postrojenjima visokog napona predstavlja zaštitna karakteristika ventilnih odvodnika prenapona.

Posebna uloga prekidača u prenosnom sistemu zahtijeva detaljno proučavanje dielektričnih karakteristika prekidača. Tri su fundamentalna pravila koja moraju biti poštovana u pogledu koordinacije izolacije prekidača.

1. Preskok ne smije nastupiti kroz unutrašnjost prekidača pri bilo kakvim prenaponskim prilikama i okolnostima.

2. Vanjski preskok mora nastupiti prema zemlji, tj. nedopustiv je preskok koji šentira kontakte prekidača.

3. Najslabija unutrašnja izolacija treba biti između otvorenih kontakata ili djelomično otvorenih kontakata kako bi se izbjeglo šentiranje prekidača.

Nabrojene zahtjeve relativno je lako postići na nižim naponskim nivoima. Međutim, u slučaju 420 kV prekidača (i kod prekidača za više naponske nivoe) dolaze do izražaja sklopni prenaponski valovi različitih oblika i amplituda. Nepredviđeno ponašanje izolacije zbog djelovanja različitih sklopnih valova, znatno otežava poštovanje nabrojenih principa koordinacije izolacije prekidača. Posebno je teško ostvariti prvi zahtjev koji, kod razmatranja izolacije prema zemlji propisuje preskok preko vanjske izolacije. Poznato je da se unutrašnja izolacija* prekidača prema zemlji ponaša kao konfiguracija kugla-kugla, dok se vanjska izolacija**

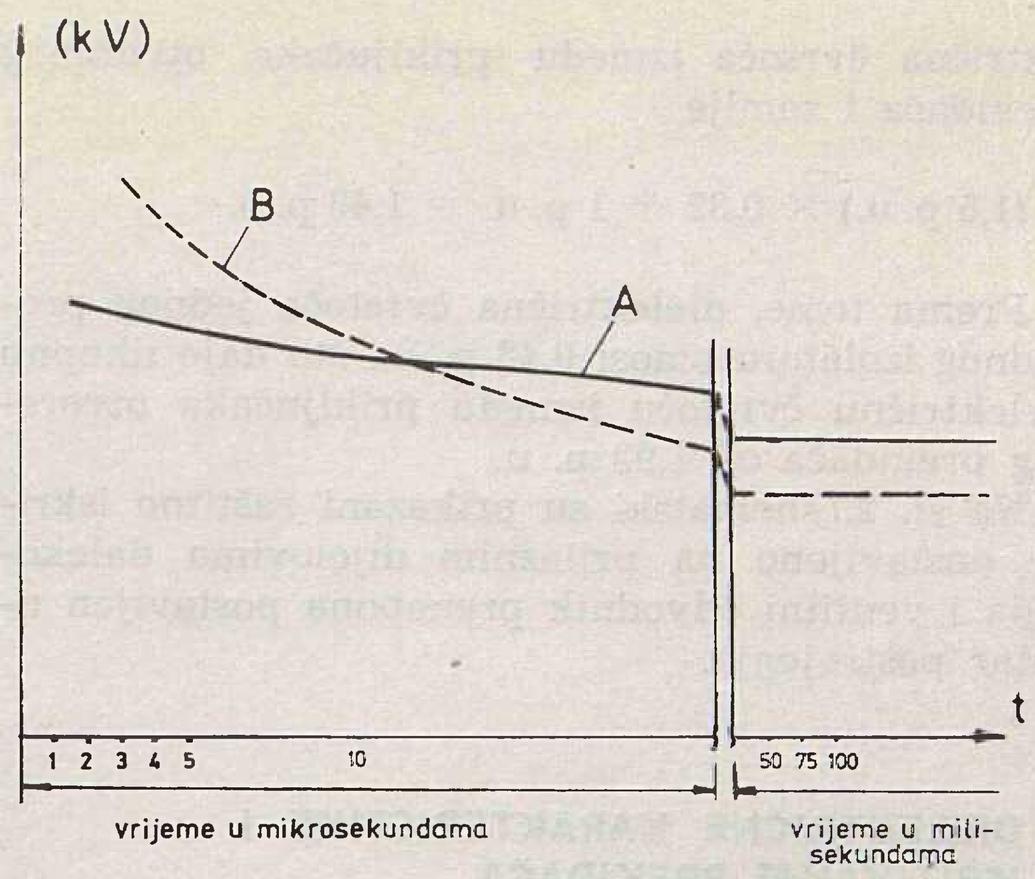
---

* Unutrašnju izolaciju prekidača čine medij za gašenje el. luka i čvrsti dielektrici u unutrašnjosti prekidača. Ona se odnosi na izolaciju kroz unutrašnjost prekidača između dijelova pod naponom i uzemljenih dijelova, ili između kontakata prekidača.

** Vanjsku izolaciju prekidača čine zrak i granična ploha zrak - čvrsti dielektrik. Vanjska izolacija prekidača protivi se preskoku izvan prekidača, i to između dijelova pod naponom i uzemljenih dijelova, ili između kontakata prekidača.

ponaša kao konfiguracija šiljak-šiljak. Prema tome, unutrašnja i vanjska izolacija različito se ponašaju u različitim područjima prenaponskih valova (od 50 Hz do veoma strmih prenaponskih valova). Na sl. 1: prikazano je ponašanje vanjske i unutrašnje izolacije s tim da je u području sklopnih valova poštovan prvi zahtjev.

Krivulje A i B dane na sl. 1. predstavljaju udarne (impulsne) karakteristike unutrašnje i vanjske izolacije prekidača prema zemlji. Na apscisi su dana vremena od trenutka primjene prenaponskog talasa do trenutka nastanka preskoka, dok su na ordinati dane vrijednosti amplitude primijenjenog standardnog vala (osim kod preskoka na čelu vala, gdje se daju vrijednosti preskočnog napona; ovo vrijedi i za atmosferski i za sklopni standardni udarni val).



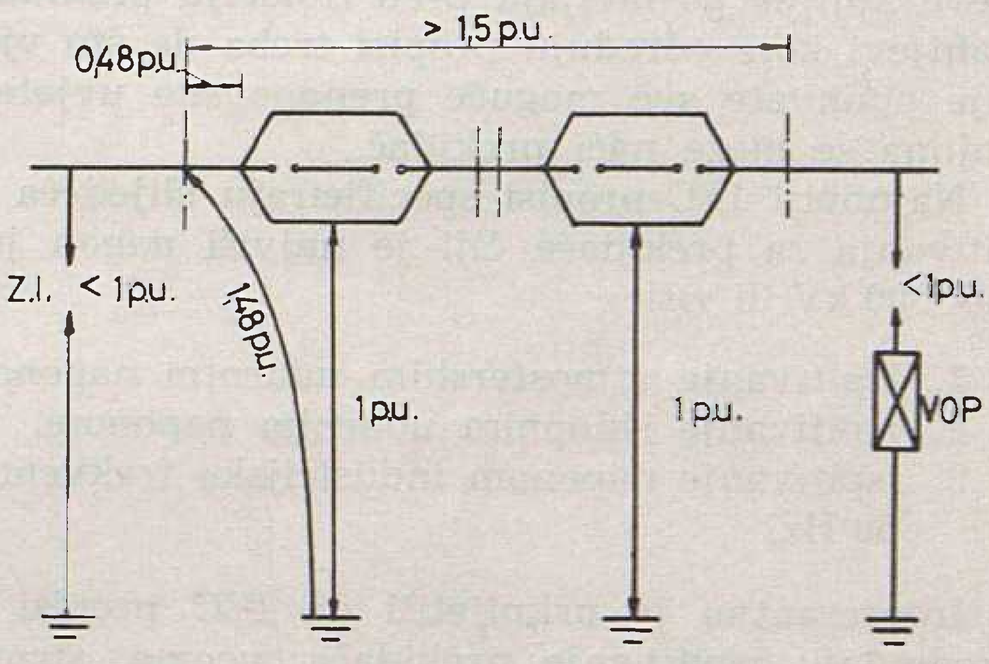
Sl. 1.

Iz primjera prikazanog na sl. 1. vidi se da se rješenje (ispunjenje prvog zahtjeva) može dobiti podizanjem karakteristike A što predstavlja neekonomično rješenje. Osim toga, odbačen je koncept konstrukcije tzv. samokoordinirajućih prekidača kod kojih je uvijek (bez posebnih mjera) zahtijevano ispunjenje prvog uvjeta u području svih prenaponskih valova. Naime, kod samokoordinirajućih prekidača postoji opasnost da se na mjestu preskoka prema zemlji pojavi luk snage koji se može proširiti i između priključaka prekidača (ako se prekidač nalazi u otvorenom položaju) i na taj način prouzrokovati kratak spoj preko luka između priključaka i priključaka prema zemlji. Zbog toga se ispunjavanje prvog zahtjeva na čitavom području prenaponskih valova postiže upotrebom ventilnih odvodnika prenapona ili zaštitnih iskrišta (koja ne sačinjavaju dio krekidača), postavljenih na prilaznim dijelovima dalekovoda. Detaljnom analizom ustanovljeno je da zaštitna iskrišta mogu sasvim uspješno riješiti ovaj problem uz znatne ekonomske efekte. To naravno uključuje pravilno koordiniranje zaštitne karakteristike iskrišta sa dielektričnom karakteristikom prekidača. Za to je potrebno proučiti prenaponske karakteristike sistema na mjestu ugradnje prekidača i razmotriti ponašanje zaštitnih iskrišta u području sklopnih valova i jako strmih valova zbog atmosferskih pražnjenja.

Razmatranje odnosa izolacije prema zemlji i izolacije između priključaka prekidača bit će izvedeno na primjeru 420 kV SF-6 prekidača koji se sastoji od dva prekidna modula s ukupno četiri prekidna mjesta (prekidač ima dva potporna i četiri provodna izolatora). Na svako prekidno mjesto paralelno je priključen po jedan kondenzator radi ravnomjernije raspodjele napona po pojedinim prekidnim mjestima. Ispitivanje raspodjele napona pokazuje da u slučaju otvorenog prekidača oko 32 % od ukupnog priključenog napona otpada na prekidno mjesto koje se nalazi uz priključak koji je pod naponom.

Neka se prekidač nalazi u zatvorenom položaju (ovo razmatranje je shematski prikazano na sl. 2).

U slučaju dolaska prenaponskog talasa (modificiranog djelovanjem zaštitnog uređaja) potporni



Sl. 2.

izolatori su izloženi prenaponskom naprezanju prema zemlji. Neka je podnosivi udarni nivo (za atmosferske valove) ovih izolatora 1425 kV = 1 p. u. (per unit). Pretpostavimo da je vanjska izolacija između priključaka prekidača (vanjski put preko 4 provodna izolatora), kada se on nalazi u otvorenom položaju, također 1 p. u. U tom slučaju je prvi provodni izolator (zbog neravnomjerne raspodjele napona) napregnut sa 0,32 p. u. Budući da je vanjska izolacija prema zemlji (otvorenog prekidača) jednaka zbiru izolacije prvog provodnog izolatora i izolacije potpornog izolatora i iznosi

$$1 \text{ p. u.} + 0{,}32 \text{ p. u.} = 1{,}32 \text{ p. u.},$$

slijedi da prekidač ima bolje dielektrične karakteristike prema zemlji negoli između priključaka prekidača u otvorenom položaju. Na taj način je narušen drugi zahtjev koordinacije izolacije prekidača. Očito je da dielektrična čvrstoća između otvorenih kontakata prekidača mora iznositi najmanje 1,5 p. u. kako bi preskok nastupio prema zemlji, a ne preko provodnih izolatora. Uzimanjem da je dielektrična čvrstoća između otvorenih kontakata prekidača 1,5 p. u., dobije se da je die-

lektrična čvrsoća između priključaka otvorenog prekidača i zemlje

$$(1{,}5 \text{ p. u.}) \times 0{,}32 + 1 \text{ p. u.} = 1{,}48 \text{ p. u.}$$

Prema tome, dielektrična čvrstoća jednog provodnog izolatora iznosi 0,48 p. u., što daje ukupnu dielektričnu čvrstoću između priključaka otvorenog prekidača od 1,92 p. u.

Na sl. 2. shematski su prikazani zaštitno iskrište postavljeno na prilaznim dijelovima dalekovoda i ventilni odvodnik prenapona postavljen unutar postrojenja.

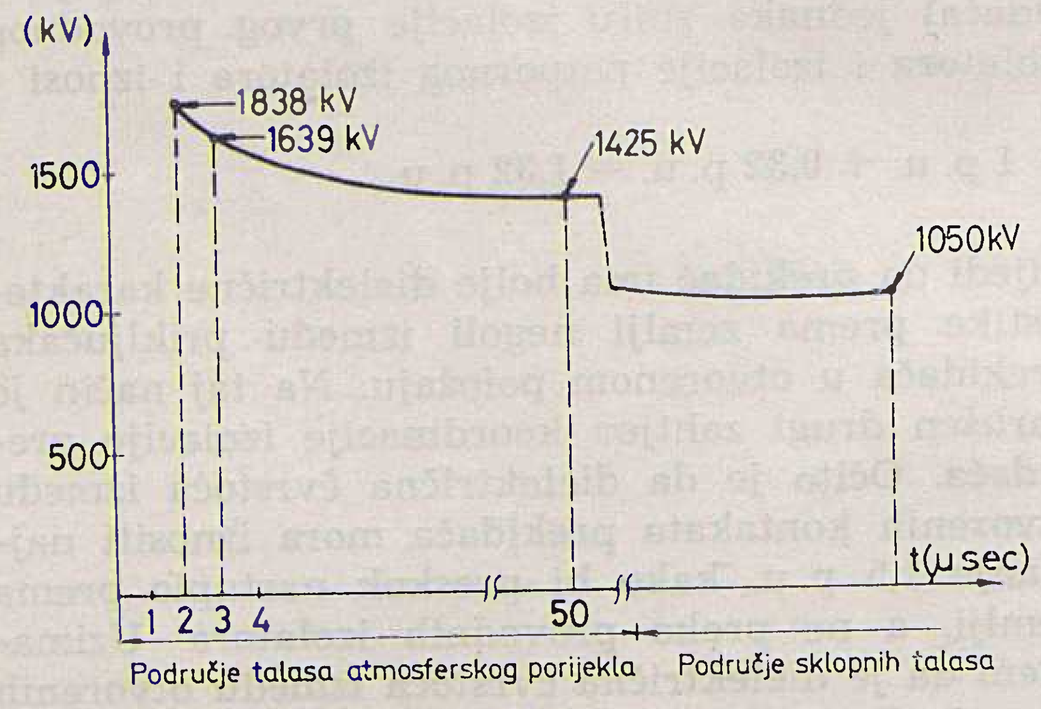
3. DIELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE I ISPITIVANJE PREKIDAČA

Laboratorijska ispitivanja prekidača prema propisima treba da verificiraju dielektrične zahtjeve koji se postavljaju pred izolaciju prekidača. Zahtjevi koje određuju propisi treba da što vjernije obuhvate sve moguće prenaponske uvjete u kojima se može naći prekidač.

Najnoviji IEC-propisi specificiraju slijedeća ispitivanja za prekidače čiji je najviši napon jednak 300 kV ili viši:

1. ispitivanje atmosferskim udarnim naponom,
2. ispitivanje sklopnim udarnim naponom,
3. ispitivanje naponom industrijske frekvencije 50 Hz.

Interesantno je primijetiti da IEC propisi ne predviđaju ispitivanje prekidača veoma strmim prenaponskim valovima i odrezanim valovima. Poznato je da se u području jako strmih prenaponskih valova različite izolacione strukture različito i nepredviđeno ponašaju. Veoma strmi prenaponski talasi nastaju direktnim udarom groma u neposrednoj blizini postrojenja, tj. prekidača. Posebno zanimljivo je ponašanje zaštitnih iskrišta postavljenih na prilaznim dijelovima dalekovoda u području jako strmih valova. Ako se između zaštitnog iskrišta i prekidača nalazi i strujni transformator, onda problem postaje još kompleksniji.



Sl. 3.

Za razliku od IEC propisa, američki (ANSI — American National Standards) propisi zahtijevaju i ispitivanje s odrezanim valovima s kojima se verificira ponašanje opreme u području strmih valova. Ako je 1 p. u. = 1425 kV (ova vrijednost je prema IEC) podnosivi udarni nivo prekidača za standardni (1,2/50 po IEC, a 1,5/40 po ANSI) val, onda se po ANSI propisima vrše dva ispitivanja s odrezanim valovima:

1. ispitivanje odrezanim valom amplitude 1,15 p. u. = 1640 kV, koji je odrezan iskrištem nakon tri mikrosekunde,
2. ispitivanje odrezanim valom amplitude 1,29 p. u. = 1840 kV, koji je odrezan iskrištem nakon dvije mikrosekunde.

Na osnovi ovih ispitivanja i ispitivanja punim udarnim i sklopnim valom dobije se dielektrična karakteristika prekidača u svim područjima prenaponskih valova prikazana na sl. 3.

Dielektrični zahtjevi ANSI standarda za 420 kV prekidač. Dielektrična karakteristika dobijena prema ANSI propisima omogućava pravilnije provođenje koordinacije izolacije u čitavom postrojenju. Usporedbom ove karakteristike s karakteristikama ostalih aparata i zaštitnih uređaja (koje su dobijene na sličan način) može se pratiti koordinacija izolacije postrojenja.

Osim već izloženih problema, zanimljivo je pogledati uvjete u kojim se može naći prekidač zbog tzv. višestrukih atmosferskih pražnjenja. Kada je prekidač u zatvorenom položaju, onda se on nalazi unutar zaštitne zone ventilnog odvodnika prenapona postavljenog unutar postrojenja. U slučaju otvorenog prekidača ili prekidača koji se nalazi u procesu prekidanja, prekidač nije obuhvaćen zaštitnim djelovanjem ventilnog odvodnika prenapona.

Ustanovljeno je da je 30—60 % svih atmosferskih pražnjenja višestrukog karaktera (pražnjenje se sastoji od dvije komponente ili više). 100 % drugih komponenti pražnjenja javlja se u intervalu od 0,3 sek nakon prve komponente, od čega se 70—90 % pojavljuje u intervalu 0,5 sek. nakon prve komponente.

Prva komponenta pražnjenja, u fazni provodnik, prouzrokuje jednopolni kratki spoj (obično nastaje preskok na izolatorskom lancu, pa dolazi do isključenja prekidača. Druga komponenta pražnjenja prouzrokuje prenaponski val koji nailazi na prekidač kada se on nalazi u procesu prekidanja ili u otvorenom položaju. Uzimajući u obzir vrijeme do ponovnog uključenja prekidača, zaključujemo da će 10—30 % valova drugih komponenti pražnjenja naići na prekidač kada se on nalazi u otvorenom položaju. Prema tome, prenaponski talasi nastali zbog druge komponente pražnjenja nailaze na prekidač čija »dinamička« dielektrična čvrstoća (zbog prethodnog gašenja luka) može biti manja od »statičke« čvrstoće (unutrašnja izolacija prekidača nije bila izložena djelovanju električnog luka). Odnos između dinamičke i statičke die-

lektrične čvrstoće prekidača direktno je ovisan o konstrukciji prekidača i o korištenom mediju za gašenje. Ističemo veoma povoljne dielektrične osobine plina SF-6, koji svodi odnos između dinamičke i statičke dielektrične čvrstoće na vrijednost blisku jedinici.

Da bi se odredilo ponašanje izolacije prekidača u području sklopnih valova, specificirano je ispitivanje sklopnim valom $250 \pm 50/2500 \pm 1500$ mikrosekundi na kišu. Ustanovljeno je da je val ovog oblika najkritičniji za izolaciju. Amplituda vala iznosi 1050 kV, što u odnosu prema maksimalnoj vrijednosti faznog napona iznosi 3,06. Kod izbora ozreme za I etapu naše 420 kV mreže, usvojen je statistički sklopni prenapon 2,5 p. u. (sa 2 % vjerojatnosti da će ova vrijednost biti prekoračena). Uz tako odabrane vrijednosti dobije se sigurnosni faktor od 1,22.

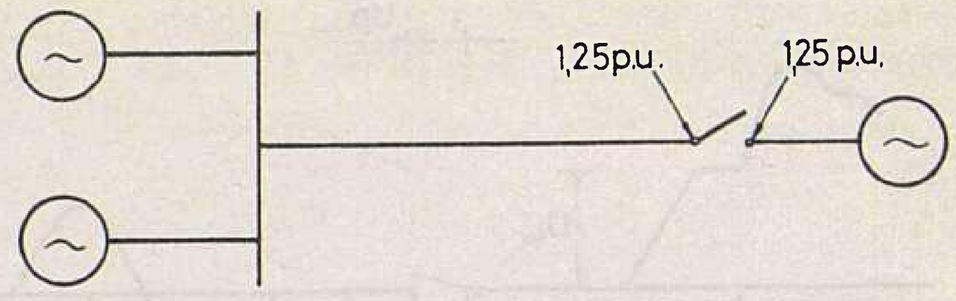
Sklopni prenaponski valovi koji se javljaju u sistemu imaju različite oblike i amplitude. Mora se priznati da je još uvijek ponašanje izolacije zbog djelovanja sklopnih prenapona nedovoljno istraženo. Čitavim nizom laboratorijskih ispitivanja ustanovljeno je da se čak u identičnim uvjetima ne dobiju iste dielektrične karakteristike djelovanjem sklopnih valova. Poznato je da je ponašanje izolacije djelovanjem sklopnih valova veoma ovisno o prisustvu okolnih objekata, visine ispitivanog objekta iznad zemlje i sl. Osim toga, postavlja se pitanje u kojoj mjeri ponašanje izolacije zbog djelovanja standardnih sklopnih valova odgovara ponašanju izolacije pod djelovanjem sklopnih valova različitih oblika i amplituda. Utjecaj zaprljanosti izolatora prekidača (naročito pod kišom) znatno utječe na dielektrične osobine prekidača u području sklopnih valova. Ostaje otvoreno pitanje u kojoj mjeri stvarni prenaponski sklopni valovi u našoj 420 kV mreži odgovaraju usvojenom statističkom sklopnom naponu. Prema tome, postavlja se kao nužan zadatak praćenje sklopnih prenaponskih pojava u našem sistemu i paralelno istraživanje ponašanja izolacije u području sklopnih valova.

Što se tiče ispitivanja naponom industrijske frekvencije, interesantno je primijetiti da je podnosivi napon izolacije prekidača smanjen na 520 kV_{eff}. To svakako predstavlja odgovarajuće rješenje, jer je nakon uvođenja ispitivanja sklopnim valovima na kišu nepotrebno »patiti« izolaciju povišenim naponima industrijske frekvencije kojima neće nikada biti izložena u pogonu.

Za ispitivanje izolacije između priključaka prekidača (podužna izolacija), uvodi se kombinirano (BIAS) ispitivanje koje će biti obrađeno u posebnom dijelu ovog rada.

4. BIAS ISPITIVANJE

Sklopni aparati visokog napona razlikuju se od ostalih aparata zbog prisustva podužne izolacije između priključaka prekidača. Zbog toga najnoviji



Sl. 4.

IEC-propisi specificiraju ispitivanje podužne izolacije prekidača (uobičajeno je da se ta vrsta ispitivanja naziva BIAS-ispitivanjem).

Podužna izolacija prekidača izložena je naprezanjima koja su posljedica kombinacije naponskih prilika na priključcima prekidača. Obradimo neke primjere koji postavljaju podužnu izolaciju prekidača u posebno teške uvjete:

1. Primjer sinhronizacije generatora koji se nalazi na kraju dugačkog dalekovoda (sl. 4).

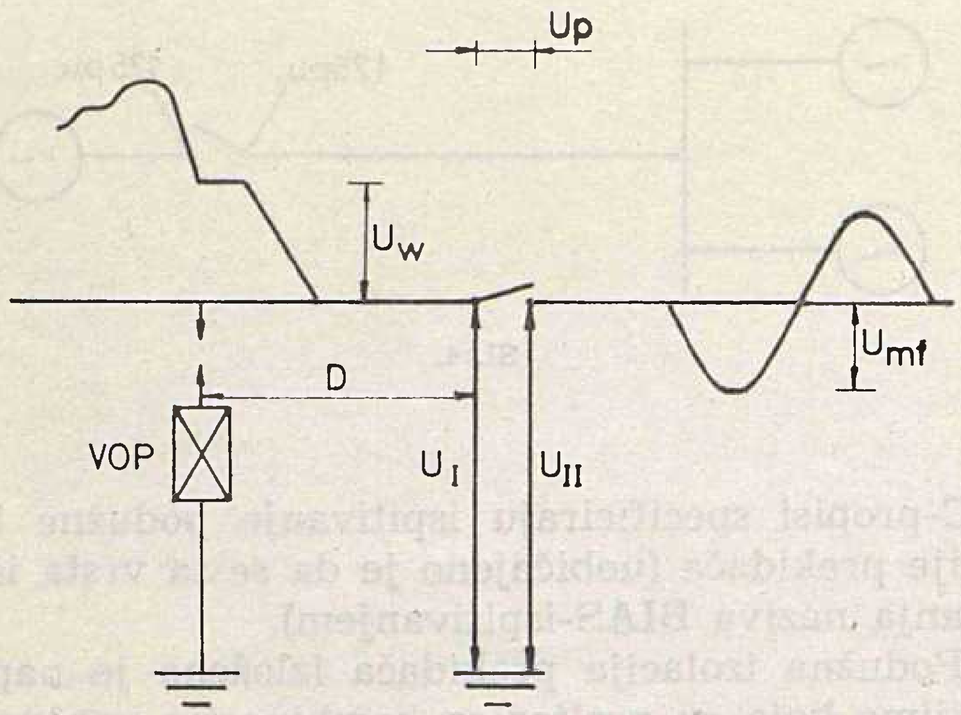
Zbog velike dužine dalekovoda napon na jednom priključku prekidača može dostići vrijednost 1,25 p. u. (1 p. u. odgovara maksimalnoj vrijednosti faznog napona), zbog toga se mora na drugom priključku održavati napon 1,25 p. u. Na taj način je podužna izolacija napregnuta privremenim prenaponom 2,5 p. u. (u slučaju kratkog dalekovoda ova vrijednost iznosi 2 p. u.). Ako se na dalekovodu desi jednopolni kratki spoj u trenutku sinhronizacije, onda se na priključku prekidača koji se nalazi na strani dalekovoda može pojaviti napon koji prelazi vrijednost 1,5 p. u. Naime, poznato je da se u slučaju jednopolnog kratkog spoja na dalekovodu na zdravim fazama javlja povišeni napon, čiji oblik ovisi o električnoj konfiguraciji sistema i o vrijednosti napona prema zemlji faze na kojoj se dogodila greška. Prelazni prenapon koji se tom prilikom javlja predstavlja superpoziciju prelaznog i stacionarnog stanja. Prelazno stanje može se analizirati primjenom modulne analize i metode putujućih valova, a stacionarno stanje predstavlja dobro poznati porast napona zbog pomicanja potencijala neutralne točke. Prema tome, podužna izolacija prekidača može biti napregnuta naponom čija amplituda prelazi vrijednost 2,75 p. u. (priključak na strani dalekovoda je napregnut sklopnim prenaponom, dok je priključak na strani generatora pod naponom industrijske frekvencije).

2. Primjer nailaska prenaponskog vala zbog atmosferskog pražnjenja na otvoreni prekidač (sl. 5).

Prenaponski val koji dolazi dalekovodom je modificiran djelovanjem zaštitnog uređaja (ovaj put je to ventilni odvodnik prenapona). Zbog razmaka D između ventilnog odvodnika i prekidača, napon U_I na priključku prekidača može narasti na vrijednost

$$U_I = 1{,}15\, U_w.$$

Ako je u tom trenutku napon na drugom priključku (na strani sabirnice) ravan maksimalnoj



Sl. 5.

vrijednosti faznog napona, podužna izolacija prekidača bit će napregnuta sa

$$U_p = U_I - U_{II} = U_I + U_{mf}$$

Sličan slučaj javlja se kod višestrukih atmosferskih pražnjenja kada druga komponenta pražnjenja nailazi na otvoren prekidač (ovaj primjer je već obrađen).

3. Naprezanje podužne izolacije zbog kombinacije sklopnih prenapona i napona industrijske frekvencije može se također objasniti prema slici 5. Umjesto prenapona atmosferskog porijekla nailazi sklopni val koji, u ovisnosti o reagiranju zaštitnog uređaja na sklopne valove, može biti modificiran ili ne. Primjetimo da su sklopni valovi zbog uključenja najopasniji za podužnu izolaciju.

Vrijednosti ispitnih napona određuju se na osnovi faktora razika preskoka (faktor rizika preskoka je odnos između podnosive vrijednosti napona i odgovarajućeg maksimalnog naprezanja). Uobičajeno je da se za podužnu izolaciju usvoji isti faktor rizika koji se ima za poprečnu izolaciju (izolaciju prema zemlji).

Kod ispitivanja sklopnim valovima faktor rizika preskoka prema zemlji određuje se na osnovi statističkog sklopnog prenapona. Uzima se da maksimalno naprezanje podužne izolacije kod sklopnih valova nastupa kod uključenja pa se na osnovi faktora rizika preskoka prema zemlji odredi podnosiv nivo podužne izolacije.

Kod ispitivanja udarnim valovima faktor rizika preskoka prema zemlji određuje se na osnovi zaštitnog nivoa ventilnog odvodnika prenapona pomnoženog sa 1,15 zbog razmaka. Maksimalno naprezanje podužne izolacije dobije se kao zbroj zaštitnog nivoa ventilnog odvodnika prenapona pomnoženog sa 1,15 i maksimalne vrijednosti faznog napona. Na to maksimalno naprezanje primjenjuje se isti faktor rizika preskoka kao kod poprečne izolacije, na osnovi čega se dobije podnosivi nivo podužne izolacije.

BIAS-ispitivanje sklopninm talasima provodi se tako da se na jedan priključak prekidača primijeni napon industrijske frekvencije čija je amplituda jednaka maksimalnoj vrijednosti faznog napona, a na drugi priključak standardni sklopni val čija se amplituda dobije na osnovi podnosivog nivoa podužne izolacije (amplituda sklopnog vala se dobije kada se od podnosivog nivoa podužne izolacije oduzme maksimalna vrijednost faznog napona). Prilikom ispitivanja sklopnim naponima ustanovljeno je kapacitivno djelovanje sklopnog vala na napon industrijske frekvencije, pa se podizanjem napona industrijske frekvencije vrši odgovarajuća korekcija.

Kod ispitivanja (podužne) izolacije udarnim valovima na jedan priključak prekidača primijenjen je udarni napon čija amplituda odgovara podnosivom udarnom naponu poprečne izolacije, a na drugi priključak napon industrijske frekvencije. Zbroj amplitude napona industrijske frekvencije i podnosivog udarnog nivoa poprečne izolacije treba da je ravan podnosivom nivou podužne izolacije.

Kod BIAS-ispitivanja naponom industrijske frekvencije, na oba priključka prekidača priključe se fazno pomjereni izvori napona industrijske frekvencije tako da se dobije podužno naprezanje izolacije od $2{,}5\,U_{mf}$. Kao alternativa ovom ispitivanju koristi se ispitivanje s jednim izvorom koji daje napon $2{,}5\,U_{mf}$, dok je drugi priključak uzemljen.

5. ZAKLJUČAK

1. Koordinacija izolacije prekidača mora biti provedena u području svih prenaponskih vala jer je odbačen koncept samokoordinirajućih prekidača. Koordinaciju izolacije treba provesti uz prisustvo ventilnih odvodnika prenapona ili zaštitnih iskrišta koja ne predstavljaju sastavni dio prekidača.

2. Zaštitno iskrište postavljeno na prilaznim dijelovima dalekovoda može sasvim uspješno zamijeniti ventilni odvodnik prenapona uz znatne ekonomske efekte. To razumijeva pravilno koordiniranje zaštitne karakteristike iskrišta s dielektričnom karakteristikom prekidača.

3. Ispitivanje prekidača prema IEC-propisima (prekidača 420 kV) ne obuhvaća utvrđivanje ponašanja izolacije u području strmih valova. Čini se da ispitivanje po ANSI-propisima ispravno definira ovaj problem.

4. Potrebno je prikupljati podatke o sklopnim valovima u našem prenosnom sistemu i nastaviti proučavati ponašanja izolacije u području sklopnih valova.

5. Ispitivanje podužne izolacije između priključaka prekidača, BIAS ispitivanje, koje je obuhvaćeno novim IEG-propisima, u potpunosti odražava uvjete kojima će podužna izolacija prekidača biti izložena u eksploataciji prekidača.

LITERATURA

1. Streater, Wilson: Insulation Co-ordination of Circuit Breaker Durring Operation IEEE PAS — 79 1960 pp. 333 — 344
2. Naef, Asbury: Power Circuit Breaker Insulation Co-ordination-Required Minimum Volt — Time Characteristics for Power Circuit Breaker, IEEE PAS — 80 1961 pp. 1129 — 1150
3. Johnson, Phillips, Simmons: Switching of EHV Circuits — I System Requirements for Circuit Breakers, IEEE PAS — 83 1964 pp. 1187 — 1196
4. Shores, Beatty, Phillips: Switching of EHV Circuits — III Design of Air Blast Circuit Breakers, IEEE PAS — 83 1964 pp. 1205 — 1213
5. Sonnenberg, Brado: Insulation Co-ordination Qualities of 500 kV Circuit Breakers, IEEE PAS — 84 1965 pp. 851 — 863
6. Sickle, Yeckley: A 500 kV Circuit Breaker Using SF-6 Gas IEEE PAS — 84 1965 pp. 892 — 901
7. Hileman, Wagner, Kisner: Open Breaker Protection of EHV Systems, IEEE PAS — 88 1969 pp. 1005 — 1014
8. Markussen. Matravers, Pouard, Taschini: The Insulation Between Terminals of Circuit Breakers and Disconnectors, Electra No 26 1973 pp. 21 — 41
9. Bachofen: Essais dielectriques d'appareils a tres haute tension selon la nouvelle methode proposee par CEI (essais BIAS) Sprecher + Shuh AG Tech. Inf. 1976 No 2 pp. 13 — 16
10. Sadović, Raščić, Bera: Koordinacija izolacije kroz upotrebu podesivih iskrišta na prilaznim dijelovima dalekovoda, CIGRE XIII, Bled 1977
11. Naumovski: Izbor tehničkih karakteristika prekidača i rastavljača visokog napona u svjetlu novih IEC standarda i novih iskustava, CIGRE XIII, Bled 1977.
12. Propisi: IEC 56 — 4, IEC 56 — 2, IEC — 71 — 1, ANSI C 37.074 — 1972.

Naslov pisaca:
Mr Salih Sadović, dipl. el. inž.
Elektrotehnički fakultet, Sarajevo
Mr Mirsad Raščić, dipl. el. inž.
Elektrotehnički fakultet, Sarajevo
Bosiljka Bera, dipl. el. inž.
Energoinvest - IRCE, Sarajevo

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.

INFORMACIONI SISTEMI U TERMOELEKTRANAMA

Dragoljub P i p e r s k i, Priština

U članku se govori o suvremenoj termoelektrani i informacijskom sistemu nužnom za dobivanje podataka koji su potrebni za analizu rada postrojenja, kao i za dobivanje tehničkih i tehničko-ekonomskih pokazatelja.

DK 621.311.22

INFORMACIONI SISTEM

Savremena termoelektrana predstavlja složeni kompleks različitih uređaja i postrojenja čiji su pojedini delovi u tesnoj uzajamnoj vezi. Ovo zahteva intenzivnu razmenu informacija, prenošenje rezultata merenja, upravljanja i dr.

Posebno je povećanje jedinične snage energetskih blokova praćeno složenošću tehnološke opreme i naglim povećanjem broja parametara koji se kontrolišu. Obim informacija koje treba da obradi operator postaje ogroman. Zadatak vođenja bloka postaje složen. Postavlja se pitanje da li je čovek sa svojim psihofizičkim mogućnostima u stanju da obezbedi pouzdan i ekonomičan rad postrojenja.

Informacioni sistem obezbeđuje neprekidno dobijanje, obradu i predstavljanje informacija o radu i stanju postrojenja i odvijanju tehnološkog procesa, dobijanje informacija pomoćnog karaktera koje su potrebne za analizu rada postrojenja, kao i dobijanje tehničkih i tehničko-ekonomskih pokazatelja rada postrojenja. Informacioni blok sastoji se od primarnih davačkih uređaja, pretvarača, sekundarnih uređaja i uređaja za predstavljanje informacija. U poslednje spadaju pokazni analogni i digitalni uređaji za vizuelno posmatranje, registratori za grafičko zapisivanje, elektrificirani štampači i monitori (katodne cevi) za predstavljanje simboličkih i grafičkih informacija.

U savremenim termoelektranama postoje različiti načini dobijanja, obrade i predstavljanja informacija, od prostih koji koriste konvencionalne uređaje za kontrolu — merenje do složenih koji koriste elektronske računske mašine. Kod prvih se primenjuju individualni merni kompleti koji se sastoje od primarnog davačkog i pretvaračkog uređaja i sekundarnog pokaznog instrumenta ili registratora. Kod toga se dalja obrada informacija, po pravilu, izvodi ručno. Drugi postupak ostvaruje se na bazi savremenih uređaja za centralizovanu kontrolu i obradu podataka, uključujući i tehničko-ekonomske pokazatelje rada postrojenja. Između tih dvaju krajnjih slučaja po složenosti i primenjenosti tehničkih sredstava postoji niz međurešenja kod kojih se primenjuju individualni i centralizovani uređaji kontrole.

Izbor informacionih uređaja za kontrolu zavisi od tehničko-ekonomskih uslova i od sledećih faktora:

— vrste elektrane (konvencionalna, nuklearna)
— veličine elektrane
— nivoa automatizacije
— vrste pogona (bazni ili vršni)
itd.

Signalizacija takođe spada u informacioni sistem operatora i sastoji se od uređaja koji operatoru daju informacije o poremećajima i stanju tehnološkog procesa pomoću svetlosnih i zvučnih signala. Signalizacija ima dve osnovne funkcije:

1. privlači pažnju operativnog osoblja na poremećaje režima rada postrojenja i havarisku situaciju,
2. skreće pažnju operatoru na uzroke pojedinih aktivnosti koje se odvijaju i isključuje grube pogrešne radnje u složenim uslovima.

Primenjuju se dve vrste signalizacije: tehnološka i havarijska.

Havarijska signalizacija služi da pokaže operativnom osoblju odstupanja radnih parametara od definisanih granica i poremećaje u režimu tehnološkog procesa. Ovde spada i signalizacija prorade zaštitnih uređaja.

Tehnološka signalizacija pokazuje operativnom osoblju stanje mehanizama (radi, ne radi, havarijski zaustavljen, uključena rezerva itd.).

U uslovima postojanja različitih oblika signalizacije koja treba da privuče pažnju na odgovarajući signal rešenje se traži u pravilnom kodiranju dolazećih signala. Zbog toga se tehnološka signalizacija izvodi tako da daje i treperavo svetlo (miganje) svakog novog signala kod odstupanja bilo koga parametra od normalne vrednosti. Ova forma signala veoma je efikasna jer miganje izaziva 1,5—2 puta brži odziv čoveka od stalnog svetla. Havarijska signalizacija izvodi se pomoću signalnih lampi različite boje, a signalizacija prorade zaštita pomoću svetlosnih tabloa. Pojačanje efekta ostvaruje se dupliranjem svetlosnog signala pomoću zvučnog signala odgovarajućeg tona.

Za kontrolu rada savremenog energetskog bloka velike snage kod korišćenja uobičajenih sredstava potrebno je nekoliko stotina pokaznih mernih instrumenata, oko hiljadu signalnih lampi itd. U takvim uslovima operator teško stiče sliku o toku odvijanja tehnološkog procesa. Delovanje operatora u smeru optimizacije procesa otežano je jer treba obraditi veliki broj informacija, što

zahteva dosta vremena tako da rezultati analize nemaju praktičnu vrednost u trenutku kada mogu da se koriste.

Osobito teški uslovi rada za operatora nastaju kod nestacionarnih režima rada bloka (puštanje i zaustavljanje i dr.) i havarijskim situacijama. Operator tada treba da prati mnoštvo tehnoloških parametara.

Često se u havarijskim situacijama pojavljuje skup vrlo važnih signala u kratkom vremenskom razmaku. Pošto se primarni uzrok havarije ne može odmah odstraniti, postavlja se pitanje njegove identifikacije iz datog skupa signala. Zbog pogrešne identifikacije može doći do pogrešnog delovanja operatora koje u izvesnim slučajevima može dovesti do teških posledica.

Uvođenjem zbirnih signala za poremećaje koji ne predstavljaju neposrednu opasnost za postrojenje uprošćava se optička slika signala o poremećajima i opasnostima.

Primena instrumenata za protokoliranje signala o poremećajima i opasnostima sa malim vremenskim razmacima znatno olakšava registraciju i analizu poremećaja (havarija) i utvrđivanje njihovih uzroka. U ovom cilju primenjuju se različiti uređaji od relativno prostih elektronskih registrujućih instrumenata, preko štampača do računskih mašina.

Primenom ovih uređaja smanjuje se broj signala koje kontroliše operator, pojavljuju se samo vrlo važni signali koji su potrebni za brza reagovanja operativnog osoblja.

PRIMENA INFORMACIONIH RAČUNSKIH MAŠINA

Primena informacionih uređaja računske tehnike može se u savremenim termoelektranama uslovno razrediti u dva nivoa koji se razlikuju po stepenu složenosti zadatka koji rešavaju na:

a) informacione mašine, i

b) informaciono-računske mašine, koje obezbeđuju zajedno sa informacijama o odvijanju tehnološkog procesa i proračuna tehničko-ekonomskih pokazatelja i eventualno izvršavanje operacija puštanja i zaustavljanja.

Kod informacione uloge mašina služi operativnom osoblju samo za dodatno informisanje, dok je konvencionalna instrumentacija izvedena u punom obimu. Operativno osoblje prati pokazivanja mnogobrojnih instrumenata i upoređuje ih sa zadatim vrednostima. Informaciona računska mašina automatizuje ovaj zadatak operativnog osoblja. U slučaju odstupanja parametara od zadatih vrednosti, informaciona mašina daje signale o nastalim odstupanjima. Operativno osoblje prati proces prema veličinama koje se dobijaju »po pozivu«. Registracija najodgovornijih veličina izvodi se stalno i nezavisno pomoću grupnih registrirajućih instrumenata. Osim toga informaciona mašina se oprema štampačem koji ispisuje potrebne veličine u operativni dnevnik.

Kod informaciono-računske uloge mašina se koristi kao vodeći uređaj. Operativno osoblje dobija informacije o stanju pogona gotovo isključivo preko izlaznih periferijskih organa. Konvencionalna instrumentacija reducira se u takvoj meri da se zadržava samo ono što u slučaju kvara računske mašine omogućuje održavanje elektrane u trenutnom pogonskom stanju ili sigurno zaustavljanje.

Kod informaciono-računske uloge mašina pored informacionih zadataka vrši i obradu dijagrama registracionih instrumenata i određivanje tehničko-ekonomskih pokazatelja rada postrojenja. Na osnovu dobijenih informacija od informaciono računske mašine operativno osoblje preduzima akcije upravljanja radom postrojenja koje daju najbolje ekonomske efekte.

U nekim slučajevima se informaciono-računskoj mašini prepušta i uloga puštanja i zaustavljanja postrojenja.

Pomoću informaciono-računske mašine formiraju se iz mnoštva podataka dragocene informacije koje se stavljaju na uvid operativnom osoblju preko monitora ili se ispisuju pisaćom mašinom.

Informacije prikazane grafički i različitim bojama na monitoru u znatnoj meri povećavaju preglednost postrojenja.

Operativno osoblje može na osnovu pokazanih informacija, odstupanja od zadatih vrednosti i relativnog odstupanja od graničnih vrednosti na vreme da otkrije predstojeće smetnje i zahvatom u proces da spreči ispad iz pogona i uspostavi normalno pogonsko stanje. Na taj način povećava se raspoloživost postrojenja.

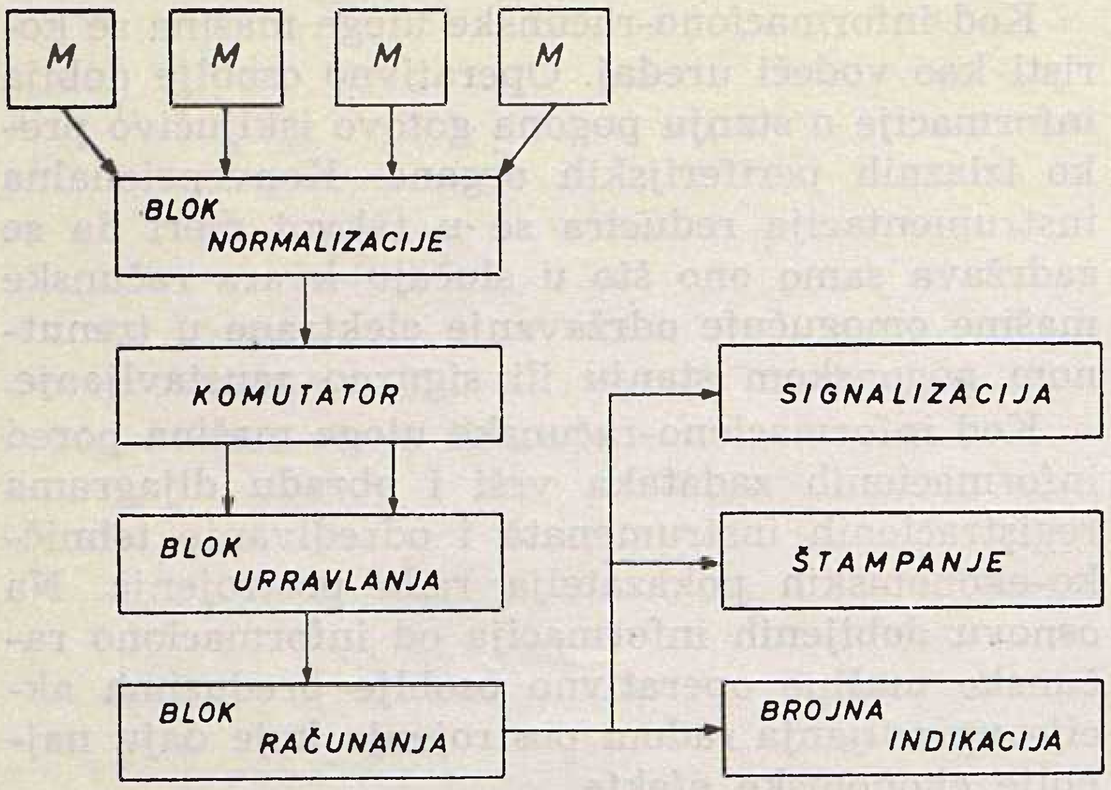
Raspoloživost postrojenja dalje se povećava ako se smanji vreme od ispada iz pogona koje je prouzrokovano nekim poremećajem do ponovnog stavljanja u pogon. Zahvaljujući neprekidnom zapisivanju čitavog toka pogona, uzroci poremećaja se brže pronalaze, što omogućuje brzu i efikasnu reparaturu.

Računska mašina može da se priključi direktno na termospregove, otporne termometre, pretvarače otpora i elektromotorne sile jednosmerne struje, diferencijelno-transformatorske i druge pretvarače naizmenične struje kao i merne pretvarače sa unificiranim signalima jednosmerne struje i sa standardnim otporima daljinskog prenosa.

Struktura i osnovni blokovi informacione mašine dati su na sl. 1.

Signali od pretvarača dolaze u blok normalizacije signala gde se vrši unifikacija različitih signala, njihova linearizacija i filtracija od mogućih smetnji. Posle bloka normalizacije signali preko komutatora i bloka upravljanja dolaze u računski uređaj mašine. Rad mašine obezbeđuje blok upravljanja koji neposredno kontroliše uređaje cikličnosti, računanja, signalizacije, brojne indikacije i registracije.

Računski uređaj mašine izvodi matematičke i logičke obrade informacija po zadatim programima, računanje tehničko-ekonomskih pokazatelja



Sl. 1.

rada postrojenja sa automatskom registracijom njihovih vrednosti.

Na računski blok priključeni su izlazni periferijski uređaji mašine.

Kod formulacije zadataka korišćenja računske mašine potrebna je uska saradnja proizvođača i korisnika da bi se uređaj za obradu podataka u što većoj meri prilagodio željenom načinu rada postrojenja.

Saradnja proizvođača računske mašine sa budućim osobljem u elektrani na analizi sistema omogućuje pravovremenu pripremu osoblja i doprinosi pravilnom korišćenju procesnog računara.

Za vreme montaže procesnog računara i povezivanja davača treba uvažiti određene propise o uzemljenju i osiguranju. Posebna pažnja treba da se posveti ispitivanju davača. Pogrešno ispitani davači daju pogrešne informacije, što kod osoblja izaziva nepoverenje u procesni računar.

NAČINI PRIKAZIVANJA INFORMACIJA KOD INFORMACIONE RAČUNSKE MAŠINE

Ako se izvrši analiza informacija koje se koriste u elektrani, dolazi se do zaključka da se u osnovi radi o sledećim informacijama:

a) o trenutnim pogonskim događajima koji podrazumevaju: stanja, havarijsku signalizaciju, tehnološku signalizaciju, tendencije i dr.;

b) informacije o proteklom pogonu koje podrazumevaju: proizvedenu količinu električne energije, protekle poremećaje, pogonske karakterističke vrednosti i dr.

Stanje u postrojenju ne može se dovoljno brzo izanalizirati ako je poznata samo jedna informacija (merna veličina, alarm, položaj prekidača), nego treba znati kombinaciju više mernih veličina i više različitih signala stanja.

Primenom monitora na kojima se informacije prikazuju grafički i u bojama kao i drugih periferijskih organa mašine pružaju se odlične mogućnosti da se proces prikaže na način koji jednoznačno pokazuje stanje postrojenja.

Informacije o trenutnom stanju postrojenja prikazuju se najčešće na monitorima u obliku teksta, slike postrojenja, linijskih dijagrama i grafika.

Ispisivanjem toka pogona na periferijskim organima koje se odvija bez kašnjenja dobija se uvid u odvijanje procesa u realnom redosledu događaja. U ovo spada havarijska i tehnološka signalizacija. U slučaju potrebe mogu se svi signali prikazati zajedno u prikazu toka pogona ili posebno na različitim periferijskim organima. Dalje se signali koji se odnose na pojedine delove postrojenja ili signale mogu razvrštavati u posebne prioritete i sažeti u specijalne blokove.

Grupe mernih vrednosti procesnih veličina mogu se na poziv operatora prikazati na periferijskom organu i ciklično obnavljati.

U shematskoj slici postrojenja označavaju se trenutne informacije o procesu. Ujedno se daju referentne vrednosti kako bi se mogla uočiti smetnja. Kod normalnog pogonskog stanja posmatra se globalna shema ,a kod pojave poremećaja na monitoru se pokazuje samo shema onog dela na kojem se pojavio poremećaj.

Krivuljama se prikazuje vremenski tok analognih procesnih veličina. Dodatno se ciklično prikazuju trenutne vrednosti. Analogne vrednosti koje pokazuju tendencije mogu se tokom pogona ponovo birati.

Osobenost prikazivanja mernih veličina pomoću linijskih dijagrama i krivulja sastoji se u tome da se odmah može videti relativni odnos između:

— mernih veličina
— odstupanja od graničnih vrednosti
— tendencije.

Informacije o proteklom pogonu registruju se u protokolu linijskim pisačima na ploteru i na magnetnoj traci.

Protokoli služe kao dokumentacija o toku pogona, za analizu poremećaja, za praćenje odnosa između izabranih procesnih veličina i za utvrđivanje pogonskog stanja.

Signali se ispisuju punim tekstom sa vremenskim redosledom pojave, i to:

— promene stanja
— havarijska signalizacija
— tehnološka signalizacija.

Prioriteti ili načini dobijanja signala označavaju se posebnim oznakama.

Ispisuju se analogne i digitalne merne vrednosti koje su postojale za vreme određenog perioda pre i posle važnih poremećaja. Ti protokoli daju uvid u odvijanje poremećaja na nekom agregatu ili jednoj grupi uređaja i služe za analizu »post mortem« (perturbografija). Merne vrednosti koje ulaze u protokol mogu se birati tokom pogona.

Određeni skup mernih vrednosti protokolira se ciklično ili na poziv. Ciklus se bira po volji. Izbor mernih vrednosti može se birati i menjati tokom pogona.

Na poziv mogu da se ispišu svi postojeći signali opasnosti, kao i svi premošteni i poremećeni davači mernih vrednosti.

Ciklično ili ,na poziv operatora ispisuju se sva prekoračenja dozvoljenih karakterističnih vrednosti kao što su učestalost uključenja, vreme trajanja dozvoljenog pogona i dr. Pomoću ovog protokola mogu se planirati radovi oko održavanja.

Pogonski podaci ispisuju se ciklično ili nakon sadržaj protokola je specifičan za svako postroje-sadržaj protokola je specifičan za svako postroje. nje. Pogonske karakteristike se ispisuju u određenim vremenskim periodima. One sadrže sve signale koji su nastali u toku posmatranog perioda.

Svi ostali specifični protokoli mogu se dodatno uvesti na jednostavan način uzimajući u obzir strukturu pojedinih elemenata postrojenja i sistem softwarea.

Radi stvaranja dokumentacije, arhiviranja i primene drugih sistema vrši se registracija informacija. Postoje razni načini registracije zavisno od postavljenih zahteva:

— registracija mernih vrednosti pokazuje vremenski tok procesnih veličina na linijskom pisaču bez vremenskog kašnjenja;

— registracija pomoću plotera beleži vremenski tok procesnih veličina u memoriju mašine i na zahtev operatora ispisuje ih na ploteru;

— dugoročni nadzor registruje vremenski tok procesnih veličina magnetnoj traci, a izkazivanje podataka obavlja se preko drugog sistema za elektronsku obradu podataka.

Primena informacione računske mašine, a samim tim i prikazivanje svih događaja u toku procesa zahteva da se svrsishodno oblikuje dijalog između čoveka i procesa, kao i dijalog između čoveka i mašine.

Programi dijaloga koji služe za saobraćaj čovek — računar — proces tako se formiraju da je njihova upotreba laka i jednostavna. To omogućuje iscrpno informisanje operatora kao i široke intervencije u kontroli procesa. Na taj način se omogućuje stalno prilagođavanje novom stanju koje se pojavljuje tokom procesa, što je naročito važno za vreme puštanja objekta u pogon.

Dijalog se najčešće ostvaruje putem funkcionalne tastature.

STRUKTURA HARDWARE-a I SOFTWARE-a

Hardware

Sistemske komponente hardwarea predstavljaju osnovu za rešavanje svih zadataka koji se postavljaju kod pogona elektrane.

Hardware treba da ima sledeće karakteristike:

— niz uređaja visokog kvaliteta
— uređaje koji se dobro uklapaju u ostale komponente za vođenje procesa u elektrani
— kompaktne elemente izrađene u tehnici integrisanih kola radi lakšeg održavanja
— modularnu koncepciju radi lakšeg proširivanja i nadgradnje
— sopstvenu signalizaciju kvarova
— efikasan sistem prekidanja programa radi brzog reagovanja kod procesnih događaja
— nezavisno i decentralizovano napajanje
— mogućnost povezivanja s drugim sistemima.

Hardware se deli na centralni deo, ulazno-izlazne organe u prostoriji računara, ulazno-izlazne organe u komandnoj prostoriji i periferijske organe.

U centralnom delu se obrađuju i memorišu podaci. Tu se nalazi centralna jedinica, dodatni delovi hardwarea i memorija za eksterne informacije.

Ulazno-izlazni organi u prostoriji računara opslužuju sistem za vreme puštanja elektrane u pogon, za vreme radova na održavanju i kod pojave poremećaja. Oni reaguju na interne sistemske signale i registruju informacije.

Za učitvanje programa operator koristi sledeće uređaje:

— pisaću mašinu
— čitač i pisač perforirane trake
— uređaj za registraciju na magnetnoj traci.

Ulazni i izlazni organi u komandnoj prostoriji služe za centralno komuniciranje između čoveka i procesa. Konfiguracija komandnog prostora ima odlučujući uticaj na kvalitet komuniciranja. Pogonskom osoblju stoji na raspolaganju:

— komandni pult za izbor funkcija i dijalog sa procesom
— tastatura računara povezana sa monitorima i pisačima koja omogućuje dijalog i rešavanje različitih zadataka.

Za prikazivanje alfanumeričkih informacija koriste se crno-beli ekrani, a za prikazivanje grafičkih informacija i ekrani u boji.

Za ispisivanje podataka stoji na raspolaganju pisaća mašina — štampač.

Periferijski organi omogućuju vezu između procesa i centralnog dela i obavljaju sledeće zadatke:

— pretvaranje digitalnih i analognih procesnih signala u interne veličine potrebne računaru i obratno,
— brzo povezivanje alarmnih signala
— potiskivanje pogrešnih signala.

Periferijski elementi grade se na modularnom principu tako da se lako prilagođavaju izvršavanju postavljenih zadataka.

Software

Kod izrade software-sistema obraća se pažnja na sledeće kriterijume:

— standardizaciju
— fleksibilnost
— upotrebljivost.

Struktura koja sledi iz ovih kriterijuma može da se klasificira u sledeća područja:

— osnovni software koji ne zavisi od postrojenja
— osnovni software sa standardnom primenom
— software prilagođen postrojenju.

Osnovni software koji ne zavisi od postrojenja predstavlja osnovno pomoćno sredstvo pomoću koga se izrađuje sistem software. Služi za izvršavanje sledećih zadataka:

— upravljanje i koordiniranje uređaja i primenjenih programa
— lako opsluživanje računara
— prevođenje sa jezika višeg tipa na mašinski jezik
— testiranje prevedenih programa
— prevođenje opštih matematičkih i ulazno-izlaznih funkcija.

Osnovni software sa standardnom primenom proističe iz činjenice da se pojedini programi u elektrani mogu više puta primenjivati, što omogućuje izvesnu standardizaciju. Standardizacija se odnosi na one strukture pojedinih funkcija koje se mogu smatrati modulima softwarea. Standardne funkcije se mogu podeliti u četiri grupe.

a) Identifikacija mernih vrednosti:
— analogne vrednosti (ispitivanje, sumiranje, formiranje srednjih vrednosti)
— digitalna identifikacija (ciklična i sporadična).
b) Formiranje protokola za:
— odvijanje pogona
— tok poremećaja
— redosled merenja
— postojeće signaliziranje opasnosti.
c) Indikacija:
— odvijanje pogona
— grupe mernih vrednosti
— trend prikazan krivuljama
— trend prikazan linijskim dijagramima
— šematske slike postrojenja.
d) Komuniciranje sa računarom:
— podaci o sistemskim parametrima za analogne i digitalne vrednosti
— konfiguracija izlaznih podataka za protokol redosleda mernih vrednosti, za protokol odvijanja poremećaja, za pokazivanje grešaka mernih vrednosti, za pokazivanje trenda pomoću krivulja i pomoću linijskih dijagrama.

Software prilagođen postrojenju obuhvata programe koji su specifični za konkretno postrojenje. Funkcije se mogu razdeliti u sledeće grupe:

— specifične identifikacije mernih vrednosti
— protokoli održavanja, pogonski, bilansni i ostali specijalni
— pokazivanja karakteristika, temperaturnih profila, slika gorionika i dr.
— proračun karakteristika
— registracija dugoročne kontrole.

UPRAVLJAJUĆA RAČUNSKA MAŠINA

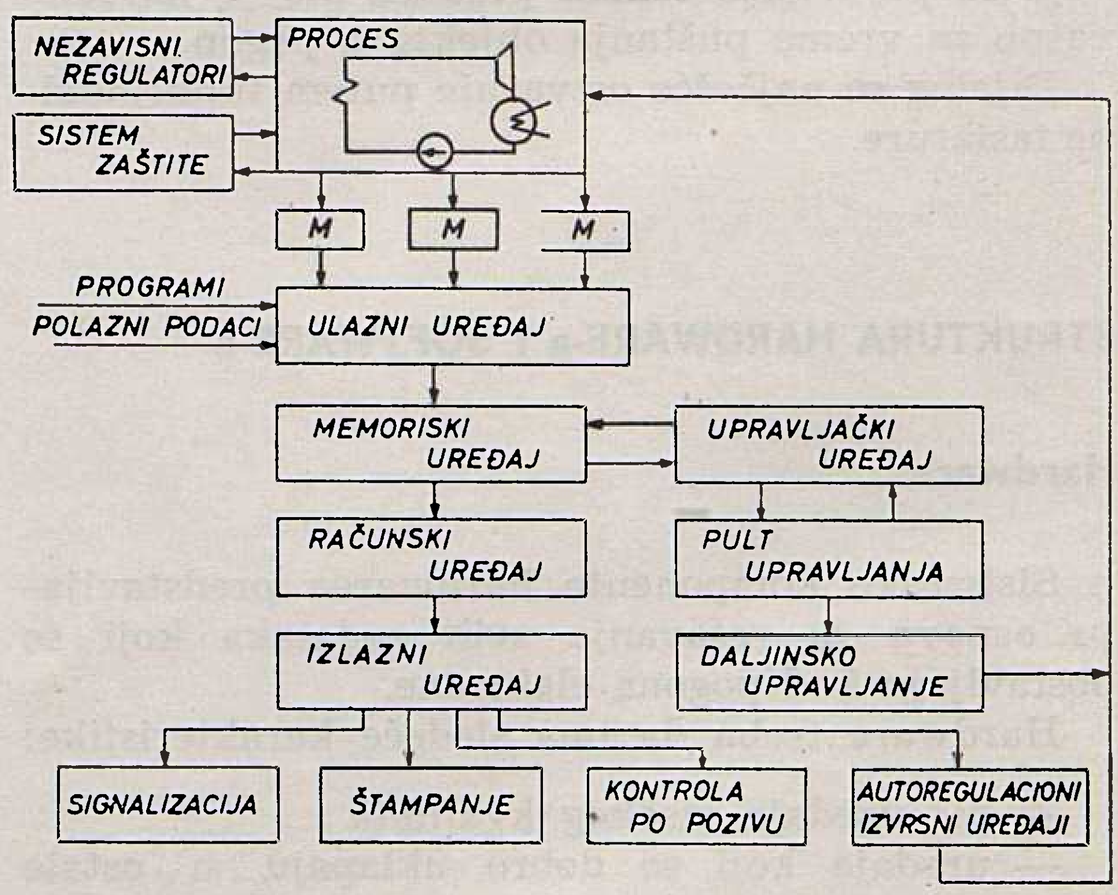
Viši nivo korišćenja uređaja računske tehnike je primena upravljajućih računskih mašina.

Upravljajuće računske mašine uključuju se neposredno u sistem upravljanja radom postrojenja (bloka) i izvršavaju sve funkcije kontrole, signalizacije i računanja tehničko-ekonomskih pokazatelja, kao i puštanje i zaustavljanje postrojenja. Te mašine preuzimaju zadatke tehnoloških zaštita i blokada i automatskog upravljanja. Na ovom nivou korišćenja uređaja računske tehnike upravljajuće računske mašine vrše sakupljanje polaznih podataka o odvijanju tehnološkog procesa, njihovu obradu, nalaze optimalna rešenja za upravljanje radom postrojenja i ostvaruju samoupravljanje.

Jedna od mogućih varijanti uprošćene strukturne sheme upravljajuće računske mašine prikazana je na sl. 2.

Signali sa mernih pretvarača ulaze u ulazni uređaj gde se vrši njihova normalizacija, linearizacija, baždarenje i upoređivanje u memorijskom uređaju sa dozvoljenim vrednostima. U računskom uređaju vrši se računanje, po zadatom programu, tehničko-ekonomskih pokazatelja i dr. Rezultati računanja idu u izlazni uređaj i dalje u uređaj za periodično štampanje, signalizaciju i na regulatore (ili izvršne mehanizme) koji deluju na objekt upravljanja. Tekuće vrednosti parametara povezuju se na monitor.

Primenom upravljajućih računskih mašina uz suštinsko skraćivanje dimenzija pulta omogućuje daljinsko upravljanje regulacionim i zapornim organima i motorima pomoćne opreme.



Sl. 2.

Najvažnije veličine koje kontrolišu rad postrojenja i ovde se izvode na pokazne i registracione instrumente koji nisu uključeni u blok upravljačke računske mašine.

Sistemi automatizacije sa upravljačkim računskim mašinama formiraju se ponekad tako da se može ostvariti automatsko upravljanje tehnološkim procesom sa običnim analognim regulatorima i upravljanje pomoću mašine u svim režimima rada.

Regulatori se tada mogu razdeliti u dve grupe:

a) režimski regulatori kao što su regulatori sagorevanja koji se povezuju na računsku mašinu radi dobijanja najboljih ekonomskih efekata putem optimizacije tehnološkog procesa;

b) posebno važni regulatori kao što su regulatori napajanja parnog generatora sa bubnjevima i lokalni regulatori, na primer regulatori nivoa u deaeratoru, ne povezuju se na upravljajuću računsku mašinu jer ovo nije celishodno sa stanovišta pouzdanosti i ekonomičnosti.

Režimski regulatori se takođe mogu postaviti nezavisno od upravljajuće računske mašine.

Uređaji za tehnološku zaštitu ponekad se u cilju povećanja pouzdanosti izvode nezavisno od mašine.

Veliko značenje ima izvođenje operacija puštanja pomoću upravljajućih računskih mašina. Mašina omogućuje da se ubrzaju operacije puštanja (ili zaustavljanja) postrojenja bez remećenja režimskih faktora i dobije znatan ekonomski efekt na račun smanjenja broja operatora koji učestvuju u puštanju, isključivanje grešaka pri puštanju i suštinskoj ekonomiji goriva na račun smanjenja vremena puštanja.

Na kraju treba napomenuti da primena upravljajućih računskih mašina u cilju automatizacije suštinski povećava cenu automatizacije i jednovremeno smanjuje pouzdanost sistema. Zbog toga kod postojanja pouzdanih konvencionalnih sistema automatskog upravljanja uključivanje upravljajućih računskih mašina neposredno u sistem upravljanja postrojenja za sada je ekonomski neopravdano.

INFORMACIONO — RAČUNSKA MAŠINA ZA TE »KOSOVO B« 2 x 340 MW

Radi ilustracije prethodnog izlaganja izložit će se osnovne funkcije i elementi informaciono-računske mašine za termoelektranu »Kosovo B« 2 × × 340 MW koja se sada gradi. Za svaki blok predviđena je jedna mašina koja će imati sledeće funkcije:

— prijem i nadzor logičkih signala sa štampanjem stanja, izmena i grešaka,

— prijem i brojanje impulsa koji su takođe logički signali (na primer za impulsno merenje električne energije),

— prijem i nadzor analognih signala (merenja) i štampanje ne dozvoljenih prekoračenja,

— registracija poremećaja za naknadnu analizu havarija,

— pokazivanje karakterističnih vrednosti merenja i proračuni stepena iskorišćenja,

— nadzor i signalizacija kvarova u sistemu računske mašine,

— dijalog mašina-operator.

Konfiguracija sistema podrazumeva (sl. 3):

— 1 industrijski mini-kompjuter

— 1 alfanumeričku tastaturu sa 24 tastera za dijalog

— 2 monitora sa 48 linija i 64 kolone

— 2 pisaće mašine (štampača) sa 80 kolona i 30 slova u minutu

— 1 servisnu pisaću mašinu

— 3 kanala za prijem logičkih informacija

— 2 kanala za prijem analognih informacija

— 1 analogni izlazni kanal.

K o m p j u t o r čiji je kapacitet 48 K reči od 16 bita obezbeđuje:

— prijem, obradu i čuvanje logičkih i analognih informacija

— proračune sa memorisanim podacima

— nadzor kvarova, merenja i pomoć kod vožnje elektrane

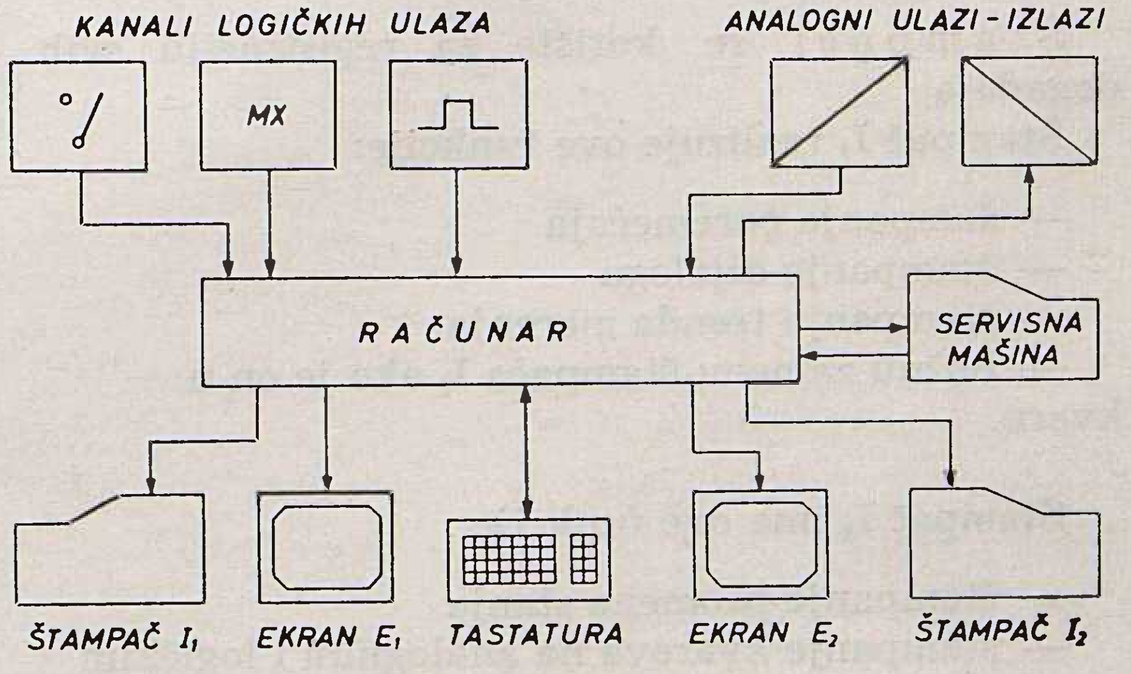
— sekvencijalnu realizaciju dijaloga

— kontrolu svih periferijskih organa.

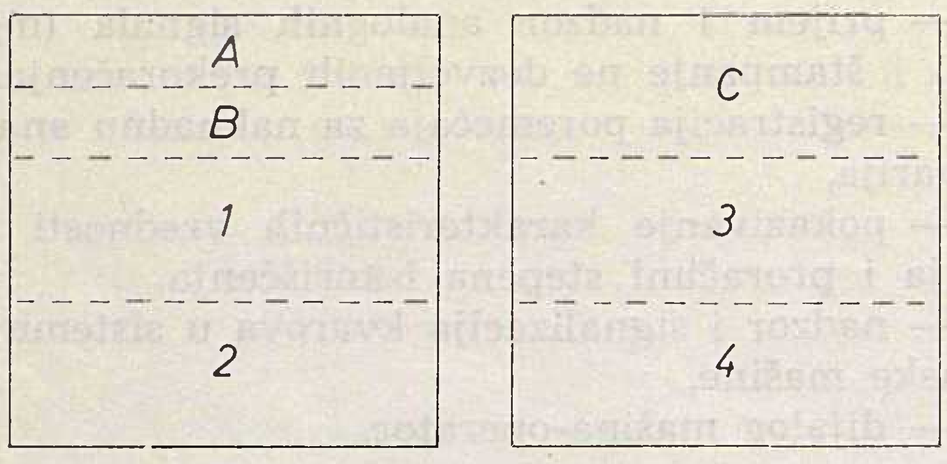
T a s t a t u r a obezbeđuje dijalog između operatora i mašine. Ona je kontrolni deo sistema kod startovanja vremenskih funkcija. Sastoji se od standardnog alfanumeričkog dela i jednog seta od 24 tastera, od kojih svaki ima odgovarajuću specijalnu funkciju.

D v a m o n i t o r a sačinjavaju knjigu podataka sistema. Oni su podeljeni u zone (sl. 4): A, B, C i 1, 2, 3, 4. Prve tri su specijalne, a četiri ostale su zajedničke.

Zona A je rezervisana za signalizaciju kvarova u sistemu računara. Predviđeni su sledeći signali:



Sl. 3.



Sl. 4.

— kvar računara
— kvar štampača I_1
— kvar štampača I_2
— kvar logičkog prijema signala
— kvar analognog prijema signala.

Zona B je rezervisana za dijalog. U ovoj zoni se prikazuju nazivi dijaloga kao odgovor na svaku akciju operatora. Poseban deo zone predviđen je za obaveštenja.

Zona C je predviđena za stalno prikazivanje karakterističnih vrednosti sa frekvencijom ponavljanja od 5 sekunda. Pokazuju se sledeće izmerene odnosno proračunate vrednosti:

— temperatura pare na izlazu kotla
— protok pare na izlazu kotla
— pritisak pare na izlazu kotla
— aktivna snaga generatora
— faktor snage generatora
— ukupni stepen iskorišćenja turbine
— stepen iskorišćenja turbine visokog pritiska
— stepen iskorišćenja turbine niskog pritiska
— stepen iskorišćenja kotla.

Prve četiri vrednosti se mere, a ostale se računaju. Proračuni se vrše prema obrascima koje daju isporučioci osnovne opreme i koji su u vidu programa uvedeni u mašinu. Preciznost rezultata proračuna zavisi od mernih uređaja i vrste proračuna koji se vrši.

Zone 1, 2, 3 i 4 su istih dimenzija i služe operatoru za pomoć kod vožnje bloka.

Predviđene su nužne (sigurnosne) zamene ekrana. Kada je ekran E_1 van pogona, njegovu ulogu preuzima ekran E_2.

Štampači se koriste za registraciju svih događaja.

Štampač I_1 realizuje ove funkcije:

— šampanje poremećaja
— štampanje dijaloga
— štampanje trenda merenja
— nužnu zamenu štampača I_2 ako je on u kvaru.

Štampač I_2 ima ove funkcije:

— štampanje promena stanja
— štampanje kvarova na analognim i logičkim ulazima
— štampanje kvarova u sistemu računara.

Servisna pisaća mašina je predviđena za pripremu i uvođenje programa u mašinu.

Prijem logičkih signala sastoji se od tri kanala za prijem signala, i to:

— za prijem signala sa direktnim vezama koje zahtevaju brzo skaniranje; broj ovih ulaza je 640 a vreme skaniranja je 20 ms,
— za umnožene logičke ulaze koji dolaze iz sistema za upravljanje i služe operatoru za pomoć kod vožnje,
— za logičke ulaze za proračune koji podrazumevaju kanal od 16 logičkih ožičenih ulaza koji su povezani na 16 spoljnih brojača (na primer impulsno merenje energije).

Prijem analognih signala predviđen je za dva analogna kanala, od kojih je jedan za signale vrlo visokog nivoa sa 384 ulaza, a drugi za signale niskog i vrlo niskog nivoa sa 160 ulaza.

Vrlo visoki nivo imaju signali koji dolaze od mernih pretvarača ($4 \div 20$ mA ili $0 \div 20$ mA). Oni imaju vrlo brz razvoj (≤ 6 sek). Signali niskog i vrlo niskog nivoa dolaze od termoelemenata i otpornih termometara i oni imaju spori razvoj (≤ 60 sek).

Analogni izlazi podrazumevaju jedan izlazni analogni kanal sa 12 linija koji je povezan sa 12-kanalnim registratorom koji beleži 12 merenja. Ta merenja bira operator pomoću tastature. Izlazi su tipa $0 \div 20$ mA.

Registracija poremećaja. Da bi se analizirali uzroci poremećaja, memorišu se vrednosti izvesnog broja merenja tako da je u svakom trenutku na raspolaganju 30 vrednosti za »istorisku analizu«.

Ako se dogodi poremećaj koji izaziva registraciju poremećaja, štampa se 30 vrednosti na štampaču I_1, i to:

— 10 vrednosti pre pojave poremećaja
— 20 vrednosti posle pojave poremećaja.

Kada se realizuje »registracija poremećaja«, pojavljuje se posebno obaveštenje na ekranu u zoni koja je predviđena za obaveštenja.

Broj logičkih ulaza koji mogu da izazovu »registraciju poremećaja« ograničen je na 16, a maksimalan broj memorisanih vrednosti je 60.

Radi praćenja trenda merenja operator može da izabere jedno merenje ili grupu merenja i da obezbedi njihovo štampanje na štampaču (sa periodom ponavljanja od 1 do 99 minuta) ili registrovanje pomoću registratora. Može se pratiti najviše 16 trendova merenja simultano, posebno na štampaču i registratoru.

Pomoć u vožnji bloka je poseban dijalog koji obezbeđuje praćenje odvijanja upravljanja funkcionalnim grupama u periodu puštanja i zaustavljanja bloka. Ta funkcija prati razvoj sekvenci upravljanja. Svi kriterijumi dolaze sa digitalnih davača koji su smešteni u pogonu. Operator bira jednu od zona 1, 2, 3, 4 na datim ekranima radi informisanja:

— *pre date komande upravljanja.* Operator se obaveštava o statičkoj raspoloživosti izvršnih organa podgrupa koje treba da se puste u pogon auomatski. Na poziv se prikazuju na ekranu nedostajući kriterijumi sa oznakom izvršnog organa za svaki izvršni organ podgrupe. Postoji mogućnost da se pojavi prosečno 2 kriterijuma, a maksimalno 5 po jednom izvršnog organu. Pokazane informacije se zadržavaju na ekranu sve do brisanja zahteva ili do formiranja drugog zahteva tako da operator može da prati pripremu odgovarajuće podgrupe.

— *u toku izvršavanja komande.* Od trenutka kada operator stavi u pogon jednu podgrupu (grupu) izvršnih organa na ekranu katodne cevi se pojavljuje skup signala za izvođenje automatizma sa oznakom podgrupe (dinamički kriterijumi). Postoji mogućnost da se pojavi prosečno 5 kriterijuma, a maksimalno 10 po podgrupi. Kriterijumi koji nisu realizovani trepere na ekranu, dok su realizovani kriterijumi stalni. Na taj način operator prati realizaciju kriterijuma koji na ekranu prelaze iz treperavog u stalno stanje osvetljenosti. U svakom momentu na odgovarajućoj zoni ekrana operator može da dobije stanje odgovarajuće podgrupe pre izvršenja komande.

LITERATURA

1. M. A. Muel: Avtomatičeskoe upravlenije bločnimi energoustanovkami s primenjenjem včisliteljnih mašin, Izd-vo »Tehnika« Kijev — 1969.
2. Pod red. M. P. Šalmana: Avtomatizacija krupnih teplovih elektrostancii-Energija, Moskva — 1974.
3. H. H. Christoph: Automatisierung im Dampfkraftwerk — ein Mittel zur Rationalisierung, Elektrizitatwirtschaft — 1965, 64 No 20. 568—573.
4. B. Dugić, P. Radulović, B. Kontić, M. Jovanović: Automatizovano ekonomsko upravljanje elektranom primenom digitalnog procesnog računala, Informativni bilten ZEPS-a — 1968/18.
5. Ustroistva teplotehničeskih izmerenii i avtomatičeskogo upravlenija elektrostanci, Energija — 1975.
6. V. N. Levitski: Opit primenenija vičisliteljnih mašin dlja avtomatizacii elektrostrancii SŠA, Energohozjastvo za rubežom — 1964/5.
7. V. N. Levitskii: Upravlenije blokom 342 Mw s pomoščju vičisliteljnoi mašini, Energohozjastvo za rubežom — 1964/3.
8. Centrale de Kosovo-Controle commande; systeme d'equipement statique, Turbodem — CGEEAlsthom — 10. 9. 76.
9. Technical seminar: Overall control and monitorins in power atations — BBC, Dubrovnik, 1978.

Naslov pisca:
Mr Dragoljub Piperski, dipl. inž.
REMHK »Kosovo«

Elektra e k
KOPRIVNICA

OOUR ELEKTRE — ZAGREB

PODUZEĆA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

ELEKTRA — KOPRIVNICA

43 300 Koprivnica — Rade Končara 10 Telefoni: 72-422 i 72-420

POTENCIJALNA MOGUĆNOST IZGRADNJE CRPNO-AKUMULACIJSKE HIDROELEKTRANE NA RIJECI VRLJICI

Slavko A l e r i ć, Zagreb

U članku je opisana mogućnost izgradnje crpne hidroelektrane u donjem toku rijeke Vrljike, koja protječe južnom stranom Imotsko-bekijskog polja. U zavisnosti od vremena turbinskog rada, navedena crpna hidroelektrana mogla bi proizvoditi električne energije od 50 do 190 GWh.

DK 621.311.21

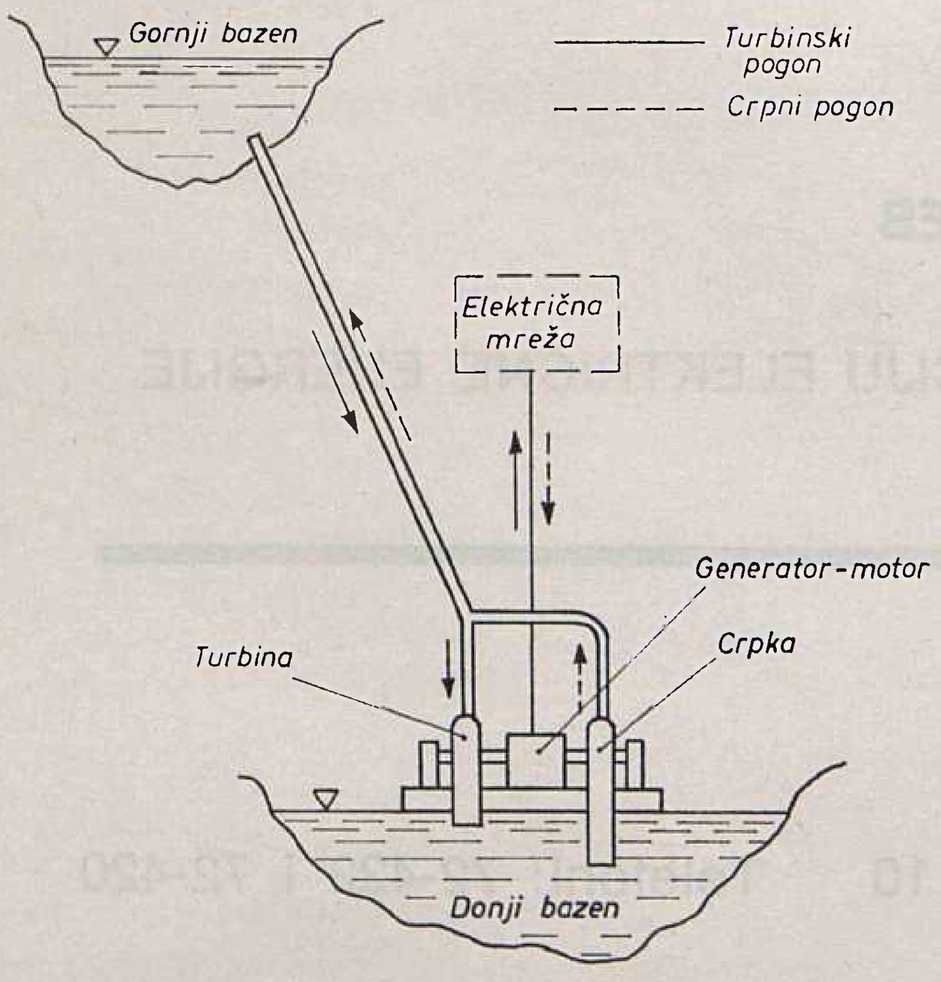
1. IZVORI ENERGIJE

Potrebe pučanstva za električnom energijom i snagom mogu se pokriti iz različitih izvora. Za pokrivanje tih potreba danas se kod nas koriste različiti izvori električne energije: termoelektrane (mogu koristiti kruto, tekuće i plinsko gorivo), hidroelektrane (mogu biti protočne i akumulacijske), nuklearne elektrane (različitih tipova s obzirom na gorivo i rashladni medij), te crpno-akumulacijska postrojenja.

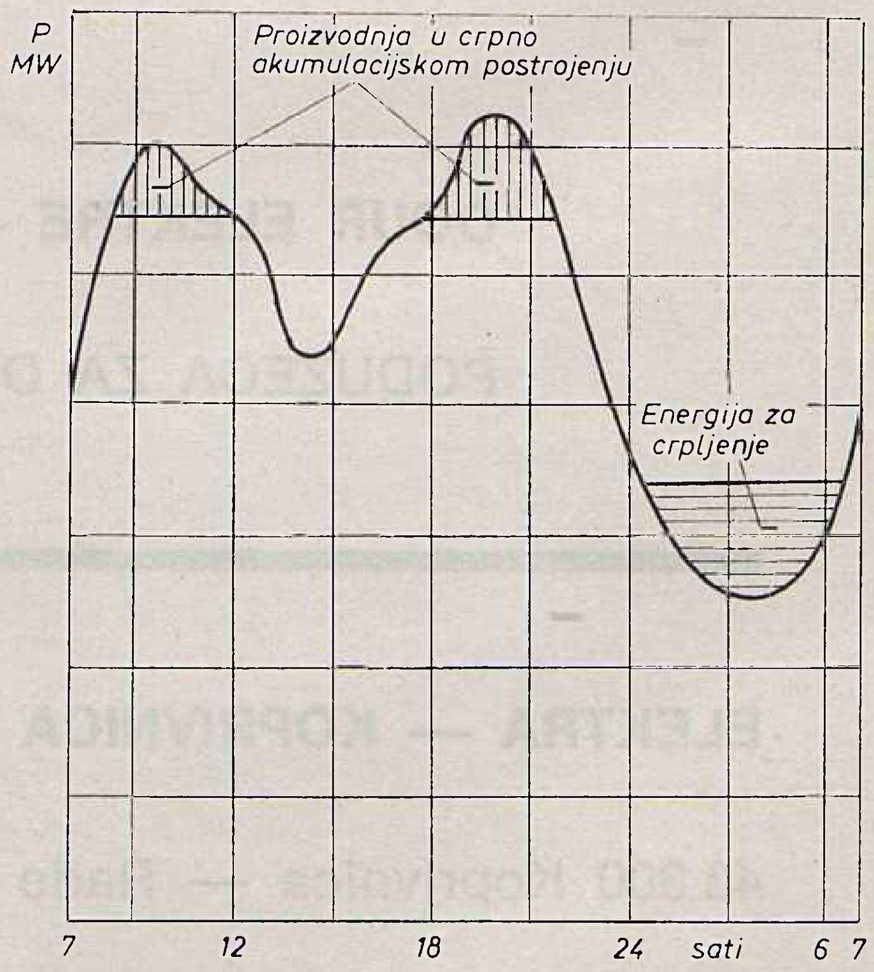
Crpno-akumulacijsko postrojenje (sl. 1) jednom radi kao crpka, a drugi put kao hidroelektrana. Crpno-akumulacijsko postrojenje mora imati gornji i donji akumulacijski bazen. Voda u gornji akumulacijski bazen u pravilu ne dotječe prirodnim dotokom, već se crpi iz donjeg akumulacijskog bazena (crpni rad). Potrebna energija za crpljenje uzima se iz električne mreže. Kad postrojenje radi kao hidroelektrana za proizvodnju električne energije koristi se potencijalna energija vode koja je akumulirana u gornjem akumulacijskom bazenu (turbinski pogon). Kod rada CHE više se troši električne energije za crpljenje nego što se proizvodi u turbinskom pogonu.

Dakle, crpno-akumulacijsko postrojenje je potrošač električne energije, ali u krajnjoj liniji takvo postrojenje može biti korisno u elektroenergetskom sustavu ako se crpljenje vrši u razdobljima malih opterećenja,jer u periodu malih opterećenja postoje neiskorišteni kapaciteti za proizvodnju električne energije. Na taj način akumulirana voda iskoristi se za turbinski pogon u razdobljima velikih opterećenja u toku dana. Takvim načinom pogona ,ako se crpno-akumulacijsko postrojenje koristi na najpovoljniji način, mogu se postići dvojake koristi u elektroenergetskom sustavu: smanjuje se potreba izgradnje termoelektrana uz zadanu sigurnost opskrbe potrošača i bolje iskorištavanje termoelektrana. Međutim, ako postoje prirodni dotoci u gornji akumulacijski bazen, koristi iz crpno-akumulacijske elektrane postaju veće.

Sagledavanjem razvoja potreba električne energije u budućnosti, te sagledavanjem mogućnosti zadovoljenja tih potreba, dolazi se do zaključka da će se u budućnosti potrebe za električnom energijom pokrivati uglavnom nuklearnim i drugim termoelektranama. Pokrivanje energetskih potreba s takvim izvorima dovodit će vjerojatno do



Sl. 1. Shema crpno-akumulacijskog postrojenja



Sl. 2. Primjer korištenja crpno-akumulacijskog postrojenja

viškova noćne energije. Crpna postrojenja su upravo ta koja mogu koristiti noćne viškove energije u elektroenergetskom sustavu, a mogu dati znatnu snagu i energiju u doba dnevnih vršnih opterećenja. Znači, crpno-akumulacijska postrojenja u dnevnom dijagramu opterećenja rade u samom vrhu (sl. 2).

2. HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE IMOTSKO - - BEKIJSKOG POLJA

Područje Imotsko-bekijskog polja jest posve kraškog karaktera. Obiluje znatnim brojem stalnih i povremenih vrela, potoka i bujica. Bujičavi kakarakter navedenih izvora nanosi dosta štete pučanstvu koje se isključivo bavi poljodjelstvom. Vrljika je ponornica koja protječe Imotsko-bekijskim poljem, i to njegovom južnom stranom. Ona ponire na jugoistočnom dijelu polja kod jezera Nugao, a najznačajniji je ponor Šajnovac. Budući da su se u zimskom razdoblju javljali veliki vodeni valovi, zbog malog kapaciteta ponora, Imotsko-bekijsko polje je stalno poplavljivalo, pa je prije drugoga svjetskog rata otpočelo, a neposredno nakon rata dovršeno probijanje odvodnog tunela Pećnik.

Tunelom kapaciteta cca 70 m^3/sek ispuštaju se poplavne vode u dolinu Tihaljine. Visinska razlika je oko 110 m. Izdašnost rijeke Vrljike prilično se pouzdano može odrediti, jer uzduž vodotoka postoji nekoliko vodokaza. Srednji godišnji protok kroz 19-godišnje razdoblje (1923/24. do 1941/42. god., hidrološka godina traje od 1. 11. do 30. 10) na vodokazu Kamenmost je 10,2 m^3/sek, vodokazu Šajnovac 14,0 m^3/sek a na vodokazu Tihaljine 15,2 m^3/sek. Međutim, nakon potresa 1942. godine zapažene su neke promjene u količini protoka vode. Tako za hidrološko razdoblje 1942/43. do 1953/54. srednji desetogodišnji prosjek protoka na vodokazu Kamenmost je 8,6 m^3/sek, vodokazu Šajnovac 9,9 m^3/sek i vodokazu Tihaljine 12,4 m^3/sek.

Proračuna li se 29-godišnji projesk dobit će se ove vrijednosti: vodokaz Kamenmost 9,6 m^3/sek, vodokaz Šajnovac 12,6 m^3/sek i vodokaz Tihaljine 14,3 m^3/sek. Radi boljeg pregleda o izdašnosti Vrljike, gornje vrijednosti prikazat ćemo u ovoj tablici:

Vodokaz	Kamenmost m^3/sek	Šajnovac m^3/sek	Tihaljina m^3/sek
Qsr 19	10,2	14,0	15,2
Qsr 10	8,6	9,9	12,4
Qsr 29	9,6	12,6	14,3

Na temelju navedenih srednjih godišnjih protoka može se zaključiti da to nisu zanemarive količine vode koje se ne bi mogle energetski iskoristiti.

Energetska vrijednost jednog vodotoka (pa i promatranog) postaje tim značajnija (uz tehničko ekonomsku opravdanost izgradnje postrojenja, odnosno energetskog iskorištenja) kad se zna da su ograničene količine ugljena, nafte, plina a i nuklearnog goriva. Također je poznato da hidroizvori najmanje zagađuju okolinu, što je s ekološkog stajališta vrlo značajno.

3. MOGUĆNOST ENERGETSKOG KORIŠTENJA DIJELA RIJEKE VRLJIKE

U ovom se napisu želi prezentirati energetsko korištenje dijela rijeke Vrljike na samo jednoj lokaciji. Prezentiranje energetskog korištenja cjelokupnog porječja Imotsko-bekijskog polja (uzvodni vodotoci Ričina — Suvaja i nizvodni Tihaljina — Mlada, Trebižat) prelaze granice ovog razmatranja. Dakle, budući da već postoji odvodni tunel Pećnik, a i topografija terena je takva da bi bilo moguće načiniti gornji i donji akumulacijski bazen, a voda bi se koristila na padu od otprilike 110 m, moglo bi se instalirati crpno-akumulacijsko postrojenje. Prilikom izgradnje nekog hidroizvora znatan dio investicijskih troškova čine građevni radovi. Budući da i prokopavanje tunela predstavlja građevni zahvat s ne malim troškovima, to se ovdje predlaže korištenje već postojećeg tunela (koji bi trebalo sanirati i urediti za tu svrhu). Prednost ovog crpno-akumulacijskog postrojenja jest i u tome što postoji prirodni dotok u gornji i donji akumulacijski bazen.

Da odredimo potrebni volumen akumulacijskih bazena pretpostavimo da se radi o dnevnom (makar se bez poteškoća može uzeti kao vremenska jedinica tjedan ili mjesec) ciklusu crpnog turbinskog pogona.

Potrebna količina vode za turbinski rad dobije se iz ove relacije:

$$V_t = 3{,}6 \cdot t_t \cdot Q_t \cdot 10^{-3}\ hm^3, \qquad (1)$$

gdje je:

t_t — broj sati rada turbinskog pogona

Q_t — protok m^3/sek za maksimalnu snagu u turbinskom pogonu (instalirani protok).

Ako u gornji bazen prirodno dotječe voda, ukupna količina vode se određuje iz relacije

$$V_p = 3{,}6 \cdot 24 \cdot Q_p \cdot 10^{-3}\ hm^3 \qquad (3)$$

Naravno, ako je količina vode koja prirodno dotječe u gornji akumulacijski bazen (V_p) manja od količine vode potrebne za turbinski rad (V_t), crpljenje je potrebno. Već je navedeno da je crpljenje opravdano samo u razdoblju malih opterećenja bilo radnog bilo neradnog dana.

4. OSNOVNI PODACI CRPNO-AKUMULACIJSKOG POSTROJENJA

Na temelju navedenih podataka mogu se odrediti osnovne energetske karakteristike crpno-akumulacijskog postrojenja.

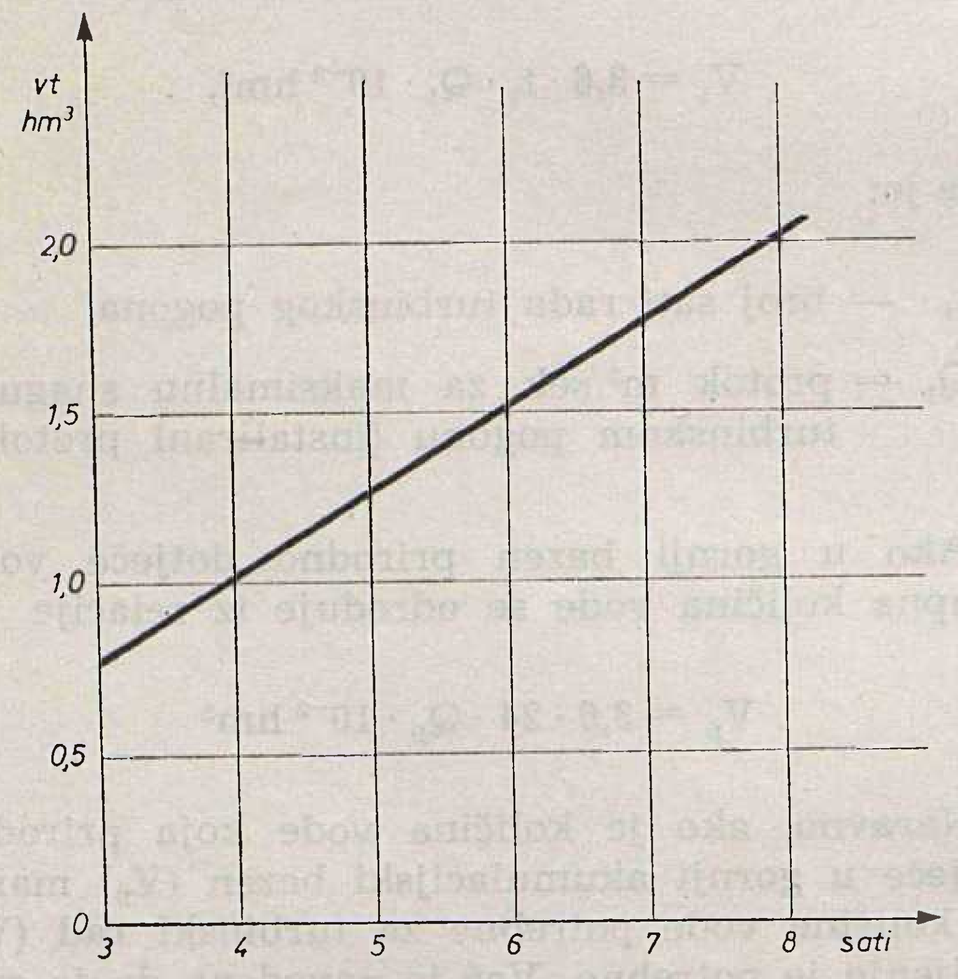
U zavisnosti od trajanja turbinskog rada možemo iz relacije (1) uz $Q_t = 70$ odrediti potrebnu količinu vode, odnosno veličinu akumulacijskog bazena:

t_t sati	V_{ts} hm
4,0	1,008
4,5	1,134
5,0	1,260
5,5	1,386
6,0	1,512
6,5	1,638
7,0	1,764
7,5	1,890
8,0	2,016

Dakle, od minimalnog trajanja turbinskog rada od 4 sata do maksimalnog od 8 sati potrebna vrijednost akumulacijskog bazena se kreće od 1 do 2 hm^3 (sl. 3). Analize o crpno-akumulacijskim postrojenjima, odnosno vršno opterećenje u našem elektroenergetskom sustavu traje oko 5 do 6 sati. U gornjoj smo tablici uzeli u obzir vjerojatnost pojave kratkotrajnog kvara u termoelektranama ili prijenosnom sustavu, pa je poželjno da u crpnim hidroelektranama postoji stanovita rezerva u akumulaciji koja im omogućuje nešto duži rad.

Na taj smo način definirali potreban korisni volumen akumulacijskog bazena, odnosno instalirani protok.

Maksimalnu snagu crpne hidroelektrane kao energetskog izvora možemo izračunati iz ove relacije:



Sl. 3. Ovisnost potrebnog volumena akumulacijskog bazena o trajanju turbinskog rada crpne hidroelektrane uz $Q_t = 70$ m³/sek

$$P_{max} = 9{,}81 \cdot \eta_t H_{nmax} \cdot Q_i \text{ kW} \quad (4)$$

uz

$$k = 9{,}81 \cdot \eta,$$

gdje je η stupanj djelovanja agregata (turbina — generator), dobijemo

$$P_{max} = k \cdot H_{nmax} \cdot Q_i \text{ kW} \quad (5)$$

S konstantom $k = 8{,}5$, $H_{nmax} = 110$ m i $Q_i = 70$ m³/sek maksimalna snaga iz izraza (5) dobije se od 65 450 kW.

Godišnja bi proizvodnja električne energije u zavisnosti od trajanja turbinskog rada iznosila:

t_t h	$W_{god.}$ GWh
4,0	95,6
4,5	107,5
5,0	119,4
5,5	131,4
6,0	143,3
6,5	155,3
7,0	167,2
7,5	179,2
8,0	191,2

Budući da nisam imao na raspolaganju varijacije prirodnog dotoka kroz promatrani hidrološki period i da zbog toga nisam mogao načiniti izravnanje dotoka u akumulacijski bazen, pretpostavio sam:

a) da se iskoristi u turbinskom radu 50 % prirodnog dotoka u gornji akumulacijski bazen,

b) da se iskoristi u turb. radu 75 % pr. dotoka,

c) da se iskoristi u turb. radu 100 % pr. dotoka.

Te se pretpostavke mogu ostvariti, jer nema prepreke za izgradnju veličine gornjeg akumulacijskog bazena, samo je pitanje da li se isplati graditi velik akumulacijski bazen. Ako bi se ostvarile navedene pretpostavke, promatrana crpno-akumulacijska hidroelektrana proizvodila bi u turbinskom radu od prirodnog dotoka ove količine električne energije u pojedinim varijantama:

a) 51,6 GWh
b) 77,4 GWh
c) 103,2 GWh

Prema tome, za ostvarenje turbinskog rada od 0 do 8 sati bila bi potrebna proizvodnja i crpljenje prikazani u tablici na str. 414.

S navedenim bi se karakteristikama crpne hidroelektrane, dakle, dobilo 50 do 190 GWh (1 GHh = 10^6 kWh) vrlo kvalitetne energije tako potrebne elektroenergetskom sustavu.

Ovdje treba napomenuti da je potrebna energija za crpljenje računana s stupnjem djelovanja postrojenja $\eta = 0{,}7$.

t_t sati	W_t	Proizvodnja vodom koja dotječe u gornji akumulacijski bazen (GWh)			Proizvodnja crpljenom vodom (GWh)			Potrebna energija za crpljenje (GWh)		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
0	∅	51,6	77,4	103,2	—	—	—	—	—	—
1	23,9	51,6	77,4	103,2	—	—	—	—	—	—
2	47,8	51,6	77,4	103,2	—	—	—	—	—	—
3	71,7	51,6	77,4	103,2	20,1	—	—	28,7	—	—
4	95,6	51,6	77,4	103,2	44,0	18,2	—	62,9	26,0	—
5	119,4	51,6	77,4	103,2	67,8	42,0	16,2	96,9	60,0	23,1
6	143,3	51,6	77,4	103,2	91,7	65,9	40,1	131,0	94,1	57,3
7	167,3	51,6	77,4	103,2	115,6	89,8	64,0	165,1	128,3	91,4
8	191,1	51,6	77,4	103,2	139,5	113,7	87,9	199,3	162,4	125,6

5. ZAKLJUČNA NAPOMENA

U napisu je prikazana potencijalna mogućnost izgradnje crpne hidroelektrane na donjem dijelu rijeke Vrljike. Na temelju navedenih podataka vidi se da je riječ o postrojenju znatne energetske vrijednosti. Ovdje je prikazana mogućnost izgradnje samo jedne vodne stepenice, ali mislim da bi cijelo porječje trebalo kompleksnije promatrati. Naime, rečeno je da se radi o pučanstvu koje isključivo živi od poljodjelstva, pa bi u tom pravcu, vjerojatno, trebalo promatrati to porječje kao višenamjensko rješenje (obrana od poplave, opskrba pučanstva pitkom vodom, navodnjavanje, melioracija i dr.). Zbog blagih klimatskih uvjeta (mediteranska klima) Imotsko-bekijsko polje ni izdaleka nije iskorišteno s obzirom na njegove potencijalne mogućnosti u poljodjelskoj proizvodnji. Kako je u pripremi izgradnja akumulacijskog bazena Ričica (Badnjevica) radi navodnjavanja Imotsko-bekijskog polja, to se kao logičan slijed nameće i misao o energetskom korištenju voda rijeke Vrljike, a s tim u vezi i misao o izgradnji navedene crpne hidroelektrane u donjem toku rijeke Vrljike.

Višenamjensko rješenje porječja Imotsko-bekijskog polja zahtijeva kako međuopćinsku (Grude — Imotski), tako i međurepubličku suradnju (Bosne i Hercegovine i Hrvatske), koja je i do sada dala vrlo značajne rezultate.

Naslov pisca:
Slavko A l e r i ć, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

ELEKTROPRIVREDA
ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU, PRIJENOS I KUPOPRODAJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

ZAGREB, Proleterskih brigada 37 • Telefon: 513-072 i 513-822

ENERGETSKA STRUKTURA NARODNE PRIVREDE

Siegfried G e h r e c k e, Beograd

Ukratko je prikazan razvoj energetike kroz ljudsku povijest i organizacioni oblik suvremene energetike, od proizvodnje primarnih oblika energije do proizvodnje korisne energije.

DK 620.9 (497.1)

1. ENERGETIKA KAO ORGANIZACIONI OBLIK PROIZVODNJE, DISTRIBUCIJE I POTROŠNJE ENERGIJE

Svako živo biće je za održavanje svojih vitalnih tjelesnih funkcija i za obavljanje svojih životnih radnji upućeno na stalni priljev odnosno permanentnu potrošnju energije. Zelene biljke stalno troše Sunčevu energiju, a heterotrofni organizmi kemijsku energiju vezanu za primarnu organsku materiju biljnih proizvođača.

Čovjeku kao prirodnom biću potrebna je određena konstantna tjelesna temperatura, fizička snaga za pokretanje tjelesnih mehanizama i obavljanje životnih radnji, kao i svjetlo za orijentaciju u okruženju. Primitivni čovjek je prve dvije energetske potrebe pokrivao potrošnjom kemijske energije u obliku hrane, a djelomično i grijanjem na suncu. U odnosu na svjetlo čovjek je bio potpuno upućen na prirodni ciklus Sunca i Mjeseca.

U toku svoga kulturnog razvitka čovjek je osim tih svojih »vegetativnih energetskih potreba« (1) razvijao i dodatne energetske potrebe, naime »tehničke energetske potrebe« (1) vezane za oblikovanje i prilagođavanje okruženja. Prva tehnička energetska potreba bila je snaga za pravljenje oruđa i oružja, kao i za obradu zemljišta; kao izvor snage čovjek je najprije koristio svoj vlastiti organizam, zatim biološku snagu pripitomljenih životinja, a kasnije snagu vjetrova, rijeka, parnih strojeva, elektromotora itd. Kao druga tehnička energetska potreba javila se potreba visokih temperatura za pripremanje ukusnije hrane, za metalurške procese (bronca, željezo) itd. Izvor takve topline postalo je najprije drvo, koje je čovjek naučio zapaliti, a kasnije ugljen, nafta, elektricitet itd. Usput je čovjek primijetio da se uz vatru može i zagrijavati i da mu vatra daje i svjetlo, da vatra dakle može pokriti i neke njegove vegetativne potrebe (toplina, rasvjeta).

Iz vegetativnih i tehničkih energetskih potreba na taj se način kod čovjeka stvorilo znanje i umijeće da zadovolji te potrebe. Budući da su i jedne i druge potrebe trajne odnosno stalne, čovjek je na svakom stupnju svog kulturnog razvitka i tehničkog znanja pristupio organizaciji zadovoljavanja tih potreba, odnosno organizaciji proizvodnje, distribucije i potrošnje potrebnih energetskih oblika.

Počevši od jednog određenog stupnja primijenjenog tehničkog znanja, ova organizacija proizvodnje, distribucije i potrošnje energije označava se kao »energetika« (2). U energetiku se ne ubrajaju proizvodnja i potrošnja hrane, niti »biološka proizvodnja« i primjena radne snage čovjeka ili životinja. Nasuprot tome, korištenje drva za proizvodnju topline i korištenje snage vode i vjetra mogu se ubrajati u energetiku ako se koriste pomoću posebnih, naime »energetskih« tehničkih instalacija (peći, vjetrenjače, vodenice). Uostalom: gdje točno treba povući granicu energetike, to je više problem povijesti tehnike koji se ovdje ne razmatra.

Danas u energetiku spada svaka organizirana proizvodnja, distribucija i potrošnja nebiološke energije, zajedno s energetskim medijima i energetsko-tehničkim uređajima.

Na **slici 1.** u općim je crtama prikazan organizacioni oblik suvremene energetike, od proizvodnje primarnih energetskih oblika u ekstraktivnoj industriji do proizvodnje tzv. »korisne energije« (mehanička snaga, toplina, svjetlo itd.) za neposredno zadovoljavanje vegetativnih i tehničkih energetskih potreba kod finalnih potrošača energije. Kao »finalna potrošnja energije« označavaju se oni energetski procesi kod kojih dolazi do takve degradacije energetskog inputa da se energetski output više ne može upotrijebiti (obično se taj output javlja kao termička energija niske temperature i visoke entropije). Suprotno tome, energetske metamorfoze u druge oblike visokokvalitetne energije (npr. ugljen — vodena para — mehanička energija — električna energija — komprimirani zrak) predstavljaju »proizvodnu potrošnju« energije.

Vegetativne i tehničke energetske potrebe zadovoljavaju se pomoću finalne potrošnje energije u mehaničkim procesima (npr. transportiranje, usitnjavanje, miješanje, prešanje, spajanje, razdvajanje itd.), u termičkim procesima (npr. sušenje, taljenje, grijanje, kuhanje, pećenje itd.), u rasvjetnim procesima (rasvjeta prostorija, ulica, biljnih i životinjskih kultura itd.), u informacionim procesima (telefoniranje, telegrafiranje itd.) i u raznim tehnološkim procesima (obrada materijala ultrazvukom, elektroliza, galvanika itd.). Pošto se svi ti procesi u različitim kombinacijama odvijaju u gotovo svim područjima društvenog života i privredne djelatnosti, finalna potrošnja energije

javlja se u svim industrijskim granama (uključujući one koje »proizvode« energiju), u poljoprivredi, šumarstvu, građevinarstvu, prometu, obrtu, u državnim i kulturno-socijalnim ustanovama, u kućanstvima itd. U svim tim područjima zato se obavlja proizvodnja »korisne energije« pomoću nabavljenih nosilaca energije (primarna i sekundarna goriva, el. energija, nosioci topline) i energotehničkih instalacija i postrojenja (svjetiljke, peći, bojleri, motori i razni strojevi, telefoni itd.). Ta »potrošna energetika« ili »upotreba energije« (njemački: Energieanwendung) prikazana je u donjem dijelu slike 1. Ona je svojstvena svim društvenim i privrednim područjima.

Nasuprot tome, »proizvodna energetika« ili »proizvodnja energije« obično se nalazi samo u određenim industrijskim granama, u kojima razni nosioci energije predstavljaju glavne proizvode. U SFR Jugoslaviji to su ove industrijske grane:

a) proizvodnja i prerada ugljena,

b) proizvodnja i prerada nafte,

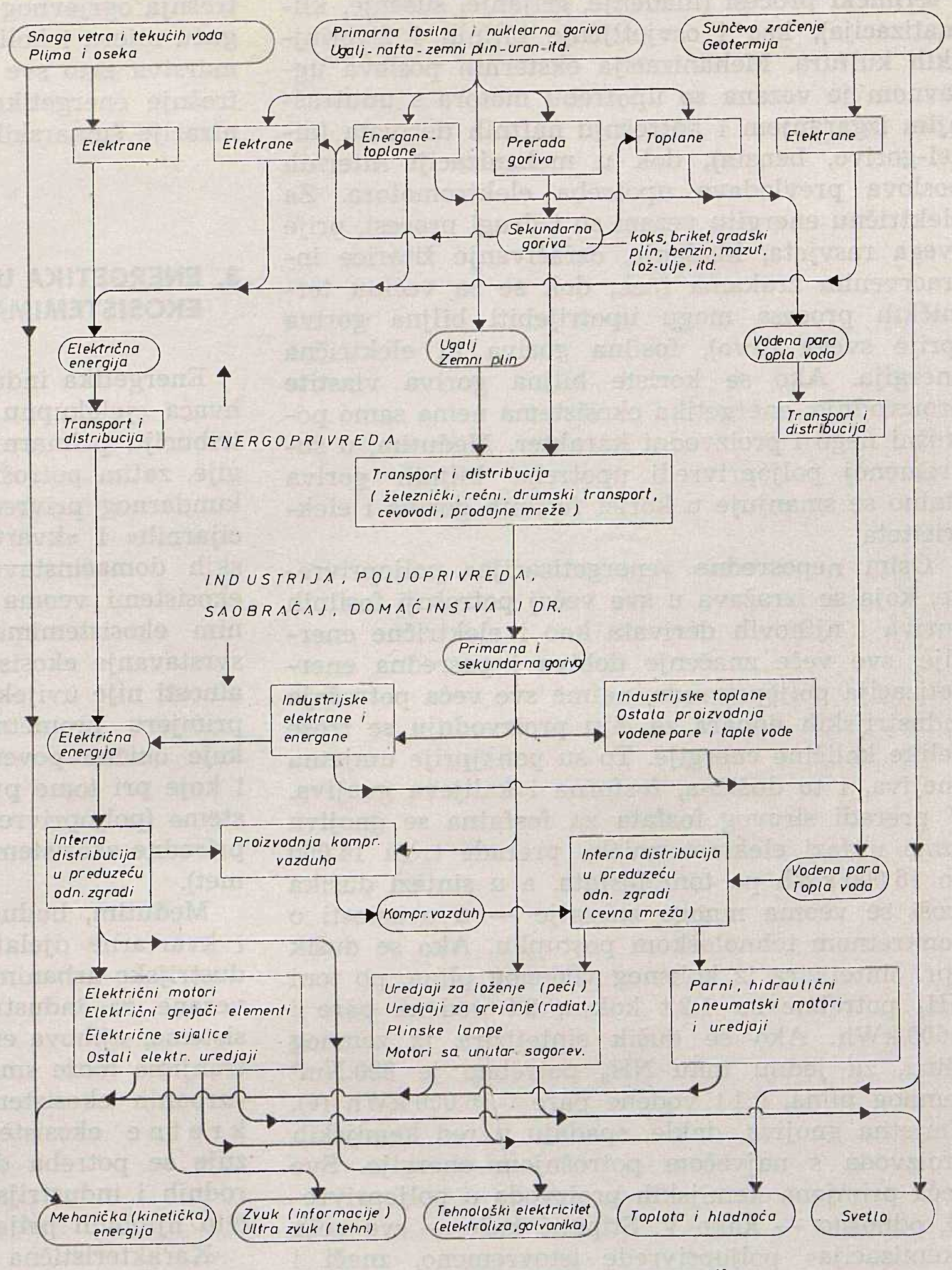
c) proizvodnja i distribucija električne energije (elektroprivreda).

Te industrijske grane zajedno formiraju industrijski sektor »energoprivrede«. U taj sektor treba uračunati i samostalne radne organizacije u većim gradovima, koje se bave proizvodnjom i distribucijom nosilaca topline (vodena para, topla voda) za opskrbu stanovništva toplinom. Industrijski sektor »energoprivreda« prikazan je u gornjem dijelu sl. 1, gdje je koncentrirana »proizvodna energetika«.

Za bolje razumijevanje sheme treba još spomenuti da se neki oblici proizvodnje energije mogu naći i izvan energoprivrede, ponajprije u industrijskim granama s intenzivnom potrošnjom energije. Primjeri su industrijske toplane i energane u kemijskoj i gumarskoj industriji, kompresorske stanice za proizvodnju komprimiranog zraka, parne centrale itd.

Promatrano s ekološkog stajališta, čitav teritorij narodne privrede može se dijeliti u

— industrijsko-urbane krajeve, odnosno industrijsko-urbane ekosisteme, i
— prirodno-ruralne krajeve odnosno kvaziprirodne ekosisteme (3).



Sl. 1. Organizacioni oblik suvremene energetike

Pretežni dio energetike koncentriran je u industrijsko-urbanim ekosistemima narodne privrede, a energetika i kvaziprirodnim ekosistemima obuhvaća uglavnom energetske procese u poljoprivredi i šumarstvu, tj. u primarnom sektoru narodne privrede.

2. ENERGETIKA U KVAZIPRIRODNIM EKOSISTEMIMA

Energetika suvremenih kvaziprirodnih ekosistema uglavnom je »potrošna energetika«. U poljoprivredi se biološka snaga čovjeka i životinja sve više zamjenjuje mehanizacijom eksternih poslova (npr. oranje, sijanje, žetva, transport do njive i s njive) i internih poslova (npr. krunjenje i mljevenje žitarice, hranjenje i muženje stoke i sl.), a osim toga se u sve većoj mjeri primjenjuju

i termički procesi (hlađenje, grijanje, sušenje, klimatizacija), kao i osvjetljenje biljnih i životinjskih kultura. Mehanizacija eksternih poslova uglavnom je vezana za upotrebu motora s unutrašnjim izgaranjem i potrošnju naftnih derivata (dizel-gorivo, benzin), dok u mehanizaciji internih poslova prevladava upotreba elektromotora. Za električnu energiju vezani su i drugi procesi, prije svega rasvjeta, hlađenje, ozračivanje žitarice infracrvenim zrakama i sl., dok se za većinu termičkih procesa mogu upotrijebiti biljna goriva (prije svega drvo), fosilna goriva ili električna energija. Ako se koriste biljna goriva vlastite proizvodnje, energetika ekosistema nema samo potrošni nego i proizvodni karakter. Međutim, u suvremenoj poljoprivredi upotreba biljnih goriva stalno se smanjuje u korist fosilnih goriva i elektriciteta.

Osim neposredne »energetizacije« poljoprivrede, koja se izražava u sve većoj potrošnji fosilnih goriva i njihovih derivata kao i električne energije, sve veće značenje dobiva i posredna energetizacija poljoprivrede, naime sve veća potrošnja industrijskih dobara za čiju proizvodnju se troše velike količine energije. To su ponajprije umjetna gnojiva, i to dušična, fosforna i kalijeva gnojiva. U preradi sirovog fosfata za fosfatna se gnojiva samo u fazi elektrotermičke prerade troši 14 000 do 16 000 kWh po toni fosfata, a u sintezi dušika troši se veoma mnogo energije — u ovisnosti o konkretnom tehnološkom postupku. Ako se dušik npr. sintetizira iz koksnog vodenog plina, po toni NH_3 potrebne su 1,2 t koksa, 2 t vodene pare i 1 600 kWh. Ako se dušik sintetizira iz zemnog plina, za jednu tonu NH_3 potrebno je 820 Nm^3 zemnog plina, 0,1 t vodene pare i 16 000 kWh (4). Umjetna gnojiva, dakle, spadaju u red kemijskih proizvoda s najvećom potrošnjom energije. Sve veća primjena kemijskih proizvoda u poljoprivredi, odnosno — kako V. Stipetić kaže — sve veća »kemizacija« poljoprivrede istovremeno, znači i sve veću posrednu ovisnost o industrijskim energetskim procesima.

Za razliku od poljoprivrede, prema B. Kraljiću »mehanizacija neobično teško prodire u šumsko gospodarenje«. Razlozi za to su prema B. Kraljiću: »raznolikost radnih uvjeta pri šumskom gospodarenju (mijenjaju se od radilišta do radilišta, na svakom koraku, u toku godine, jer su uglavnom prirodni, kojima još nismo ovladali), traženje velikih a jeftinih snaga za često neprohodni ili teško prohodni teren« (5).

Na početku industrijalizacije šume su bile najvažniji izvor goriva kako za industrijske, tako i za ostale energetske procese. Drveni ugljen omogućio je prve metalurške procese, a drvo se upotrebljavalo u industriji stakla i drugim granama. Međutim, s prodorom fosilnih goriva udio drveta u cjelokupnoj energetici u stalnom je padu, te se danas mnogo više upotrebljava kao sirovina za razne industrijske proizvode (celulozu, papir, pokućstvo i dr.) nego za termičke procese. U okviru opće privredne politike čak se i nastoji da se potrošnja ogrjevnog drveta smanji na najmanju moguću mjeru i količinu. Energetika suvremenog šumarstva zato sve više poprima karakteristike potrošnje energetike, u ovisnosti o prodoru mehanizacije šumarskih radova.

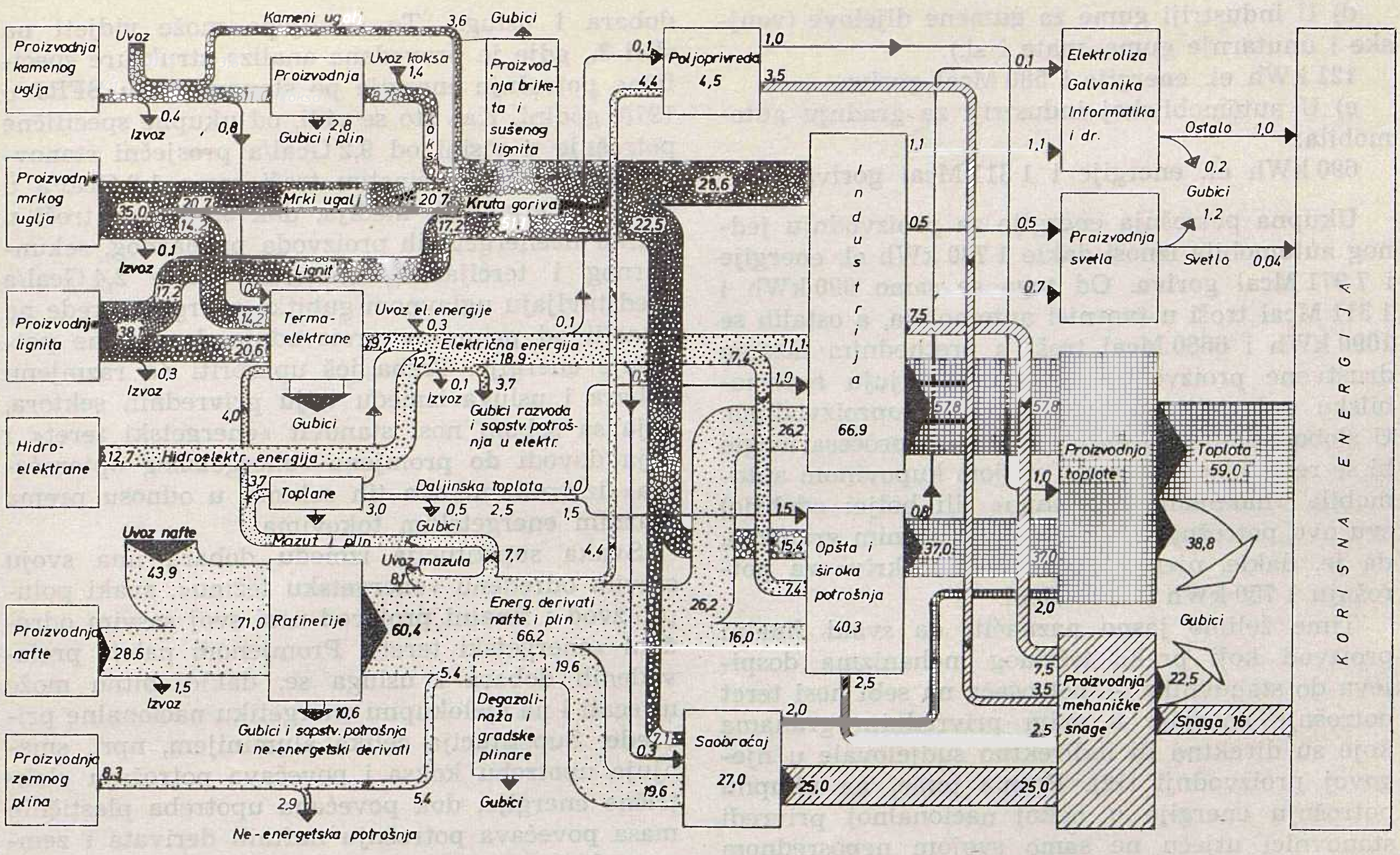
3. ENERGETIKA U INDUSTRIJSKO-URBANIM EKOSISTEMIMA

Energetika industrijsko-urbanih ekosistema obuhvaća cjelokupnu industrijsku proizvodnju i distribuciju primarnih i sekundarnih nosilaca energije, zatim potrošnu energetiku cijelokupnog »sekundarnog privrednog sektora« (industrije), »tercijarnih« i »kvartarnih« djelatnosti, kao i gradskih domaćinstava. Kako se industrijsko-urbani ekosistemi veoma često isprepliću s kvaziprirodnim ekosistemima, jednoznačno razgraničenje i svrstavanje ekosistema i njihove energetike u realnosti nije uvijek moguće. To se najbolje vidi na primjeru prometnih veza i transportnih linija, koje obično povezuju industrijsko-urbane centre i koje pri tome prolaze kroz kvaziprirodne ekosisteme (poljoprivredne krajeve, šume) ili čak kroz prirodne ekosisteme (morska plovidba, zračni promet).

Međutim, budući da se sekundarne, tercijarne i kvartarne djelatnosti ipak koncentriraju u industrijsko-urbanim sredinama i kako su one baš i vezane za industrijalizaciju i urbanizaciju ekosistema, njihova energetika se u općim razmatranjima može smatrati energetikom industrijsko-urbanih ekosistema. S druge strane, za konkretne ekosisteme i njihovu energetiku pokazuje se potreba detaljnije klasifikacije kvaziprirodnih i industrijsko-urbanih ekosistema, a naročito njihovih prijelaznih i mješovitih oblika.

Karakteristična svojstva energetike u industrijsko-urbanim ekosistemima prikazat ćemo na primjeru jugoslavenske energetike u 1970. godini, koja u sebi već nosi obilježje suvremene industrijalizacije i urbanizacije u Jugoslaviji još uvijek ispod stupnja industrijalizacije i urbanizacije tradicionalnih industrijskih nacija. Međutim, i industrijalizacija i urbanizacija u Jugoslaviji su u stalnom i snažnom prodoru. Prema V. Blaškoviću u današnjoj se Jugoslaviji već mogu identificirati četiri veća industrijska rajona i više manjih industrijskih područja (6).

Na **slici 2.** je grafički prikaz energetskih tokova i glavnih energetskih metamorfoza od proizvodnje primarne energije do finalne potrošnje (odnosno do proizvodnje korisne energije u sektorima finalne potrošnje). Dijagram se odnosi na SFR Jugoslaviju i 1970. godinu, a bazira se na autorovom proračunu energetske bilance SFRJ za 1970. godinu (7). Između sl. 1. i 2. postoji kompatibilnost, jer su industrijske elektrane u sl. 2. spojene s javnim termoelektranama (u poziciji »termoelektrane«). S tim izuzetkom, lijeva polovica dijagrama



Sl. 2. Diagram energetskih tokova Jugoslavije u 1970. godini (u 1000 Tcal)

prikazuje proizvodnu aktivnost sektora »energo-privreda«, dok je na desnoj polovici dijagrama finalna potrošnja energije podijeljena prema sektorima potrošnje (poljoprivreda, industrija, opća i osobna potrošnja i promet), kao i prema namjeni potrošnje energije, odnosno prema vidovima proizvedene korisne energije (toplina, mehanička snaga, svjetlo, elektroliza itd.).

Najbitnija energetska karakteristika industrijsko-urbanog društva jest njegova »glad« za velikim količinama nebiološke energije neophodne za pokrivanje najraznovrsnijih vegetativnih i tehničkih energetskih potreba, a te potrebe stalno rastu. Prema Summersu moderno industrijsko-urbano društvo može se smatrati složenom mašinom za proizvodnju velikog spektra dobara i usluga pomoću degradacije visokokvalitetne energije u otpadnu energiju (8).

U 1970. godini, bruto-potrošnja energije (9) je u Jugoslaviji iznosila 189 600 Tcal, odnosno 9,2 Gcal po stanovniku. Nivo potrošnje energije po stanovniku donekle pokazuje stupanj razvijenosti narodne privrede, odnosno stupanj postignute industrijalizacije i urbanizacije, jer dokazano je da postoji uska korelacija između visine potrošnje energije po stanovniku i stupnja privredne razvijenosti (10). Ta korelacija proizlazi iz činjenice da se sa stupnjem industrijalizacije i urbanizacije:

a) sve više prelazi na industrijski način proizvodnje koji zahtijeva velike količine visokokvalitetne energije,

b) sve više raste materijalni životni standard stanovništva koji se odražava u sve većim i suptilnijim potrebama kao i u sve većoj potrošnji visokokvalitetnih dobara i usluga.

Da bi se zadovoljile sve veće i sve suptilnije potrebe stanovnika visokorazvijenih industrijsko-urbanih ekosistema, osim II privrednog odjeljka prema zakonitostima nacionalne ekonomije mora se razvijati i snažan I odjeljak s industrijskim granama metalurgije, strojogradnje i kemijske industrije itd. Potrošnja energije u tim granama se »preljeva« preko tokova investicionih dobara u II odjeljak, a kumuliranu potrošnju energije I i II odjeljka stanovnik »troši« se u obliku finalnih industrijskih proizvoda. Od ukupne potrošnje energije sračunate na svakog stanovnika samo jedan manji dio stiže kao energija do njegova domaćinstva, dok je veći dio inkorporiran u raznoraznim uslugama i u materijalnim dobrima. Npr. kupovinom automobila stanovnik plaća troškove potrošnje energije koja je nastala u pet grana (11).

a) U crnoj metalurgiji za čelične poluproizvode (kovani čelik, valjani čelik, lim, cijevi) i lijevano željezo:

463 kWh el. energije i 5 890 Mcal goriva,

b) U proizvodnji i preradi aluminija za aluminijske poluproizvode (motorni blok i sl.):

446 kWh el. energije i 20 Mcal goriva,

c) U elektrotehničkoj industriji za elektroinstalaciju automobila (farovi, kabeli, sirena, pokretač itd.):

60 kWh el. energije i 170 Mcal goriva,

d) U industriji gume za gumene dijelove (vanjske i unutarnje gume, mate i sl.):

121 kWh el. energije i 580 Mcal goriva,

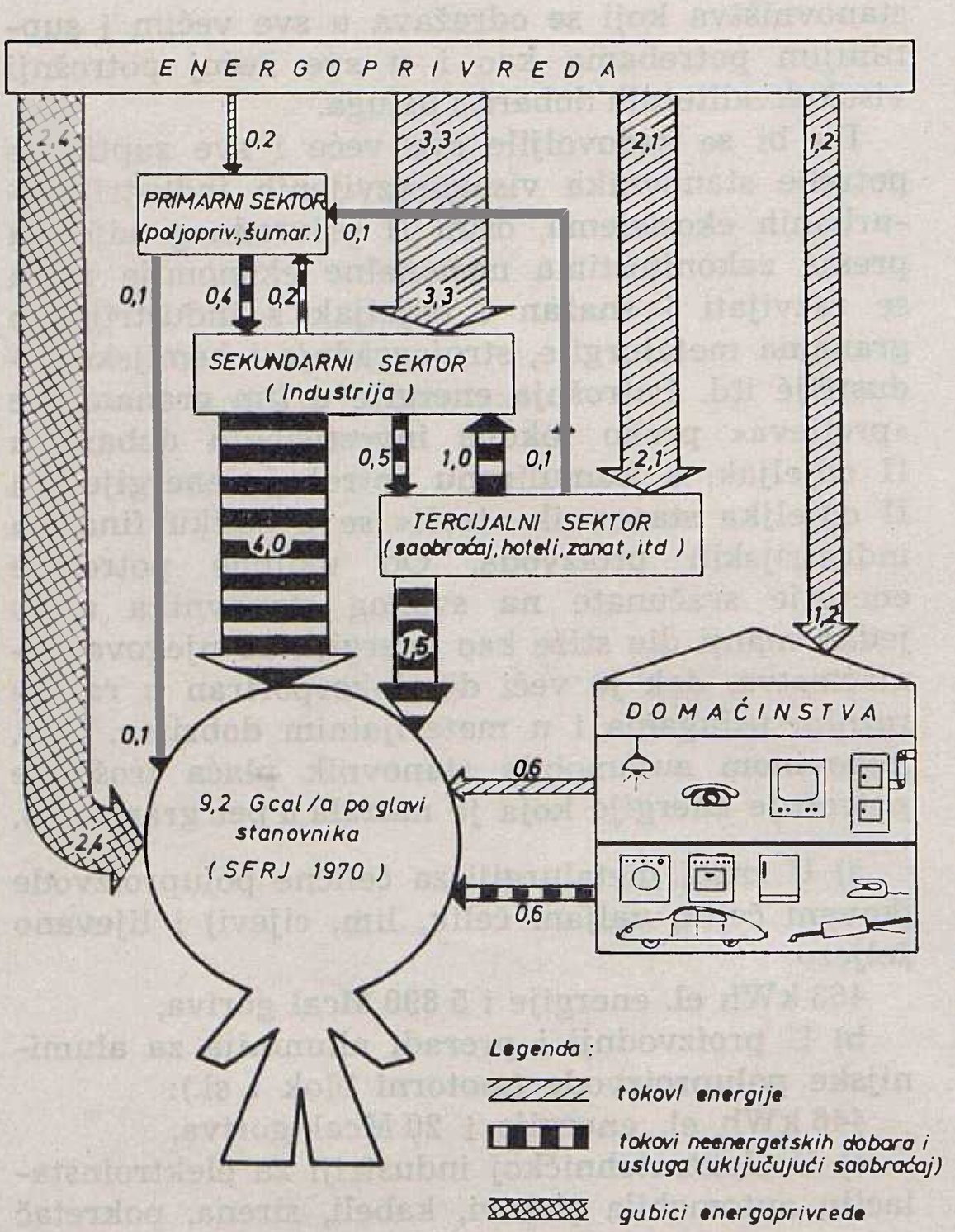
e) U automobilskoj industriji za gradnju automobila:

690 kWh el. energije i 1 311 Mcal goriva.

Ukupna potrošnja energije za proizvodnju jednog automobila iznosi dakle 1 780 kWh el. energije i 7 971 Mcal goriva. Od toga se samo 690 kWh i 1 311 Mcal troši u tvornici automobila, a ostalih se 1090 kWh i 6660 Mcal troši u prethodnim fazama društvene proizvodnje koje opskrbljuju automobilsku industriju materijalima i poluproizvodima. U slobodnom tumačenju privrednih procesa moglo bi se reći da je stanovnik svojom kupovinom automobila »naknadno pokrenuo« (ili bolje: odobrio) svu ovu potrošnju energije u navedenim granama, da je, dakle, njegov kupovni akt »kriv« za potrošnju 1 780 kWh i 7971 Mcal.

Time želimo jasno naznačiti da svaki finalni proizvod koji preko tržišnog mehanizma dospijeva do stanovnika — potrošača na sebi nosi teret potrošnje energije u svim privrednim granama koje su direktno ili indirektno sudjelovale u njegovoj proizvodnji (12). Prema tome, na ukupnu potrošnju energije u nekoj nacionalnoj privredi stanovnici utječu ne samo svojom neposrednom potrošnjom energije u domaćinstvima, nego i svojom potrošnjom širokog asortimana industrijskih dobara i usluga. To se lijepo može vidjeti na **slici 3.**, gdje je provedena analiza strukture specifične potrošnje energije po stanovniku u SFRJ u 1970. godini. Kao što se vidi, od ukupne specifične potrošnje u visini od 9,2 Gcal/a prosječni stanovnik u svom domaćinstvu troši samo 1,2 Gcal/a u obliku energetskih medija, dok 5,6 Gcal/a troši u obliku neenergetskih proizvoda primarnog, sekundarnog i tercijarnog sektora. Ostale 2,4 Gcal/a predstavljaju uglavnom gubitke energoprivrede na relaciji od primarne proizvodnje do finalne potrošnje energije. Treba još upozoriti na razmjenu dobara i usluga između triju privrednih sektora, koja sa sobom nosi stanovit »energetski teret« i koja dovodi do promjena »energetskog opterećenja« izlaznih tokova tih sektora u odnosu prema ulaznim energetskim tokovima.

Svaka supstitucija između dobara ima svoju sasvim određenu »energetsku težinu«, svaki poluproizvod i finalni proizvod nosi svoj sasvim određeni »energetski teret«. Promjenom palete proizvedenih dobara i usluga se, dakle, bitno može utjecati i na cjelokupnu energetiku nacionalne privrede. Supstitucija čelika aluminijem, npr., smanjuje upotrebu koksa i povećava potrošnju električne energije, dok povećana upotreba plastičnih masa povećava potrošnju naftnih derivata i zemnog plina.



Sl. 3. Struktura bruto-potrošnje energije po glavi stanovnika. Procena za SFRJ / 1970. godinu. Tokovi u Gcal.

LITERATURA I NAPOMENE

(1) Videti Mueller, H.: Energie. Technischer Verlag Resch, München, 1970, str. 13.

(2) Neki autori pojam energetike ograničavaju na nauku o energiji i njezinim metamorfozama. Tako i Hildebrand, koji organizacioni oblik proizvodnje, distribucije i potrošnje energije naziva »energoprivredom«. Industrijske grane koje se bave proizvodnjom i distribucijom nosilaca energije Hildebrand označava kao »energoopskrbu« (Hildebrand, Wirtschaftliche Energieversorgung, I tom, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1968, str. 18). Drugi autori, međutim, pojam energetike definiraju šire, naime kao organizacioni oblik proizvodnje, distribucije i potrošnje energije u narodnoj privredi. U tom smislu, na primjer. Farkaš, Ekonomika jugoslavenske industrije, Informator Zagreb, 1965, str. 227—240.

(3) Videti Ellenberg, H. (redakcija): Ökosystemforschung. Springer — Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, 1973, str. 236.

(4) Interni podaci Instituta za energetiku, Karlsruhe/SRN.

(5) Kraljić, B.: Ekonomika šumarstva. Objavljeno u: Ekonomika Jugoslavije, posebni dio (redakcija: J. Sirotković i V. Stipetić), Informator, Zagreb, 1971, str. 125.

(6) Ta četiri industrijska rajona jesu: (1) sjeverozapadni idustrijski rajon (poligon Jesenice — Karlovac — Sisak — Bjelovar — Varaždin), (2) sjeveroistočni industrijski rajon (poligon Osijek — Šabac — Mladenovac — Smederevo — Vršac), (3) centralni industrijski rajon (poligon Sarajevo — Travnik — Prijedor — Tuzla) i (4) istočni industrijski rajon (poligon Titovo Užice — Svetozarevo — Leskovac — Niš). Blašković, V.: Ekonomska geografija Jugoslavije, Informator, Zagreb, 1970, str. 220.

(7) Gehrecke, S.: Energetski bilans Jugoslavije. Tehnika XXX (1975), br. 4.

(8) Summers, C.: The Conversion of Energy. Scientific American, Vol. 225 (1971), br. 3, str. 149.

(9) Proizvodnja primarne energije + Uvoz energije + izvoz energije.

(10) Ghaussy, A. G.: Die Rolle des Energiesektors in der Entwicklungspolitik. Westdeutscher Verlag, Köln-Opladen, 1960, str. 39.

(11) Gehrecke, S. und H. Ruch: Die Energiekosten der Kraftfahrzeugherstellung. VDI-Zeitschrift 108 (1966), br. 27.

(12) Vidjeti Mueller, H. F.: Energie, op. cit., str. 50. Gehrecke, S.: Značaj i utvrđivanje troškova energije. Energija 1969, br. 1—2.

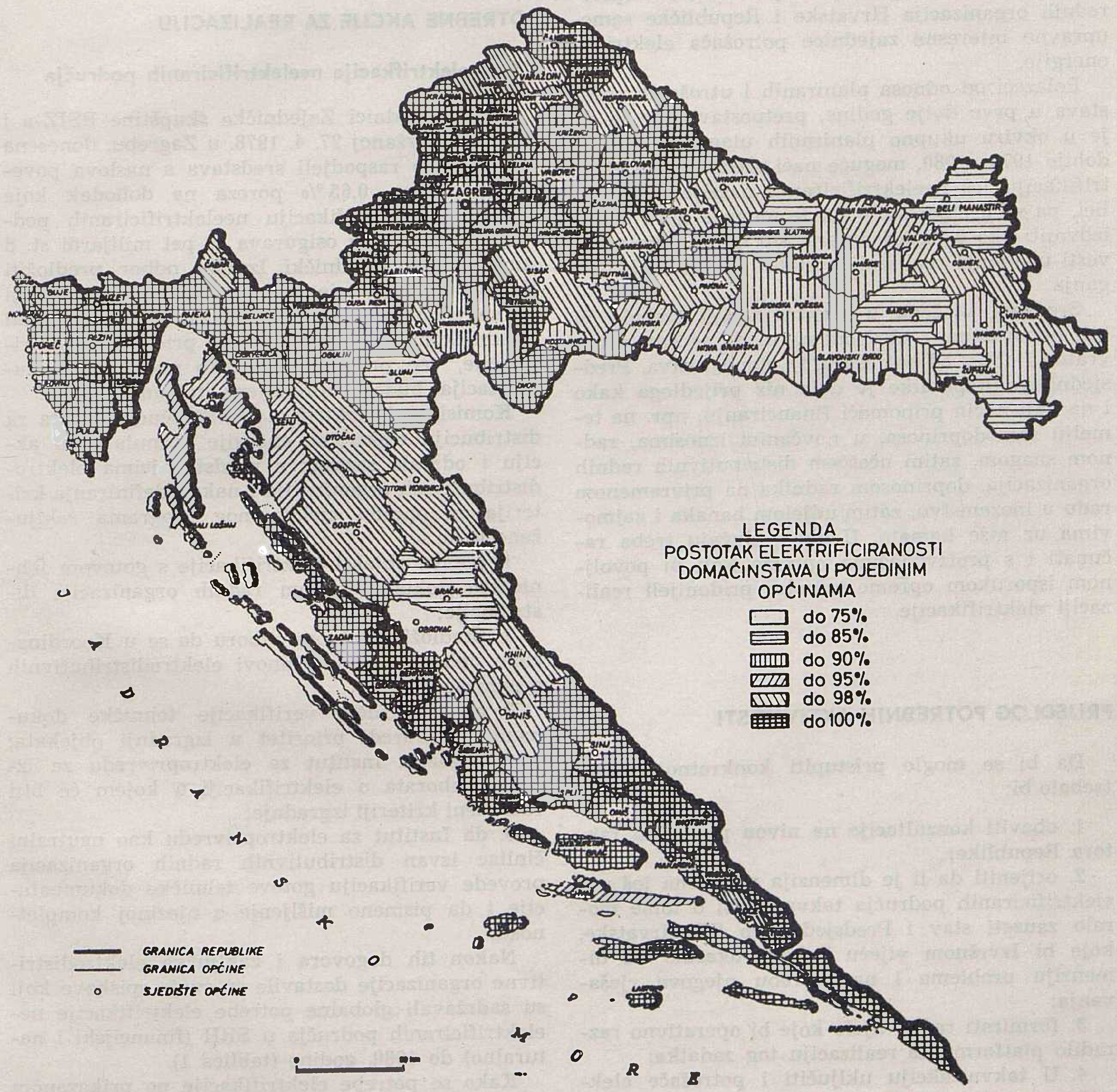
Naslov pisca:
Siegfried Gehrecke, dipl. ek.
Fakultet organizacionih nauka u Beogradu

KAKO DO POTPUNE ELEKTRIFIKACIJE NEELEKTRIFICIRANIH PODRUČJA SR HRVATSKE

Socijalistička Republika Hrvatska je do kraja 1977. godine ostvarila prilično visok postotak elektrificiranosti naselja (98 %) i domaćinstava (97 %). Analizom elektrificiranosti pojedinih područja naišli bismo na slabu elektrificiranost ovih općina:

Obrovac	64 %
Beli Manastir	78 %
Gračac	78 %
Slunj	82 %
Đakovo	83 %
Podravska Slatina	83 %
Županja	84 %
Našice	86 %
Vrginmost	87 %
Slavonski Brod	88 %
Vinkovci	88 %
Slavonska Orahovica	89 %
Glina	90 %

ili potpunu neelektrificiranost naselja na području nekih općina, što povlači za posljedicu, loš osobni i društveni standard stanovništva na tom području, što dovodi do iseljavanja stanovništva. Budući da je takvo stanje neprihvatljivo, društveno-političke i elektroprivredne organizacije, zajed-



Stanje elektrificiranosti kućanstava SR Hrvatske na dan 31. XII 1977. god., prikazano u postotku elektrificiranosti

nički su proradile na izradi programa potpune elektrifikacije neelektrificiranih područja Hrvatske.

MOGUĆNOST ELEKTRIFIKACIJE U RAZDOBLJU 1978. DO 1980. GOD.

Planom razvoja distributivne mreže za razdoblje 1976. do 1980. godine bilo je predviđeno 8,4 mlrd dinara, (po cijenama krajem 1975. g.) za izgradnju novih objekata, za održavanje postojeće mreže i ostale radove. Predsjedništvo SR Hrvatske donijelo je prijedloge kako i na koji način financirati potrebe elektrifikacije i u kojem roku. Jedan od prijedloga je bio da se te investicije unesu u planove izgradnje Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Republičke samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije.

Polazeći od odnosa planiranih i utrošenih sredstava u prve dvije godine, pretpostavilo se je da je u okviru ukupno planiranih ulaganja za razdoblje 1976—1980. moguće naći sredstava za elektrifikaciju još neelektrificiranih naselja u republici, pa se pretpostavilo da je moguće u tu svrhu izdvojiti oko 0,5 mlrd dinara, što ne bi smjelo dovesti u pitanje realizaciju ostalih predviđenih ulaganja.

Sredstva uložena u elektrifikaciju trebala bi biti nepovratna, s obzirom na to da se ona nepovratno i ubiru od potrošača, tj. stanovništva. Predsjedništvo Republike je dalo niz prijedloga kako i na koji način pripomoći financiranju, npr. na temelju samodoprinosa, u novčanim iznosima, radnom snagom, zatim učešćem distributivnih radnih organizacija, doprinosom radnika na privremenom radu u inozemstvu, zatim udjelom banaka i zajmovima uz niže kamate. U ovom slučaju treba računati i s proizvođačima opreme koji bi povoljnom isporukom opreme također pridonijeli realizaciji elektrifikacije.

PRIJEDLOG POTREBNIH AKTIVNOSTI

Da bi se moglo pristupiti konkretnoj akciji, trebalo bi:

1. obaviti konzultacije na nivou političkih faktora Republike;
2. ocijeniti da li je dimenzija problema još neelektrificiranih područja takva da bi o tome moralo zauzeti stav i Predsjedništvo SR Hrvatske, koje bi Izvršnom vijeću Sabora ukazalo na dimenziju problema i na potrebu njegova rješavanja;
3. formirati radno tijelo koje bi operativno razradilo platformu za realizaciju tog zadatka;
4. U takvu akciju uključiti i potrošače električne energije. Dapače, čitavu bi akciju o konkretnoj realizaciji prijedloga trebalo provesti putem osnovnih i republičke samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije, a pri tome se polazi od činjenice da programe razvoja i planove izgradnje elektroenergetskih objekata donose zajednički elektroprivredne distributivne organizacije i osnovne samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije. Uloga Republičke samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije ogledala bi se u tome što bi se prilikom utvrđivanja izvora financiranja za izgradnju distributivnih objekata mogla utvrditi cjelokupna sredstva ili samo dio sredstava s povoljnim uvjetima kreditiranja, ili financiranje nepovratnim sredstvima.

POTREBNE AKCIJE ZA REALIZACIJU

I faze elektrifkacije neelektrificiranih područja

Na 11. sjednici Zajedničke skupštine RSIZ-a i ZEOH-a, održanoj 27. 4. 1978. u Zagrebu, donesena je odluka o raspodjeli sredstava s naslova povećanog prilika, 0,65 % poreza na dohodak koja glasi: »Za elektrifikaciju neelektrificiranih područja u Hrvatskoj osigurava se pet milijardi st. d stime da će zajednički Izvršni odbor predložiti članove za osnivanje Koordinacionog odbora, koji će na osnovi izrađene dokumentacije predlagati zajedničkom Izvršnom odboru prioritete elektrifikacije, već prema tome kako projektna dokumentacija bude pripremljena tokom godine«.

Komisija za elektrifikaciju Stručnog savjeta za distribuciju električne energije krenula je u akciju i održala sastnak s predstavnicima elektrodistributivnih organizacija i nakon definiranja kriterija za obradu cjelokupnog programa zaključeno je da se:

1. popišu objekti elektrifikacije s gotovom tehničkom dokumentacijom radnih organizacija distribucije;
2. predloži Izvršnom odboru da se u Koordinacioni odbor imenuju članovi elektrodistributivnih organizacija;
3. nakon stručne verifikacije tehničke dokumentacije odredi prioritet u izgradnji objekata;
4. angažira Institut za elektroprivredu za izradu elaborata o elektrifikaciji u kojem će biti razrađeni kriteriji izgradnje;
5. da Institut za elektroprivredu kao neutralni činilac izvan distributivnih radnih organizacija provede verifikaciju gotove tehničke dokumentacije i da pismeno mišljenje o njezinoj kompletnosti.

Nakon tih dogovora i zaključka elektrodistritivne organizacije dostavile su svoje spiskove koji su sadržavali globalne potrebe elektrifikacije neelektrificiranih područja u SRH (financijski i naturalno) do 1980. godine (tablica 1).

Kako se potrebe elektrifikacije po prikazanom globalnom programu moraju izvršiti do kraja

Tablica 1.

POTREBE ZA ELEKTRIFIKACIJU NEELEKTRIFICIRANIH PODRUČJA SR HRVATSKE DO 1980. GOD.

Organizacija	Broj domaćinstava koja se elektrificiraju	Troškovi izgradnje 10^3 dinara
1. Elektroslavonija, Osijek	532	17 790
2. Elektrolika, Gospić	1 156	93 020
3. Elektroistra, Pula	122	11 880
4. Elektroprimorje, Rijeka	606	68 935
5. Elektrodalmacija, Split	2 083	126 624
6. Elektra, Karlovac	470	12 384
7. Elektra, Sisak	120	9 931
8. Elektra, Zagreb	256	14 386
Ukupno SRH	5 345	354 950

Tablica 2.

ZAHTJEVI ZA PRIORITET IZGRADNJE U 1978. GOD.

Organizacija	Sredstva RSIZ-e u 1978. g.	Vlastita ulaganja	Ukupna ulaganja
Elektroslavonija, Osijek	5 033	—	5 033
Elektrolika, Gospić	18 990	—	18 990
Elektroistra, Pula	3 695	—	3 695
Elektroprimorje, Rijeka	23 000	18 069	58 145
	10 000**		51 069*
Elektrodalmacija, Split	37 816	11 850	49 666
Elektra, Karlovac	2 770	—	2 770
Elektra, Sisak	4 698	—	4 698
Elektra, Zagreb	3 336	1 900	5 236
			148 663
SRH	(99 338)	31 819	141 587

* Gotova tehnička dokumentacija.
** Potrebna odluka za 1979. godinu.

1980. god. uz uvjet da se osigura sredstva za financiranje, radne organizacije distribucije su u dogovoru s Mjesnim zajednicama, općinskim skupštinama, OSIZ-a potrošača na svojim područjima, odredile prioritetne objekte koje treba izgraditi u 1978. godini (tablica 2).

Iznos potrebnih sredstava za izgradnju prioritetnih objekata u 1978. godini iznosi 141 587 000 dinara, od čega vlastita sredstva distributivnih organizacija iznose 31 819 000 d. Iz toga se može zaključiti da su potrebna sredstva veća od onih predviđenih planom za 1978. godinu, pa je Institut za elektroprivredu u Zagrebu, nakon izvršene verifikacije tehničke dokumentacije*, dao prioritetnu listu izgradnje u okviru raspoloživih 50 000 000 dinara, a ostala sredstva treba da osiguraju radne organizacije distribucije iz vlastitog prihoda.

Stručni savjet za distribuciju električne energije SRH održao je 22. i 23. 6. 1978. u Šibeniku sastanak gdje su donijeti ovi zaključci:

a) da se raspodjela sredstava za elektrifikaciju u 1978. godini izvrši na temelju stupnja dovršenosti projektne dokumentacije, jer ona nije u cijelosti završena za sve predložene prioritetne objekte;

b) radne organizacije se obavezuju da što hitnije kompletiraju tehničku dokumentaciju;

c) Institut za elektroprivredu treba da izradi »Program elektrifikacije neelektrificiranih područja SRH do kraja 1980. godine«, koji bi obuhvatio drugu i konačnu fazu elektrifikacije prema prikazanim potrebama.

Elaborat treba da sadrži:

Uvodni dio

1. Dat će se kraći pregled stanja elektrificiranosti u SRH s podacima o neelektrificiranim područjima.

2. Prikazat će se društveno-političke i privredne akcije, stavovi i odluke u vezi sa stanjem neelektrificiranosti u SRH.

3. Zadatak elaborata.

Neelektrificirana naselja i potrebni radovi

1. Utvrdit će se sva neelektrificirana naselja na području SR Hrvatske i potrebni radovi za potpunu elektrifikaciju.

2. Izradit će se naslovni spisak svih objekata, i to

— po općinama, po područjima distributivnih radnih organizacija i ukupno,

— prema naponima i vrsti objekata.

2. Utvrdit će se i izdvojiti objekti koji su obuhvaćeni programima razvoja distributivnih radnih organizacija od 1976 do 1980.

3. Utvrdit će se objekti elektrifikacije koji su u fazi projektiranja, izgradnje ili su djelomično ili potpuno izgrađeni.

Napomena: Potrebna je suradnja odgovarajućih stručnih službi distributivnih radnih organizacija.

Osnovna tehnička rješenja objekata

Dat će se osnovna rješenja za sve objekte s naslovnog spiska. Rješenja će sadržavati osnovne paramentre: napon, snagu, presjek, dužinu, izvedbu i sl. objekata, situacione skice, podloge i dokaze za izbor parametara te druge pokazatelje potrebne za izradu tehničke dokumentacije i za ocjenu visine investicija.

Osnovna rješenja će se izvesti u suradnji sa stručnim službama odgovarajuće distributivne radne organizacije, poštujući njihovu praksu uz tendenciju za tipizacijom i pojeftinjenjem izgradnje, te imajući na umu rješenja perspektivne mreže na tom području.

Troškovi izgradnje

Izradit će se orijentacioni troškovnici za sve objekte. Troškovi će se prikazati po vrsti, i to za dokumentaciju, građevinski dio i dio za elektromontažne radove.

1. Utvrdit će se kriteriji za određivanje prioriteta izgradnje, uvažavajući društvene interese te

* Prema stupnju dovršenosti, tj. cjelovitosti dokumentacije i tehničke cjeline

ekonomske i tehničke podobnosti (npr.: udio distributivne radne organizacije, fondova skupština u općinama, samodoprinosa, stupanj dovršenja prethodnih radova, izgrađenost gornjih naponskih postrojenja i radova na niskonaponskoj mreži i sl.).. Smjernice za kriterije trebao bi dati i naručilac radova.

2. Utvrdit će se, u suradnji s distributivnim organizacijama mogućnost, opseg i rokovi angaziranja njihovih projektnih grupa, te građevinske i montažne operativne na relaciji plana elektrifikacije.

3. Na temelju utvrđenih kriterija, stanja i potreba te analiziranih podobnosti predložit će se program radova na elektrifikaciji.

Program radova će sadržavati:

— organizaciju radova,
— dinamiku radova s rokovima i datumima završetka svake faze rada,
— troškove po fazi izrade i ukupno i način financiranja,
— potrebna financijska sredstva u godinama 1978, 1979. i 1980. i po izvorima.

Program radova će sadržavati tekstualna obrazloženja i odluke, a prikazi će se dati tabelarno i dijagramima (grafički).

Na osnovi potaknutih akcija, koje su slijedile iz prethodnih dogovora i kriterija, a sve u skladu sa zaključkom Zajedničke skupštine RSIZ-a potrošača električne energije SRH i ZEOH-a. Izvršni odbori obiju zajednica donijeli su 20. 7. 1978. ovu odluku: »Prihvaća se plan izgradnje prioritetnih objekata elektrifikacije za 1978. godinu za svaku radnu organizaciju distribucije el. energije, te se zadužuje RSIZ potrošača el. energije da što hitnije izda jamstva na teret 1978. godine, i to prema tablici 3.

Tablica 3.

Organizacije	Sredstva RSIZ-e prema zaključku 11. sjednice Zajedničke Skupštine
Elektroslavonija, Osijek	4 758
Elektrolika, Gospić	2 450
Elektroistra, Pula	1 424
Elektroprimorje, Rijeka	2 100
Elektrodalmacija, Split	15 118
— Elektrozagora, Drniš	2 596
— Elektrodistribucija, Knin	912
— Elektra, Zadar	11 250
Elektra, Karlovac	1 100
Elektra, Sisak	4 150
Ukupno SRH	50 000

Donošenjem ove odluke započela je I faza elektrifikacije neelektrificiranih područja Hrvatske. Da bi se došlo do brzog rezultata u dogovaranju i isklađivanju potreba i želja s mogućnostima obje stručne službe ZEOH-a i RSIZ-a te elektrodistributivnih organizacija i OSIZ-a na terenu, uložile su mnogo truda, što je i donijelo pozitivne rezultate u dogovaraju.

Kako bi se kontinuirano moglo pratiti ostvarenje programa elektrifikacije do 1980. na nivou Hrvatske, a s obzirom na potrebe investiranja, intervencija u prioritetima s obzirom na bitnost i značaj područja gdje se treba provesti elektrifikacija, u toku je formiranje Koordinacionog odbora u kojem će biti zastupljeni predstavnici obiju Zajednica, RSIZ-a i ZEOH-a, potrošači električne energije i predstavnici elektrodistributivnih organizacija. Koordinaciono tijelo u navedenom sastavu imalo bi zadatak da izvrši program potpune elektrifikacije neelektrificiranih područja SR Hrvatske do 1980. god.

Naslov pisca: Mirjana C r n č i ć Zajednica elektroprivrednih organizacija SRH

Svojim suradnicima i čitateljima

Sretnu i uspješnu 1979. godinu

želi UREDNIŠTVO

Savjetovanja i konferencije

VI SIMPOZIJ O ENERGETSKIM KABELIMA

Tradicionalni simpozij o energetskim kabelima, šesti po redu, koji organizira Jugoslavenski komitet međunarodne konferencije za velike električne mreže — CIGRÉ, održan je od 15. do 19. V 1978. u Vrnjačkoj Banji.

Domaćin simpozija bila je Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo.

Za simpozij je sastavljen poseban **pokroviteljski odbor** u slijedećem sastavu:

Predsjednik

Dragiša UROŠEVIĆ, dipl el ing., pomoćnik generalnog direktora industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo.

Članovi

Miloš KREMIĆ, dipl. el. ing., direktor, Poslovno udruženje elektroprivrednih preduzeća za distribuciju električne energije Srbije, Beograd.

Boris MARKOVČIĆ, dipl. el. ing., Jugoslavenski komitet CIGRÉ, Zagreb.

Dragutin PENČIĆ, dipl. el. ing., rukovodilac RJ Razvoj i istraživanje, Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo.

Milan PREDIĆ, dipl. el. ing., zamjenik rukovodioca RJ Razvoj i istraživanje, Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo.

Dragoljub MAKSIMOVIĆ, dipl. el. ing., rukovodilac PSJ zajedničke planske službe, Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo.

Organizacioni odbor sačinjavali su slijedeći predstavnici poduzeća domaćina:

Predsjednik

Božidar ANTONIJEVIĆ, dipl. el. ing.

Članovi

mr Miladin ALEKSIĆ, dipl. maš. ing.
mr Desimir MIŠIĆ, dipl. el. ing.
mr Živko DOBROSAVLJEVIĆ, dipl. el. ing.
Miodrag STEVANOVIĆ, dipl. el. ing.
Đorđe ŽIVIĆ, el. ing.
Miroslav MILOSAVLJEVIĆ, dipl. ecc.
mr Stojan NIKOLAJEVIĆ, dipl. el. ing.
Svetislav STOJANOVIĆ, dipl. el. ing.

U ponedjeljak 15. V u 11,30 sati održana je sjednica Studijskog komiteta br. 21 CIGRÉ, gdje su učinjene posljednje pripreme i dogovori u vezi s radom simpozija.

Svečano otvorenje održano je istog dana u 18 sati.

Osim predstavnika domaćina i J. K. CIGRÉ, skup je pozdravio predsjednik općine Vrnjačka Banja drug Slavko JANKOVIĆ.

Nakon svečanog otvorenja domaćin simpozija, Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo, priredilo je u prostorijama hotela »Fontana« sastanak upoznavanja i drugarstva, koji je protekao u vrlo ugodnoj atmosferi.

Ukupno je prijavljeno 376 sudionika skupa koje je evidentirala prihvatna služba Sekretarijata J. K. CIGRÉ.

Za diskusiju je priređeno 29 referata, koji su uvezani u knjigu i unaprijed razaslani svima koji su se na vrijeme prijavili. Ostali su primili referate na simpoziju. Ovom prilikom je razmjerno velik broj stručnjaka došao bez prethodne prijave u Vrnjačku Banju i tek tamo se prijavio, što je pravilo stanovite poteškoće u distribuciji referata.

Referati su prema tematici razvrstani u slijedećih 5 grupa i tako se o njima diskutiralo.

Grupa I — *Konstrukcija kabela i kabelski materijali*
Grupa II — *Kabelski pribor i polaganje kabela*
Grupa III — *Eksploatacija kabela*
Grupa IV — *Kabelske mreže*
Grupa V — *Standardi i propisi*

Radni dio simpozija započeo je u utorak 16. V u 8 sati. Nastavljen je u srijedu 17. V i četvrtak 18. V ujutro po grupama. Svaka je grupa imala svog predsjednika koji je rukovodio diskusijom, potpredsjednika i stručnog izvjestioca.

U četvrtak popodne u 17 sati, na plenarnom su sastanku pročitani, prodiskutirani i zatim prihvaćeni zaključci simpozija.

Svi sastanci, kao i sve manifestacije ovog VI simpozija, odvijale su se u prostorijama hotela »Fontana«, gdje je bila smještena prijemna i informativna služba Sekretarijata J. K. CIGRÉ, a i većina sudionika skupa.

Za srijedu popodne organizirano je nekoliko turističkih ekskurzija, kao i posjet tvornici kabela u Svetozarevu.

Zbog premalog broja prijavljenih turističke ekskurzije nisu održane, ali je održana vrlo dobro organizirana tehnička posjeta tvornici kabela, kojoj je prisustvovalo preko 200 stručnjaka.

Domaćin, Fabrika kablova »Moša Pijade«, organizirao je prijevoz centrobusima do Svetozareva i zatim stručno vođenje kroz tvornicu. Nakon razgledavanja priređena je zakuska, čime je završena ova vrlo uspjela tehnička ekskurzija.

Radni dio simpozija završen je u četvrtak u 18 sati sjednicom Studijskog komiteta, gdje je proanaliziran protekli rad simpozija i dane korisne sugestije za budućnost.

Za petak 19. V predviđene su bile dvije atraktivne cjelodnevne ekskurzije, koje se međutim nisu održale zbog, začudo, malog broja prijavljenih.

RAD SIMPOZIJA PO GRUPAMA

Gupa I — *Konstrukcija kabela i kabelski materijali*

Predsjednik:

Svetozar CAREVIĆ, dipl. ing. »Novkabel«, Novi Sad

Potpredsjednik:

Branko TOKIĆ, dipl. ing. »ELKA«, Zagreb (umjesto Kuvačić Jure, dipl. ing.)

Stručni izvjestilac:

mr Stojan NIKOLAJEVIĆ, dipl. ing. Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo.

U ovoj je grupi diskutirano o 13 referata:

Referat broj **1.01**

Miodrag STEVANOVIĆ, dipl. el. ing.
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Upoređenje tehno-ekonomskih osobina savremenih 10 kV kablova sa električnom zaštitom oko svake žile i klasičnih kablova bez električne zaštite oko svake žile

Referat broj **1.02**

mr Stojan NIKOLAJEVIĆ, dipl. el. ing.
Nove konstrukcije rudarskih kablova za rudnike sa podzemnom eksploatacijom

Referat broj **1.03**

Branko PAIĆ, dipl. ing.
»Elka«, tvornica električnih kabela, Zagreb
Usporedba kvalitete srednjonaponskih kabela s obzirom na vrst izolacije i tehnologiju izrade

Referat broj **1.04**

Božidar ANTONIJEVIĆ, dipl. el. ing.
mr Stojan NIKOLAJEVIĆ, dipl. el. ing.
Uticaj tehnologije na kvalitet visokonaponskih kablova sa izolacijom od umreženog polietilena
Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Referat broj **1.05**

Branko MRAKOVČIĆ, dipl. ing.
Elektroprimorje, Rijeka
Visokonaponski kabeli s krutim dielektrikom

Referat broj **1.06**

Albahari-ŽIGRAI HANA, dipl. ing.
Novosadska fabrika kabela »Novkabel«, Novi Sad
Polietilen pod dejstvom visokih napona

Referat broj **1.07**

Branko TOKIĆ, dipl. ing.

»Elka«, tvornica električnih kabela, Zagreb
Kabel za prijenos velikih snaga napona 110 kV izoliran krutim dielektricima

Referat broj **1.08**

Albahari-ŽIGRAI HANA, dipl. ing.

Novosadska fabrika kabela »Novkabel«, Novi Sad
Nove tendencije u razvoju visokonaponskih kablova

Referat broj **1.09**

mr Stojan NIKOLAJEVIĆ, dipl. el. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
»Treeing« u energetskim kablovima sa izolacijom od čvrstog dielektrika — termoplastičnog polietilena (pet) i umreženog polietilena (upet)

Referat broj **1.10**

Dragan MARINKOVIĆ, dipl. ing.

Novosadska fabrika kabela, Novi Sad
Električno grananje kao jedan od uzroka oštećenja izolacionih materijala

Referat broj **1.11**

Mr Stojan NIKOLAJEVIĆ, dipl. el. ing.
Vladimir MIJATOVIĆ, dipl. el. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Vek trajanja energetskih kablova sa izolacijom od elastomera, termoplastičnih materijal i umreženog polietilena

Referat broj **1.12**

Kiril A. TROPIN, dipl. ing.

Združeno elektroprivredno preduzeće, Beograd
Gasom izolovani elektroenergetski vodovi visokog i vrlo visokog napona vrlo velike propusne moći

Referat broj **1.13**

Kiril A. TROPIN, dipl. ing.

Združeno elektroprivredno preduzeće, Beograd
Vodovi 400 kV izolovani sumpor-heksafluoridom za priključak podzemne hidroelektrane WEHR

Stručni je izvjestilac predložio slijedeće zaključke, koje je plenum prihvatio:

1. PVC kabele napona Uo/U = 6/10 kV, tipa PHP . . . prema novom JUS N. C. 5222-75 god. treba koristiti za nove mreže i za napajanje objekata umjesto kabela PP . . . prema JUS NC 5220-64 god.
2. Zadužuju se proizvođači 110 kV kabela s čvrstim dielektrikom da predlože konstruktivna rješenja koja će osigurati takav redukcioni faktor da zadovolji uvjete rada koje diktira odgovarajuća mreža i utjecaj na TT vodove.
3. Električna zaštita kabela je stvar dogovora između korisnika i proizvođača jer nema tehnoloških smetnji da se udovolji svim poznatim situacijama.
4. Za 110 kV kabele treba izvršiti takav izvor materijala, tehnologije izrade i odrediti takva konstruktivna rješenja koja će osigurati najbolje uvjete za sprečavanje pojave »TRENGA« i parcijalnih pražnjenja.
5. Domaće proizvođače polietilena treba pokrenuti na brže usvajanje proizvodnje osnovnih izolacionih materijala.
6. Za podmorske kabele srednjih i visokih napona treba predložiti najpovoljnija konstruktivna rješenja.
7. Ispitivanje kabela poslije polaganja treba provesti striktno prema standardu po kome se kabel ispituje.
8. Zajedno s kolegama koji se bave telekomunikacijama treba pokrenuti proučavanje smetnji koje energetski kabeli stvaraju na TT vodovima.

Grupa II — *Kabelski pribor i polaganje kabela*

Predsjednik:

Miljenko JENDRAŠIĆ, dipl. ing. »Vjesnik«, Zagreb

Potpredsjednik:

Borislav LALEVIĆ, dipl. ing. »Elektrodistribucija«, Beograd

Stručni izvjestilac:

Marijan JAKOVAC, dipl. ing., »TEP«, Zagreb

U ovoj se grupi diskutiralo o 3 referata:

Referat broj **2.01**

Stanoje CVETKOVIĆ, dipl. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Spajanje aluminijumskih i bakarnih provodnika metodom presovanja u kablovskim mrežma niskog i srednjeg napona

Referat broj **2.02**

Ranko Vučković, dipl. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Toploskupljajući materijali i njihova primena u eksploataciji gumenih fleksibilnih kablova

Referat broj **2.03**

Mladenović Ilija, dipl. el. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Pribor za 110 kV kablove

Stručni izvjestilac predložio je slijedeće zaključke, koje je plenum prihvatio:

1. Za spajanje vodiča kabela napona do 10 kV preporučuje se metoda prešanja. Za naponski nivo 1 kV preporučuje se i primjena vijčanih stezaljki. Svi spojevi moraju biti atestirani prema odgovarajućim standardima (u nedostatku nacionalnog standarda prema VDE, EDF i dr.)
2. Primjenu metoda prešanja za vodiče kabela napona 20 i 30 kV treba proučiti i predložiti najprikladnije rješenje.
3. Potrebno je donijeti jugoslavenske standarde za ispitivanje prešanih i vijčanih spojeva vodiča kabela.
4. Proširiti primjenu spojnica i glava od toploskupljajućih materijala na rudarskim fleksibilnim kabelima za površinske kopove i nemetanske jame kao zadovoljavajuće rješenje u pogledu električnih i mehaničkih zahtjeva i u pogledu jednostavnosti izrade i dužine trajanja montaže.
5. Kod kabela srednjih napona s čvrstim dielektrikom treba favorizirati primjenu prefabrikovanih elemenata za montažu spojnica i glava, to prije što su proizvođači kabelskog pribora u mogućnosti da usvoje proizvodnju ovog pribora. Također se preporuča i primjena toploskupljajućih materijala.
6. Usporedo s usvajanjem kabela 110 kV raditi na izboru i rješavanju pouzdanog kabelskog pribora.

Grupa III — *Eksploatacija kabela*

Predsjednik:

Potpredsjednik:

Vlado PAVLOVIĆ, dipl. ing., Zavod za prostorno urbanističko planiranje i programiranje, Sarajevo

Branislav JEFTIĆ, dipl. ing., »Elektrovojvodina«, Novi Sad

Stručni izvjestilac:

Krunoslav JALUŠIĆ, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb

U ovoj je grupi diskutirano o 6 referata:

Referat broj **3.01**

Nedžad REŠIDBEGOVIĆ, dipl. ing.

Unioninvest, Sarajevo
Neki faktori o kojima treba voditi računa kod odabiranja kabela u elektroenergetskim postrojenjima

Referat broj **3.02**

Mr Živko DOBROSAVLJEVIĆ, dipl. el. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Eksploatacija visokonaponskih kablova 110 kV

Referat broj **3.03**

Krunoslav JALUŠIĆ, dipl. ing.

Elektra, Zagreb
Naponsko održavanje visokonaponskih kabela

Referat broj **3.04**

Žarko GULIN, dipl. ing.

»Elektrodalmacija« Split, OOUR »Elektra« — Zadar
Neka iskustva s popravcima podmorskih kabela

Referat broj **3.05**

Kiril A. TROPIN, dipl. ing.

Združeno elektroprivredno preduzeće, Beograd
Mere bezbednosti pri radovima na energetskim kablovskim vodovima

Referat broj **3.06**

Ksenija BARAC, dipl. ing.

»Elektrodistribucija — Beograd«
Sigurnost pri radu na kablovskim vodovima

Stručni izvjestilac predložio je slijedeće zaključke koje je plenum prihvatio:

1. Raditi i dalje na problematici tretmana nulte točke 110 kV 35 kV i 20/10 kV iz svih aspekata, a posebno iznošenja potencijala, utjecaja na telekomunikacione vodove i ostale instalacije.
2. Preventivnom ispitivanju kabela pristupiti nakon analize i suradnje s proizvođačem kabela.
3. Izraditi preporuke za izradu i vođenje tehničke dokumentacije i sistematsko vođenje statističkih podataka o vrsti i uzrocima kvarova podmorskih kabela.
4. S obzirom na sve veće značenje i opseg podmorske kabelske mreže preporučuje se zajedničko opremanje i kadrovsko osposobljavanje za gradnju i otklanjanje kvarova kabela na obalnom području Jadrana.
5. Ubrzati rad na donošenju Pravilnika o tehničkim mjerama za siguran rad na elektroenergetskim postrojenjima kao i preporuke JUGEL-a za distribuciju u vezi sa sigurnim radom.
6. Poduzeti mjere da se za iduće savjetovanje o kabelima prikupe podaci i objave referati s područja eksploatacije kabela, posebno s područja nadzemnih vodova sa samonosivim vodičima.
7. Osigurati više iskustvenih podataka s područja kabela 110 kV s umreženim polietilenom.
8. Prostornim planiranjem osigurati trase energetskih vodova i kabela radi smanjenja eksploatacionih investicionih troškova.
9. Ispitati potrebu i mogućnosti izgradnje integralnih instalacionih kanala u gradskim gusto naseljenim područjima.

Grupa IV — *Kabelske mreže*

Predsjednik:
Branko MRAKOVČIĆ, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka

Potpredsjednik:
Josip JANEŠ, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb

Stručni izvjestilac:
dr Jure MRZEL, dipl. ing., Elektroinštitut »Milan Vidmar«, Ljubljana.

U ovoj grupi diskutiralo se o 5 referata:

Referat broj **4.01**

Prof. Ljubiša MILANKOVIĆ, dipl. ing.
Dr Milan S. SAVIĆ, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet u Beogradu
Izbor odvodnika prenapona za zaštitu kablovskih vodova vodeći računa o statističkim osobinama struja atmosferskih pražnjenja

Referat broj **4.02**

Miodrag STEVANOVIĆ, dipl. el. ing.

Industrija kablova, Svetozarevo
Energetski kablovi danas i perspektiva njihovih razvoja u budućnosti

Referat broj **4.03**

Mr Živko DOBROSAVLJEVIĆ, dipl. el. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Proračun redukcionog faktora kablova

Referat broj **4.04**

Mr Dragutin STANOJEVIĆ, dipl. ing.

Elektrodistribucija, Beograd
Oblikovanje gradskih kablovskih mreža 10(20) kV

Referat broj **4.05**

Živorad JANKOVIĆ, dipl. ing.

Elektrodistribucija, Beograd
Osiguranje kućnih priključaka izvedenih samonosećim kablovskim snopom

Stručni izvjestilac predložio je slijedeće zaključke koje je plenum prihvatio:

1. Poraditi na tipizaciji opreme, posebno kabela, po naponu, presjeku i konstrukciji. Anketom utvrditi postojeće stanje.
2. Preporučuje se daljnja izrada referata koji obrađuju oblik kabelskih mreža konkretnih i modelnih rješenja.
3. Pozivaju se distributeri da pripreme što veći broj referata ili izvještaja (koreferata) o kvarovima na kabelskoj mreži s odgovarajućim analizama.
4. Proizvođači kabela trebaju dati rješenje tipova kabela za primjenu u posebnim uvjetima rada (loše vodljivo tlo, visok izokeraunički nivo, iznošenje potencijala).
5. Što prije izdati thničke preporuke o korištenju i projektiranju SKS - vodova.
6. Raditi na studijama perspektivnog razvoja kabela.

Grupa V — *Standardi i propisi*

Predsjednik:
mr Živko DOBROSAVLJEVIĆ, dipl. ing., Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo

Potpredsjednik:
Hana ALBAHARI-ŽIGRAI, dipl. ing., »Novkabel«, Novi Sad

Stručni izvjestilac:
Branko PAJIĆ, dipl. ing., Elka, Zagreb

U ovoj se grupi diskutiralo o 2 referata:

Referat broj **5.01**

Albahari-ŽIGRAI HANA, dipl. ing.

Novosadska fabrika kabela »Novkabel«, Novi Sad
Novi standardi za gumene rudarske kablove nazivnog napona 0,6/1 kV

Referat broj **5.02**

Mr Živko DOBROSAVLJEVIĆ, dipl. el. ing.

Industrija kablova »Moša Pijade«, Svetozarevo
Preporuka za izradu predloga propisa JUS N. C5. 400 — Ispitivanje kablova sa izolacijom od umreženog polietilena, napona 110 kV

Stručni izvjestilac predložio je slijedeće zaključke koje je plenum prihvatio:

1. Neophodno je da se standardi za rudarske kabele JUS N. C5. 353, JUS N. C5 360 za 1 kV kabele i JUS N. C5. 364 za 6 kV kabele što prije usvoje i objave.
2. Preporučuje se rudarskim radnim organizacijama, projektantima i institutima da primjenjuju i naručuju kabele za jamski kop prema navedenim standardima.
3. Rudarske organizacije u suradnji s proizvođačima kabela trebale bi izvršiti tipizaciju presjeka rudarskih kabela ovisno o namjeni.
4. Prihvaća se preporuka kao materijal za izradu Prijedloga standarda JUS N. C5. 400.
5. Preporuča se da se u standardu JUS N. C5. 400 predvidi ispitivanje parcijalnih pražnjenja izboja kao rutinsko ispitivanje.
6. Zadužuju se radne grupe za kabele 110 kV. Studijskog komiteta br. 21, da prouči opravdanost polusatnog ili jednosatnog ispitivanja kabela s izmjeničnim naponom, npr. 2,5 Uo.
7. Preporuča se da se naponsko ispitivanje kabela nakon polaganja provodi istosmjernim naponom visine 4.2 Uo u trajanju od 15 mnuta.

(B. M.)

Širom svijeta

KORIŠTENJE VODA RIJEKE BEAS I SUTLEJ U INDIJI

Između »Indus Water Treaty« i Pakistana 1960. godine sklopljen je ugovor o korištenju voda porječja Inda. Prema tom ugovoru Indija se u cijelosti koristi vodom rijeke Beas, Sutlej i Ravi, pritoka Inda.

Već 1960. godine izgrađeno je postrojenje Bakra-Nangal (za HE i navodnjavanje).

Osim već izgrađenog postrojenja bila je predviđena izgradnja brane Pong na rijeci Beas koja bi poslužila za HE i za navodnjavanje prostrane pustinje u Rajastanu. Uzimanjem 255 m^3/sek rijeci Beas, omogućava se u okolici Pandoha izgradnja HE i natapanje tla.

Izgradnjom obaju objekta povećava se hidroelektrični potencijal bazena za novih 900 MW, a omogućava se i natapanje 1,3 milijuna akri zemljišta.

Prva faza izgradnje postrojenja Pong sastoji se od izgradnje nasute brane visine 132,5 m, dužine od 1876 m na obodu, širine 14 m na vrhu, a 609 m na temelju. Zapremina je 35×10^6 m^3, dok su iskopi u koritu rijeke 10×10^6 m^3, a akumulacija 10×10^9 m^3, što je u ugroženim trusnim zonama jedna od najvećih brana na svijetu. Radovi na brani započeli su 1965. godine vrlo skromnom mehanizacijom. Svi teški strojevi bil su zauzeti izgradnjom brane Bakra. Dovršenjem radova u Bakri 1969. godine prebačena je teška mehanizcija na branu Pong gdje se radilo u 3 smjene do završetka radova 1974. godine.

Brana će gotovo u cijelosti zaštititi kraj od poplava koje su posljedica monsunskih kiša, omogućiti obradu do sada plavljenih područja, a moguć je i razvoj ribogojstva, turizma i nautičkih sportova. Dva odvodna tunela služit će za navodnjavanje, a tri kao tlačni cjevovodi za HE na podnožju brane. Projektirana izgradnja u prvoj etapi je 4×60 MWa, a u drugoj etapi je predviđena ugradnja još 2×60 MW. Od sredine 1977. u pogonu je prvi agregat.

Postrojenje Beas — Sutlej koristi se vodom Beasa koji izvire na Himalaji, a pritok je Sutleja.

Nasuta brana Pandoh na rijeci Beas, visoka 79,0 m s volumenom od $1,5 \times 10^6$ m^3 materijala, morala se izgraditi za 7 mjeseci da ne bi monsunske kiše odnijele nasuti materijal djelomično izgrađene brane.

Spoj akumulacije Pandoh s rijekom Sutlej izveden je dijelom u tunelu, dijelom kanalom u dužini od 34 km. Sastoji se od dva tunela dugih približno 13 km i promjera Ø 7,5 m i Ø 8,5 m. Tunele spaja kanal dug 11 km.

Komora za izjednačenje ima promjer Ø 23 m i visinu 130 m. Na kraju su tri odvodna tunela u koje će se montirati leptir-ventili i tlačni vodovi promjera Ø 8,5 m.

Projektiranje i izgradnja bili su teški i komplicirani jer je čitavo postrojenje u potresnoj zoni, stijene nehomogene i čitav geološki sastav nepovoljan. Tokom izgradnje na radovima je poginulo 76 radnika.

HE Dehar koju opskrbljuje čitavo postrojenje ima korisni pad 174 m. U prvoj fazi izgrađene su 4 grupe od 165 MW svaka, a u slijedećoj etapi predviđa se izgradnja još dvije iste jedinice.

B. Mr.

Prema E.N.R. 1977/28.

PIROLIZA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADAKA U KALIFORNIJI

Central Contra Sanitary District (CCCSD) kraj San Francisca u Kaliforniji brine se o pročišćavanju otpadnih voda za potrebe 310 000 potrošača, među kojima je i industrija, a na prostoru od oko 300 km^2. Čitavim radom postrojenja, koja su ogromna, upravlja se električnim računalima.

Potrebna energija, bilo električna bilo prirodnog plina, pri tome je procesu sve veća, a imajući na umu povećanje djelatnosti postoji bojazan o osiguranju dovoljnih količina metana u budućnosti.

Iz tih razloga CCCSD predviđa izgradnju divovskih piroliza za preradu gradskih otpadaka, te tako dobivanje potrebnog plina za pročišćavanje otpadnih voda i potrebne električne energije uglavnom za samu pirolizu (26 MW).

Pokusi s postupkom (pirolizom) započeli su na malenom pokusnom postrojenju, jednom među prvima u SAD. Očekuje se da će pokusno postrojenje dati sve potrebne podatke za projektiranje i izgradnju budućeg velikog postrojenja.

Ustanovljeno je da gradski otpaci sa 80 % čvrstih čestica izgaraju autotermički ako se postotak tekućine smanji za 75 %. Pitanje zagađenja čovjekove okoline mnogo je lakše od problema pretvaranja u pepeo otpadaka (radi potrebe velikih količina zraka).

Prema dosadašnjim podacima očekuje se da će budući veliki uređaji za pročišćavanje od $8,0 \times 10^6$ l otpadnih voda na dan, s odgovarajućom pirolizom za proizvodnju metana, kada budu u pogonu 1985. godine, biti jeftiniji za 1,0 + 1,5 milijuna USA $ godišnje.

B. Mr.

Prema E.N.R. 1977/10.

HE ANDELKALEKA — MADAGASKAR

Državno poduzeće za korištenje voda i proizvodnju električne energije Madagaskara »JIRAMA« potpisalo je ugovor s kanadskim poduzećem za projektiranje i izgradnju HE Andekaleka. HE je udaljena oko 150 km od prijestolnice Madagaskara Tananarive.

Predviđena je izgradnja nasute brane, odvodnog tunela, podzemne strojarnice sa 4 generatora (instalirana snaga elektrane je 112 MW), 138 kV voda te prijenosnih i distributivnih trafostanica.

S radovima se započelo sredinom 1978. godine, a prva dva generatora bit će u pogonu potkraj 1981. godine.

Sadašnja potrošnja otoka iznosi polovicu instalirane snage (112 MW) buduće HE. Veći dio proizvedene električne energije potrošit će novo izgrađena industrija u blizini buduće elektrane.

B. Mr.

Prema W. P. and D. C. 1977/12.

TE VRIDI (OBALA BJELOKOSTI) — PROŠIRENJE

Postojeća TE Vridi 2×32 MW proširena je za dva nova turbobloka, tj. za 2×72 MW.

TE je izgrađena na istoimenom kanalu u laguni Ebrié u kojemu je i luka Ebrié. Zauzima prostor od 16 000 m^2, a teren je pjeskovit do dubine od 42 m, što je zadavalo najveću poteškoću pri izgradnji.

Novi blokovi smješteni su u produženje postojeće strojarnice, Če rešetkaste konstrukcije. Nastojalo se je da prostor bude što manji, pa tako dva nova bloka (72 MW) zauzimaju približno isti prostor kao postojeći (32 MW).

Kotlovi s prirodnom cirkulacijom imaju površinu od 850 m^2 i proizvodnji od 310 t/h pare, 104 at i 515 °C. Pojna voda se prethodno zagrijava na 253 °C.

Turbine su 75 MW, 3000 min^{-1} izlaznog tlaka 0,066 at.

Generatori su snage 88,25 MVA, $\cos\varphi = 0,85$, 50 Hz, 15,5/95,0 kV. Pripadajuća dva trafoa 15,5/95,0 kV ugrađena su u strojarnicu.

B. Mr.

Prema Notizie IRI1977/10.

TE NA ZRAK POD PRITISKOM

Istraživački centar General Electrica planira izgradnju 4 TE, od po 800 MW, s pogonom na komprimirani zrak. Postrojenja se planiraju u Alabami (SAD).

Za vrijeme malenih opterećenja električne mreže komprimirao bi se zrak i uskladištavao u podzemnim spremnicima u zapuštenim rudnicima soli. Akumulirana energija koristila bi se za pokriće vršnih opterećenja oko 2 000 h godišnje. Takvo postrojenje smanjuje na polovicu potrebe petrolejskih para ili prirodnog plina.

Zrak se sabija putem niza kompresora i međuhladionika na $86,0 \times 10^5$ Pa (cca 86 atm). Tako komprimirani i ohlađeni zrak uskladištava se u kaverne u rudnicima soli.

Proizvedeni dio sastoji se od turbine — generatora učina 45,0 MW i plinske turbine — generatora učina 155 MW. Plinska turbina radi na temperaturi od 1100 °C. Plinovi prije ulaska u plinsku turbinu prolaze kroz izmjenjivače topline turbine.

B. Mr.

Prema Schweizerische Bauzeitung 1978/7.

PHE HORNERBERG — WEHR (SR NJEMAČKA)

Godine 1976. dovršena je i stavljena u pogon PHE Hornberg, jedna od elektrana u području Crne šume, koje područke iskorištava Schluchsee Werke AG.

Gornja akumulacija Hornberg, prema istovremenom vrhu, na koti 1 050 m ima kapacitet $4{,}4 \times 10^6$ m³, a stvorena je izgradnjom nasute brane visine 36 m.

Donja akumulacija na rijeci Wehra, pritoka Rajne, na kati 410 m, ima kapacitet od $4{,}1 \times 10^6$ m³, a maksimalna visina 40 m. Brana je u blizini mjesta Wehr, pa odatle i ime.

Karakteristika je elektrane što je izgrađena duboko u brijegu, a to je smanjilo cjevovod, građevne radove i pojeftinilo objekt. Tlačni vod iz jedne čelične cijevi ima promjer 5,5 m, dug je 1400 m, težak 6 440 tone, a položen s padom od 32°. Ispitan je za tlak od 890 m. S cjevovoda se odvajaju priključci za 4 turbine.

Strojarnica ima ove dimenzije: visinu 36 m, širinu 19 m. dužinu 220 m, a ima 4 horizontalne grupe.

Svaka grupa sastoji se od generatora — motora od 257 MW, Francis-turbine i dvostepene pumpe. Po dvije grupe priključene su na jedan trafo. Kabeli od 400 kV idu od transformatora kosim tunelima do 380 kV RTS Kühmos. Iz rasklopnice se upravlja svim elektranama na masivu Crne šume, pa i RHE Hornberg.

Hidraulička iskoristivost iznosi 76 + 77 %, a moguć je rad sve 4 grupe uz puno opterećenje kroz 7 sati.

B. Mr.

Prema Wasserwirtschaft 1977/9.

USIDRENJE BRANE CONOWINGO — USA

Brana Conowingo na rijeci Susquehanna na granici Pensilvanije i Marylanda (USA) sagrađena je prije 50 godina i pojačana je napinjačima da može akumulirati veće količine vode od onih za koje je projektirana.

Radi se o brani dužine na kruni 1 392 m visine oko 30 m. Sastavni dio je HE od 512 MW. Proizvodi 7 % hidroenergije sistema PECO (Philadelphia Electric Co). Značenje je akumulacije u tome što iz nje uzima vodu za potrebe hlađenja NTE Peach Bottom udaljene nekoliko kilometara.

Godine 1972., kao posljedica uragana Agnes, digle su se vode u akumulaciji 0,75 m iznad normale. Da se ne preopteretí brana, trebalo je ili povećati preljeve ili naknadno usidriti branu. Naknadno usidrenje brane stajalo je 5,3 milijuna $ USA, što je polovica cijene od povećanja preljeva.

Takav način učvršćenja temelja izveden je na branama Ohio, staroj 58 godina, Milton Lake kraj Youngstowna i Cheurfas.

Na brani Conowingo izbušeno je 537 rupa promjera 190 mm, tj. svaka 3 metra, i to 30 m kroz branu i 30 m u stijeni temelja. Elektronski je mjerena točnost bušotina koje nisu smjele odstupiti u udaljenosti više od 12,7 mm, a u vertikalnosti više od 50,8 mm.

Rupe su smjele propuštati maksimalno 0,45 l/min, radi sigurnog betoniranja napinjača u temeljnu stijenu. Na brani su se nalazile drenažne rupe koje su izolirali od bušenih rupa vrećama epoksidnih smola koje su se skrućivale za 20 minuta.

Ispitivanja (vodom) pokazala su da je temeljna stijena daleko nehomogenija od predviđanja (99 % rupa nije zadovoljilo na vodopropusnost prema planiranih 20 %).

Pošto su izbušene rupe, montirani su napinjači (svaki se sastojao od 20 užeta), donjih 8 m rupe je betonirano betonom marke 281 kg/cm², a na vrhu su montirane ploče i napinjači napeti sa silom od 544 000 kg. Nakon toga su izbušene rupe zapunjene mršavim cementom, a oho vrhova, da se spriječi korodiranje, armiranim betonom.

Konačno je na pojedinim usidrenjima ugrađen instrumentarij radi kontrole.

B. Mr.

Prema ENR 1977/1.

PHE DINORWIC — VELIKA BRITANIJA

Pumpna hidroelektrana Dinorwic koja se gradi u sjevernom Wallesu bit će jedna od modernijih. Svih 6 grupa, od 300 MW svaka, moći će se iz mirovanja potpuno opteretiti za 10 sek. Dva agregata s ukupno 600 MW predviđeni su kao rezerva u slučaju ispada nekog postrojenja u mreži. Preostala četiri agregata sa 10% TE regulirat će frekvenciju u mreži, što znači da će možda i do 40 puta dnevno stati ili krenuti u pogon.

Engleska ima višak električne energije, pa je PHE Dinorwic elastično projektirana, tako da može brzo ići u pogon (10 sek) u slučaju potrebe, da akumulira (pumpanjem) višak električne energije u mreži ili radi kao kompenzator.

Elektrana se sastoji od gornje i donje akumulacije, cjevovoda koji ih spaja i podzemne strojarnice.

Gornja akumulacija Marchlyn Mawr je oko 500 m iznad donje akumulacije, sa zapreminom od 6,5 milijuna m³, što je dovoljno za proizvodnju u vremenu od 5 sati. Dnevne promjene nivoa akumulacije pri takvom radu iznosit će 33 m. Brana je visoka 68 m, duga 500 m, a široka u temelju 250 m.

Nakon dogovora s lokalnim vlastima visina akumulacije u donjoj brani Llyn Peris iznosi 3,64 m. Da se poveća korisna zapremina, starim brežuljcima jalovine poravnat će se neravnine na dnu akumulacije i zatrpati bivše jame iz kojih se vadila glina.

Da ne budu tako vidljive dnevne oscilacije nivoa, obala akumulacije je ozidana kamenom. Posebno se pazilo da se izbjegnu preljevi u kišnoj sezoni.

Strojarnica je podzemna, izvedena u 4 prostorije. Najveća je duga 153 m, široka 23,5 m i visoka 36,5 m. Ostala tri prostora za ulazne ventile, izlazne ventile i transformatore su dimenzija dužina (širina) visina: 145(6,5)18,5; 195(7)20; 154(23,5)18. Tlačni vod je dug 1 697 m, promjera 10,5 m, komora za izjednačenje je promjera 55 m. Odvod je iz PHE putem tri galerije dužine 520 m promjera 8,25 m.

Turbine su reverzibilne, tj. rade kao pumpe. Kod 500 okr./min i pada od 500 m opterećenje jedne grupe je 300 MW, kao generator daju u mrežu 273 MW. Čitavo postrojenje može rotirati u praznom hodu a da su turbine — pumpe u zraku. Za 10 sekunda u slučaju potrebe može biti u pogonu sa 1 320 MW.

Za stavljanje agregata u pogon, kada radi kao motor, odabran je zagonski motor promjenljive frekvencije niskog napona kao najpouzdaniji. Kako je elektrana stalno u pogonu i ima malo slobodnog vremena za održavanje, ugrađena su 2 zagonska motora po grupi. U slučaju kvara obiju zagonskih grupa moguće je svih 5 agregata staviti u pogon kao pumpe pomoću 6. agregata koji je u pogonu putem električne osovine. Kada bi svih 6 agregata bilo izvan pogona, bilo bi ih moguće pokrenuti putem dvaju diezel-generatora od po 1,5 MW.

Motori — generatori računani su za 330 MVA, 500 okr./min, 18 kV, a maksimalno dopuštena brzina je 763 okr./min. Generatori su zatvorenog tipa s obzirom na hlađenje. Zrak se hladi putem izmjenjivača zrak-voda. Kako je okretanje moguće u oba smjera, prema tome radi li kao motor ili generator, izvedeno je neovisno hlađenje.

Brzo zaustavljanje agregata je kod većih brzina elektrodinamično, a kod malih brzina mehaničko. Potrebno vrijeme za ukapčanje na mrežu iz mirovanja iznosi 90 sekundi i puno opterećenje postiže se nakon 10 sekundi. Iz pogona se grupa zaustavlja za 364 sek. Konačno, svi agregati mogu za 90 sek. prijeći iz režima rada kao motor na rad kao generator.

Predviđeno je 40 zaustavljanja i stavljanja u pogon na dan. Vijek postrojenja je 40 godina. Razumije se da je za takav pogon trebalo približno projektirati strojeve, a s najvećom pažnjom odabrati materijale.

Svaki agregat ima svoj trafo 400/18 kV, a 3 transformatora imaju izvode za vlastite potrebe elektrane kada je ona izvan pogona.

Elektrana je tako projektirana da kvar na postrojenju pojedine grupe (i na pomoćnim postrojenjima) ne utječe na rad ostalih grupa. Jedina je iznimka na kvaru na jednom od transformatora koji opskrbljuje pomoćne pogone 2 jedinice. U tom slučaju moguće je stavljanje u pogon odgovarajućih grupa unutar 8 sati koristeći se rezervnim transformatorima.

B. Mr.

Prema L'E.E. 1978/3.

POSTROJENJE 1800 KV

Švedska električna grupacija ASEA i American Electric Power potpisali su ugovor o zajedničkom razvoju visokih napona, konkretno između 1 500 + 2 000 kV s težištem na 1 800 kV.

Američki partner ima u pogonu 765 kV vod, zasad vod s najvišim pogonskim naponom. Od 1969. godine studiraju se i grade pokusna postrojenja i vodovi za VVN.

Ugovor predviđa suradnju na problemima VVN-a u trajanju od 5 godina; u tom će se razdoblju i odabrati napon.

ASEA treba izgraditi prototip plinom (SF_6) izolirane TS i shunt-reaktancu koje treba ispitati s 1 800 kV. Za potrebe ispitivanja ASEA je već izgradila odgovarajuću ispitnu stanicu.

Razlog suradnje je sve veća potreba za električnom energijom i s tim u vezi prijenos sve većih snaga, što iz ekonomskih razloga traži viši naponski prijenosni nivo.

U međuvremenu i u drugim zemljama se eksperimentira s 1200 kV. Računa se da će se potreba za prijenosom na 1 200 kV pokazati oko 1980. godine. Konačni izbor napona ovisit će osim o potrebama i o tehničkim mogućnostima i ekonomskim faktorima.

B. Mr.

Prema RGE 4/1978.

TE SUEZ — EGIPAT

Egyptian Electricity Authority, Kairo naručio je za TE koja bi se gradila u blizini grada Sueza 2 bloka od po 150 MW, kao i 2 plinske turbine od po 10 MW. Gorivo je u prvoj etapi teško ulje, a u konačnici plin. TE će biti u pogonu 1981. godine.

Potpisnik ugovora je Kraftwerk Union AG koji će isporučiti turbine, sve mehaničke dijelove — regulacionu i upravljačku stranu. Waagner Biro AG Beč/Graz isporučuje kotlove, a austrijski AEG — Telefunken sav VN dio. Nadzorni organ je Elektrowatt Ingenieurunternehmen AG Zürich.

B. Mr.

Prema etz — a 99/1978.

TE INKOO — FINSKA

Finsko elektroprivredno poduzeće Imatran Voima Oy izgradilo je TE Inko 4 × 266 MW, koja je koncem 1976. godine s 1 000 MW vršnog opterećenja bila najveća klasična TE na Skandinavskom poluotoku.

B. Mr.

Prema etz-a 99/1978.

PTE ZA VENECUELU

CADAFE, jedno od nazvećih elektroprivrednih poduzeća u Južnoj Americi, naručio je 6 plinskih elektrana s odgovarajućim trafo-stanicama 13,8/115 kV i 110 kV vodovima. Plinske turbine su snage 25 MW. Čitavo će postrojenje isporučiti AEG, Telefunken i Kanis. Predviđena je izgradnja 4 PTE.

B. Mr.

Prema etz-a 99/1978.

SIMULATOR ZA NTE KOREJE

KECO (Korea Electric Company) naručila je simulator nuklearne termo elektrane koji će služiti za vježbanje operatora i pogonskog osoblja za NTE 2 × 600 MW Kori (Južna Koreja).

Simulator sadrži komandnu ploču elektrane s odgovarajućom elektronikom, spojnim elementima i računalom. Matematički modeli predviđeni u računalu — simulatoru obuhvaćaju pripremu za stavljanje u pogon, zagrijavanje, stavljanje u pogon hladnog ili zagrijanog postrojenja, podešavanje izabrane snage, optimalni pogon, normalna i izvanredna pogonska stanja.

S takvim podacima u računalu mogu se s komandne ploče predvidjeti razni kvarovi i tako vježbati pogonsko osoblje i operatore za sva moguća izvanredna pogonska stanja.

Inače je to šesti simulator koji isporučuje EAI (Electronic Associates Inc.) za NTE.

B. Mr.

Prema etz-a 99/1978.

101 DE ZA ELEKTRIFIKACIJU IRANA

Iransko ministarstvo za energiju (SATKAB) naručilo je za elektrifikaciju rasštrkanih naselja i gradova 101 DE te odgovarajuću zaštitu — mjerenje — regulaciju, nn i SN mrežu. Radi se o generatorima od 160 do 9 500 kVA.

Elektrifikaciju treba izvršiti i staviti u pogon tokom 1978—1979. god.

B. Mr

Prema EW 8/1978.

BEČKA PODZEMNA ŽELJEZNICA U POGONU

Nakon 10 godina planiranja, projektiranja i gradnje konačno je početkom godine puštena u pogon prva dionica bečkog metroa. Radi se o dionici dugoj 5 951 m s 5 stanica Inače čitava dužina iznosi oko 70 km s 40 stanica.

Dvostruki vagoni dugi su 37 m;; maksimalna je brzina 80 km/h a vozna 34 km/h; planirano vrijeme između dva vlaka iznosi 90 s. Kapacitet metroa je 40 000 osoba na sat u jednom smjeru.

Daljinsko upravljanje i automatika jedne su od najmodernijih. Uključuju elektroniku, sistem za obavještavanje putnika, upravljanje, nadzor, kao i telefon za nuždu preko posebnih kabela.

B. Mr

Prema ETZ-a Bd 99/1978.

PRVA ŠKODINA 500 MW TURBINA

Škodini pogoni u Doudlercu proizveli su za TE Melnik 3 prvu čehoslovačku parnu turbinu od 500 MW.

Turbina je duga preko 30 m a teška 1200 t. Samo je stator odgovarajućeg generatora dug 8,5 m a težak 205 t.

B. Mr

Prema Elektro-Praktiker 31 (1977) br. 9.

NTE JAPANA

Stavljanjem u pogon 6 novih NTE Japan će biti drugi na svijetu (iza SAD) u proizvodnji električne energije u NTE.

Takva je pozicija kratkoročna jer će uz postojeću izgradnju NTE u Sovjetskom Savezu i uz poteškoće Japana drugo mjesto u proizvodnji električne energije iz NTE preuzeti Sovjetski Savez.

Zbog teškoća u pronalaženju povoljnih lokacija za nove NTE u Japanu očekuje se od 1979. godine smanjeni tempo izgradnje NTE.

B. Mr.

Prema EW. 3 (1978).

KOMPRSORI ZA ELEKTRANU NA ZRAK POD PRITISKOM

U Huntorfu kraj Bremena (SR Nj) NWK Hamburg (Njemačke sjeverozapadne elektrane) gradi zasad prvu elektranu u pogonom na komprimirani zrak.

Postrojenje se sastoji od plinske turbine — generatora, grupe kompresora i spremnika za zrak (podzemne pećine). Za vrijeme niskog opterećenja u pogonu su kompresori koji pune pećine do maksimalnog tlaka od 70 bara. Omjer kompresije je 4 : 1, tj. 2 sata pogona plinske turbine : 8 sati pogona kompresora.

Radi se o dvjema grupama kompresora. Prvi aksijalni kompresor snage 25 MW komprimiran zrak na oko 6 bara. Nakon hlađenja tako komprimiranog zraka dolazi u radijalni kompresor gdje se sabija na 70 bara.

Radijalni šeststepeni kompresor snage 40 MW ima dva međuhladnjaka.

Kako je maksimalna dopuštena temperatura zraka u pećini — spremniku 50 °C, to se na izlazu iz kompresora mora još jedanput hladiti zrak.

Ukupna količina rashladne vode (za sva hlađenja) iznosi 4 000 m^3/h pa je odabran zatvoreni krug s hlađenjem vode.

B. Mr.

Prema EW 4/1978.

ZAVRŠENO ISPITIVANJE SUPRAVODLJIVOG KABELA

Nakon otprilike 8 godina s uspjehom je završeno ispitivanje prvog Siemensova supravodljivog kabela u ispitnoj stanici u Erlangenu.

Radi se o 35 m 110 kV kabela i o odgovarajućim kabelskim glavama. Supravodljivi vodiči su iz čistog niobija; izolacija je polietilenska folija. Tako izolirani uvučeni su u termički izoliranu cijev (slično kao uljni kabel u čeličnu cijev) i tako se polažu u zemlju. Vanjski promjer takvog trofaznog kabela iznosi Ø 0,5 m.

Hladi se helijem. Potrebno je 12 sati da se ohladi na 4 K a gubici iznose (odvodi topline) oko 80 kW/km ili 0,004 % prijenosne snage.

Kabel je dimenzioniran za prijenosnu snagu od 2 000 MVA, odnosno 10 000 A/fazi.

Naponski je ispitan s 2,4 U_n izmjenično i 4,7 U_n udarnim naponom.

Takvi kabeli ne zagađuju čovjekovu okolinu. Potrebne su vrlo uske trase za polaganje, nemaju nikakvog polja i ne zagrijavaju okoliš.

Povoljni su za polaganje u velikim gradovima u dužinama 10 ÷ 100 km.

B. Mr.

Prema EW 5/1978.

HE RITSEM — ŠVEDSKA

Nakon 6 godina gradnje puštena je u pogon HE Ritsem snage 300 MW s godišnjom proizvodnjom od 460 GWh, pa je to zasad najveća HE u zemlji. HE na rijeci Stora-Lule imaju godišnju proizvodnju od približno 1/5 trenutnih potreba Švedske.

HE se nalazi 150 km sjeverno od polarnog kruga, na švedsko-norveškoj granici. Koristi se vodom susjednog jezera Sitasjaure i rijeke Stora-Lule s odgovarajućom branom Suorva. Koristan pad je 150 + 173 m.

Voda se dovodi do elektrane kanalima dužine 1,3 i 16,0 km. Iskopano je 180 : 10^6 m^3 materijala za izgradnju dužeg tunela.

Korištenjem voda jezera Sitasjaure povećat će se proizvodnja na nizvodnim HE.

B. Mr.

Prema RGE 4/1978.

NOVE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR NJEMAČKOJ

Nadležna ministarstva SR Njemačke odobrila su RWE-u (Reinische Westphalische), najvećem elektroprivrednom poduzeću u zemlji, povećanje cijene kWh za domaćinstva u prosjeku za 7,2 %. Od 1. ožujka 1978. cijena kWh za domaćinstva iznosi za I tarifu oko 1,14 d/kWh (12,5 Pf) umjesto dosadašnjih 1,05 d/kWh (11,5 Pf), a za II tarifu 0,87 d/kWh (9,5 Pf) umjesto 0,78 d/kWh (8,5 Pf).

Povećanje cijene vrijedi samo za domaćinstva,jer je to jedina cijena električne energije pod državnom kontrolom. Zadnja promjena cijena zabilježena je prije 3 godine. Cijene ostalim potrošačima porasle su u tom razdoblju za oko 24,0 %.

U tom intervalu cijena mrkog ugljena porasla je za 36%, kamenog ugljena za 71%, lakog ulja za 98%, teškog ulja za 134%, zemnog plina za 112%. Posebna komisija ustanovila je da su potrebe RWE-a za investicijama radi plaćanja godišnjeg prirasta u potrošnji el. energije 750 milijuna maraka godišnje.

Povećanje cijena za domaćinstva zatraženo je 22. rujna 1977. Ministarstvo je formarilo komisiju da ispita opravdanost zahtjeva. Komisija je vodila brigu o potrebama elektroprivrede, politike cijena, pravilnom planiranju, mogućnosti smanjenja dobiti, posljedicama ako se cijena ne odobri i konačno o cijenama električne energije u susjednim zemljama.

B. Mr.

Prema etz-a 99/1978.

TE HARKULO — NIZOZEMSKA

N. V. Electriciteis — Maatschappij Ijssel Zwolle naručila je 6. bloka za TE Harkulo.

Snaga bloka iznosit će 320 MW, od čega parna turbina 250 MW, a plinska turbina 70 MW. Kapaciteti su: 700 t/h pare, tlak 169 bara i temperatura 540 °C.

Montaža 6. bloka započet će 1979. godine, a u pogonu će biti polovicom 1982. godine.

B. Mr.

Prema etz-a99/1978.

SVJETSKA SITUACIJA NAFTE I PRIRODNOG PLINA U 1977. GODINI

Iz priložene tabele vidljivi su odnosi između raspoloživih rezervi, proizvodnje i potrošnje nafte, te raspoloživih rezervi i proizvodnje prirodnog plina u svijetu u 1977. godini, odnosno u pojedinim krajevima svijeta.

Za svjetsku situaciju općenito karakteristike su:

— Nafta i prirodni plin pokrivaju preko 60% svjetskih potreba na nafti.

— Potrošnja nafte u 1977. godini prema onoj u 1976. godini porasla je za 2,6 % i dosegla je gotovo tri milijarde tona.

— Proizvodnja nafte prekoračila je prvi put tri milijarde tona.

— Proizvodnja prirodnog plina porasla je za oko 4 % i iznosila je nešto iznad 1 400 mlrd m^3.

— Kapaciteti rafinerija samo su neznatno porasli i iznosili su 3,8 mln t/g, a iskorištenje je iznosilo u prosjeku 77 %.

— Raspoložive rezerve nafte, tj. one koje se mogu pridobiti uz sadašnju tehniku eksploatacije i uz sadašnje cijene iznose gotovo 88 mlrd tona i od 1974. godine — usprkos eksploataciji — nisu se smanjivale, a mogle bi se eksploatirati još oko 30 godina.

— Raspoložive rezerve prirodnog plina povećale su se za oko 10 % i prelaze 71 000 mlrd m^3, a prema sadašnjem stanju eksploatacije trajale bi preko 50 godina.

V. B.

Eldorado, 1977.

SVJETSKA SITUACIJA NAFTE I PRIRODNOG PLINA U 1977. GODINI

Svijet	Nafta						Prirodni plin			
	Rezerve		Proizvodnja		Potrošnja		Rezerve		Proizvodnja	
	mln t	%	mln t	%	mln t	%	mlrd m^3	%	mlrd m^3	%
Zapadna Evropa	3 658	4,2	67	2,2	671	22,8	4 000	5,6	188	13,4
SSSR i Ist. Evropa	10 652	12,1	575	19,0	504	17,2	6 650	37,1	405	28,8
Afrika	7 890	9,0	278	9,2	60	2,1	5 870	8,2	16	1,1
Prednji istok	49 785	56,7	1 106	36,6	90	3,1	20 380	28,4	39	2,8
	5 388	6,1	230	7,6	476	16,2	4 200	5,9	74	5,2
Istočna hemisfera	77 373	88,1	2 256	74,6	1 801	61,4	61 100	85,2	722	51,3
Sjeverna Amerika	6 756	7,7	588	19,4	978	33,3	8 440	11,8	657	46,7
Karipsko područje	2 827	3,2	136	4,5	22	0,8	1 160	1,6	12	0,8
Ostala Amerika	882	1,0	45	1,5	131	4,5	1 060	1,4	17	1,2
Zapadna hemisfera	10 465	11,9	769	25,4	1 132	38,6	10 660	14,8	686	48,7
UKUPNO	87 838	100,0	3 025	100,0	2 933	100,0	71 760	100,0	1 408	100,0

Vijesti iz elektroprivrede

GRADNJA PRIJENOSNIH OBJEKATA U HRVATSKOJ

Polugodišnji plan gradnje prijenosnih postrojenja visokog napona na području SR Hrvatske, u realizaciji zagrebačkog poduzeća »Dalekovod« odvija se utvrđenim programom.

Jedan dio postrojenja kompletno je završen i već je u pogonu. Najopsežniji i najznačajniji radovi provode se na izgradnji dalekovoda 400 kV Konjsko — Zrmanja, oko 89 km, koji je u cijelosti završen. Radi se na gradnji druge dionice dalekovoda 400 kV Zrmanja — Brinje dugom oko 134 km. Od ostalih završenih objekata najvažniji je dalekovod s dva užeta u snopu 110 kV, Mraclin — Termoelektrana-toplana Zagreb sa svojim priključcima. Taj vod je od vitalnog interesa za opskrbu većeg broja industrijskih postrojenja na području grada.

Za potrebe gradilišta hidroelektrane Čakovec izgrađen je dalekovod 35 kV Nedeljanec — Ludbreg, sa vezom na HE Čakovec.

Ove godine započeta je gradnja većeg broja dalekovoda koji će biti završeni do kraja 1978.

U Dalmaciji je u toku gradnja dalekovoda 110 kV Bilice — Knin, te voda 35 kV Obrovac — Seline i voda 35 kV Bilice — Lozovac. Priprema se i izvedba dalekovoda 35 kV Knin — Golubić, 35 kV Drniš — Unešić. Počet će i gradnja dalekovoda 110 kV Obrovac — Gračac.

U toku su radovi na dalekovodu 110 kV Zagreb I — Zagreb II. Dalekovodi 110 i 35 kV koji križaju zaobilaznu cestu oko Zagreba na dionici Zaprešić — Ivanja Rijeka. Izvodi se i dalekovod 110 kV Sisak — Banija i rekonstruira DV 110 kV Sisak — Međurić.

Prema ugovoru »Elektroslavonije« i »Dalekovoda« radi se na dalekovodu 2 × 110 kV Ernestinovo — Našice. Predviđena je gradnja DV 110 kV Našice — Cementarna II, 35 kV Đakovo — Mikanovci i 35 kV Županja — Drenovci.

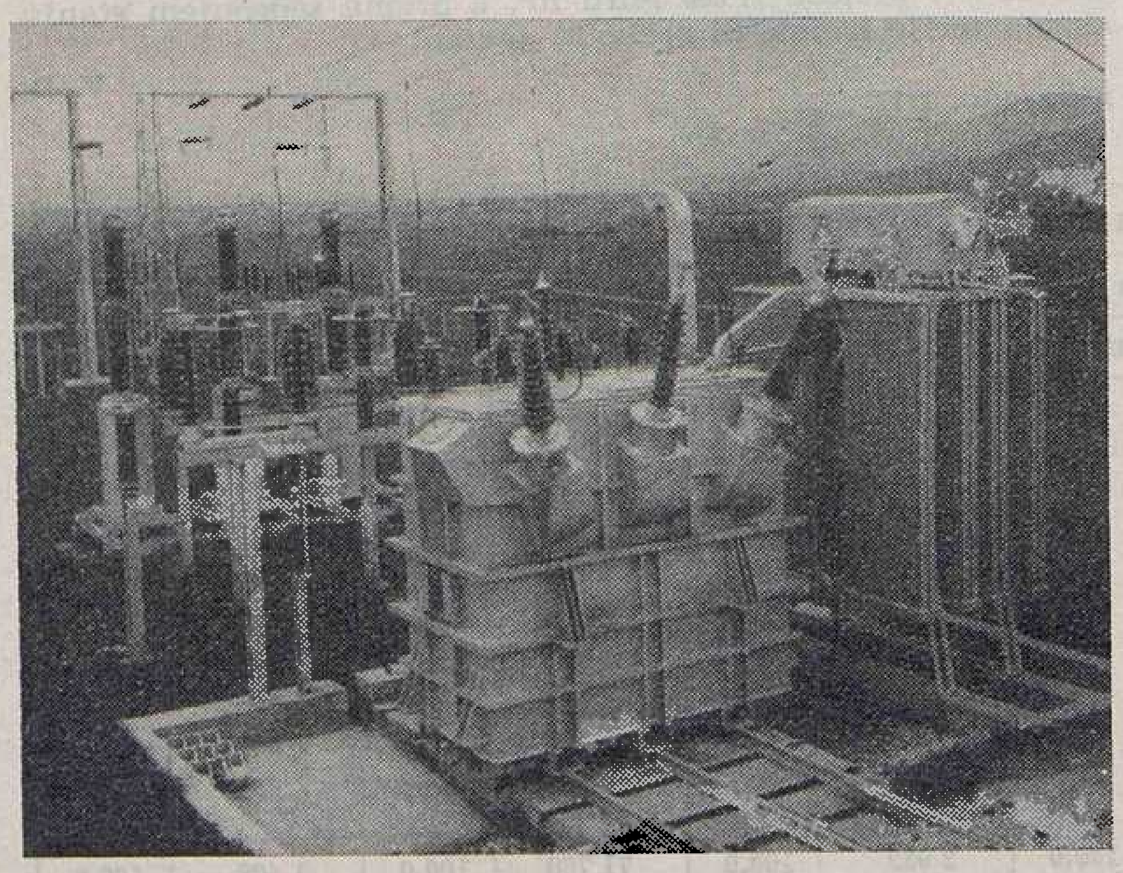
Za poboljšanje konzuma Like važna je gradnja DV 110 kV Lički Osik — Karlobag i 35 kV Otočac — Vrhovine. U grupu vrijednih i važnih prijenosnih objekata spada i gradnja dalekovoda 110 kV Koprivnica — Križevci i dalekovoda 35 kV Garešnica — Hercegovac, kao i 35 kV voda Varaždinske Toplice — Kneginac.

Osim radova u Hrvatskoj, »Dalekovod« sudjeluje i u gradnji pojedinih vodova i u SR Sloveniji.

I. R.

VISOKONAPONSKA POSTROJENJA U LICI

Na području Like u pogonu je samo jedna transformatorska stanica 110 kV, Lički Osik, koja ne može zadovoljiti stvarne potrebe konzuma toga kraja. Da bi se energetska situacija poboljšala, OOUR »Elektroprenos« Matulji u suradnji s poduzećem »Elektrolika« Gospić usvojili su program proširenja visokonaponskih postrojenja. Program je zacrtan petogodišnjim i petnaestogodišnjim planovima razvoja elektroprivrede u našoj republici.



TS Lički Osik 110/35 kV

U prvi plan ulazi gradnja TS 110/35 kV — druga faza u Ličkom Osiku. To je proširenje postojeće stanice, što predstavlja gradnju novog elektroenergetskog postrojenja. Gotovi su projekti i osigurana investiciona sredstva, tako da bi gradnja mogla početi još ove godine.

Nova TS 110/35 kV Lički Osijek bit će važna čvorna točka napajanja i drugih stanica koje će se graditi na području Like.

Predviđeno je da se ta transformatorska stanica poveže s ostalim prijenosnim postrojenjima koja će se graditi po usvojenim planovima razvoja elektroprivrede Hrvatske. To su buduća postrojenja: TS 110/35 kV Plitvice, TS 110/35 kV Gračac i TS 110/20 kV Karlobag. Za navedene buduće transformatorske stanice, kao i za dalekovodnu mrežu 110 kV radi se na izradi tehničke dokumentacije i idejnih projekata, a zatim će se ubrzano pristupiti izradi glavnih projekata.

I. R.

GENERATORI ZA HE OBROVAC

Predstavnici poduzeća »Elektro Dalmacija« Split i Složena organizacija udruženog rada »Rade Končar« iz Zagreba potpisali su ugovor o isporuci dva sinhrona motor-generatora, snage po 155 MVA za reverzibilnu HE Obrovac. Ugovoreno je da tvornica »Rade Končar« isporuči i uređaj za start motor-generatora za rad u crpnom pogonu s pomoću tiristorskog frekventnog pretvarača.

Ugovoreni motor — generator s obzirom na snagu, brzinu vrtnje i reverzibilni rad jedinstven je u našim, pa čak i u evropskim razmjerima.

To je prva izgradnja takvih strojeva u našoj strojogradnji i elektroindustriji. Vrijednost navedene isporuke je oko 150 milijuna dinara.

I. R.

POČETAK PROIZVODNJE KOKSARE BAKAR

Početkom lipnja ove godine Koksara u Bakru puštena je u rad. Investitor ovog značajnog postrojenja za našu metalurgiju jest Metalurški kombinat Željezare Sisak. U prvoj fazi izgradnje koksare izvedeno je 65 peći s godišnjim kapacitetom proizvodnje od 850 000 tona koksa. U sklopu koksare završeni su i drugi objekte koji će joj omogućiti nesmetan rad.

Prema usvojenim projektima izgradnjom i druge faze koksare godišnja proizvodnja porast će na oko 1,7 milijun tona koksa.

Ugljen za koksaru doprema se do postrojenja luke za rasute terete u Bakru. Od tih postrojenja do koksnih peći ugljen se doprema transporterom dugim 1 212 metara. Kapacitet transportera je 2 600 tona na sat. Glavnim dijelom proizvedenog koksa koristit će se Željezara Sisak, a jednim dijelom drugi domaći potrošači.

I. R.

NALAZIŠTE PLINA U JADRANU

U organizaciji stručnjaka poduzeća »INA-NAFTAPLIN« iz Zagreba pristupljno je ispitivanjima u Jadranu da bi se utvrdilo nalazište nafte i plina. Istraživanja se vrše pomoću naše prve bušaće platforme »Panon«.

U zadnje dvije godine intenzivno se radi na više lokacija u Jadranu i pojedina istraživanja dala su povoljne rezultate.

Utvrđeno je da u Jadranu i Dinaridima ima dovoljnih količina prirodnog plina za komercijalnu eksploataciju. Nastavljaju se daljnja istraživanja i komercijalnih nalazišta nafte.

Do sada su obavljena četiri bušenja u moru i 16 na otocima u sjevernom i srednjem dijelu Jadrana.

Najbolje rezultate dala su bušenja u Ravnim kotarima i u talijanskim vodama. Dobri rezultati pokazani su i na bušotini Jadran — 10, najdubljoj bušotini u Jugoslaviji (6 010 m)., koja se nalazi na pučini oko 86 km jugozapadno od Zadra.

Veće količine prirodnog plina utvrđene su u bušotinama oko šezdesetak kilometara jugozapadno od Pule.

Istraživanja se nastavljaju kako bi se utvrdile konačne rezerve prirodnog plina i nafte u Jadranu.

I. R.

TRANSFORMATORSKA STANICA 110/35 U KRIŽEVCIMA

Na svečan način 11. lipnja 1978. položen je kamen temeljac za gradnju transformatorske stanice 110/35/10 kV Križevci. Polaganju temeljca prisustvovali su predstavnici političko-društvenih organizacija općina Križevci i Vrbovca, zatim investitora »Elektroprenosa« iz Zagreba, radni ljudi »Elektre« iz Križevaca, Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske, zagrebačke »Elektre«, projektanti i dr.

Temeljac je položio pomoćnik direktora ZEOH-a Hakija Hasanbegović, dipl. ing.

Buduća TS 110/35 kV Križevci ima veliko značenje ne samo za Križevce i Vrbovec nego i za cijeli kalnički kraj.

Građevne radove će izvoditi GP »Radnik« iz Križevaca. Za izgradnju objekta utvrđen je rok od dvije godine.

Istovremeno s gradnjom ove stanice počeli su i građevni radovi na gradnji dalekovoda 110 kV Križevci—Koprivnica. Za izvedbu tih prijenosnih uređaja investirat će se oko 125 milijuna dinara.

Finacijska sredstva osigurali su RSIZ potrošača električne energije Hrvatske, investitor »Elektroprenos« i OOUR »Elektra« iz Križevaca.

I. R.

DOPREMA PLINA IZ SSSR-a NOVIM PLINOVODOM

Na području SR Hrvatske završena je izgradnja plinovoda za transport zemnog plina iz SSSR. Trasa Rogatec — Zabok — Zagreb nadovezuje se na plinovod u Sloveniji koji je pak vezan na mrežu Austrije i Čehoslovačke. Novosagrađeni plinovod priključuje se na postojeću plinovodnu mrežu Hrvatske. Kod Zagreba plinovod se povezuje s podravskim magistralnim plinovodom, a od Zaboka izvest će se spoj s posavskim plinovodnim sistemom.

Potpunom izgradnjom plinovodne mreže zaokružuje se plinski »prsten«, tako da potrošači sjeverne Hrvatske imaju na raspolaganju dovoljne i sigurne količine zemnog plina.

Plinski sistem SR Hrvatske raspolagat će plinom uvezenim iz SSSR-a, zatim iz plinskih bušotina između Save i Drave i tzv. separiranim naftnim plinom iz naftnih polja koji se doprema iz kompresorskih stanica.

U srpnju ove godine već je otpočela isporuka zemnog plina iz Sovjetskog Saveza. U 1978. godini planiran je uvoz 180 milijuna m^3 prirodnog plina. Uvoz će se povećati u 1979. na oko 400 milijuna, a u 1980. godini na oko 600 milijuna m^3 plina.

I. R.

ELEKTRA KRIŽEVCI

OSNOVNA ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA

ELEKTRE ZAGREB

TRG KALNIČKIH PARTIZANA 3

Telefon: 74-322, 74-074, 74-100

Nove knjige

TIETZE - SCHENK: HALBLEITER - SCHALTUNGSTECHNIK Četvrto prerađeno i prošireno izdanje. Izdavač Springer-Verlag, Berlin-Heidelbnerg-New York 1978, 715 strana, 804 slike. Uvezana, DM 98.-, US Dolara 49.-

Elektronika je već odavno prešla okvire dojavne tehnike i obrade podataka, pa se danas upotrebljava svagdje gdje se nešto mjeri, upravlja ili regulira. Ova će knjiga pomoći da se razumije djelovanje pojedinih gotovih sklopova odnosno omogućiti da se sastave novi.

Knjiga je podijeljena u dva dijela. Prvi je dio uvod u tehniku poluvodičnih sklopova i više je namijenjena fizičarima i studentima visokih škola. To je u stvari materija koja se predaje dva semestra u okviru predmeta »Tehnička elektronika«.

Drugi je pak dio namijenjen stručnjacima u praksi, kao i studentima viših semestara. Taj dio prvenstveno obrađuje integrirane krugove. Poglavlja drugog dijela tako su koncipirana, da se mogu čitati svako za sebe. Oba dijela imaju 27 poglavlja.

Najprije su razjašnjene upotrebljavane veličine, zatim su obrađeni RC i LRC krugovi, pa diode, a u 4. poglavlju tranzistori. Slijedeće 5. poglavlje se bavi tranzistorima s efektom polja, zatim slijede poglavlja koja obrađuju unutarnju konstrukciju računskog pojačala, relaksacione sklopove, logične sklopove i optoelektroničke sastavne elemente.

Drugi dio počinje s poglavljem 11 koje razmatra linearne i nelinearne analogne sklopove. Zatim slijede poglavlja o upravljivim izvorima (12.) aktivnim filterima (13.), široko pojavnim pojačalima (14.), pojačalima snage (15.), napajanje strujom (16.), analognim sklopkama i komparatorima (17.), generatorima signala (18), kombinatornoj logici (19), uređajima za sklapanje (20), unikorprocesorima (21), digitalnim filterima (22), prijenosu podataka (23), AD i DA pretvaračima (24), mjernim krugovima (25) i na kraju o elektroničnim regulatorima (26).

U posljednjem 27. poglavlju dan je popis s adresama proizvođača i distributera poluvodiča u Njemačkoj, a zatim slijedi popis literature.

Kao što se iz iznesenog kratkog pregleda vidi, knjiga je vrlo interesantna i korisna za široki krug stručnjaka i studenata koji se bave elektronikom.

W. JORDAN - H. URBAN: STRUKTURIERTE PROGRAMMIERUNG Izdavač: Springner-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1978. 252 stranice, 247 slika, 7 tabela. Broširano, cijena DM 54.-

Knjiga se bavi danas najuspješnijim metodama razvijanja softvera strukturalnog programiranja. Čitalac se na temelju jednostavnih primjera uvodi u metode. Knjiga je namijenjena organizatorima obrade podataka, programerima i savjetnicima koji se bave razvojem softvera.

Knjiga ima ukupno 6 poglavlja. Nakon uvoda u 2. poglavlju iznijete su metode strukturalnog programiranja. Način prikazivanja (dijagrami općenito, dijagrami toka) obrađeni su u 3. poglavlju. U 4. se pa poglavlju govori o jezicima za programiranje (COMBOL, FORTRAN, COLUMBUS). 5. poglavlje sadrži primjere za vježbu iz izloženog gradiva.

Posljednje pak poglavlje obrađuje mogućnosti i način razvoja softvera.

Knjiga je pisana pregledno i jednostavno, a izabran je prikladan način da je čitalac brzo prihvaća. Za razumijevanje knjige nije potrebna posebna stručnost, ali se preporuča osnovno znanje iz obrade podataka.

GRUPA AUTORA: HÜTTE Taschenbücher der Technik, Elektrische Energietechnik, Band 2, GERATE. Izdavač: Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 29. izdanje, 1978. 401 stranica, 272 slike, 69 tablica. Tvrdo ukoričeno, format 148x21 DM 88.- ili US Dolara 44.-

Poznati inženjerski priručnik Hütte izmijenio je za ovo 29. izdanje svoju koncepciju, pa će izaći niz svezaka pod imenom elektroenergetika (Elektrische Energietechnik) u slijedećim svescima.

Strojevi, Naprave, Mreže, Primjena. Ova knjiga je drugi svezak, koji obrađuje naprave i to u 5 poglavlja:

1. Usmjerivači
2. Transformatori, prigušnice, mjerni transformatori i odvodnici prenapona.
3. Kondenzatori snage
4. Direktna konverzija energije
5. Uređaji fizike visokih energija

Drugi svezak, o kojemu je riječ, počinje s uvodnim poglavljem, gdje je dan pregled oznaka u formulama, veličina i jedinica, zatim je dan pregled odgovarajućih DIN normi i VDE propisa te spojnih simbola po DIN.

Usmjerivačima je posvećena skoro polovina knjige. To je učinjeno s toga, što usmjerivači dobivaju sve veće značenje u energetskoj elektronici. Uz teoretske osnove obrazložena je komutacija, upravljanje, frekventno upravljanje prvenstveno naravno za tiristorske usmjerivače. Dan je pregled najrazličitijih spojeva mostova i pomoćnih uređaja. Također su opisani usmjerivački transformatori i pomoćni uređaji usmjerivača, potreba jalove snage i problem viših harmonika. Na kraju poglavlja dan je opširan pregled literature, što je učinjeno i na kraju ostalih poglavlja.

Drugo poglavlje počinje spojevima i teorijom transformatora, te je dan kompletan sažeti pregled transformatorske problematike. Isto se poglavlje nastavlja pregledom prigušnica, a prigušenje kratkog spoja, Petersenovih prigušnica i transduktora. Zatim se nastavlja pregledom mjernog transformatora, a poglavlje završava razmatranjem odvodnika prenapona.

Treće je poglavlje posvećeno kondenzatorima snage. Opisane su konstrukcije, spojevi, upotreba i uloga kondenzatora kao filtera i primjena serijskih kondenzatora.

U četvrtom se poglavlju govori o akumulatorima, primarnim ćelijama i direktnoj pretvorbi energije. Pod primarnim ćelijama obuhvaćene su ćelije s alkaličnim elektrolitom, cink/zrak ćelije i Westonovi normalni elementi.

Zatim slijedi opis ćelija vesoke energije te gotovih elemenata (s vodikom, metanolom, hidrazinom itd.), termoelemenata, radionuklid baterija, termionih koncetera, MHD generatora i solarnih ćelija.

U petom su poglavlju opisani uređaji potrebni u fizici visoke energije kao različiti akceleratori, magneti za otklanjanje snopa i elementi za fokusiranje.

Materija je u knjizi dana u sažetom i preglednom obliku, pa se kao vrlo dobar priručnik može preporučiti širokom krugu stručnjaka koji dolaze u kontakt s obrađenim uređajima.

B. M.

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

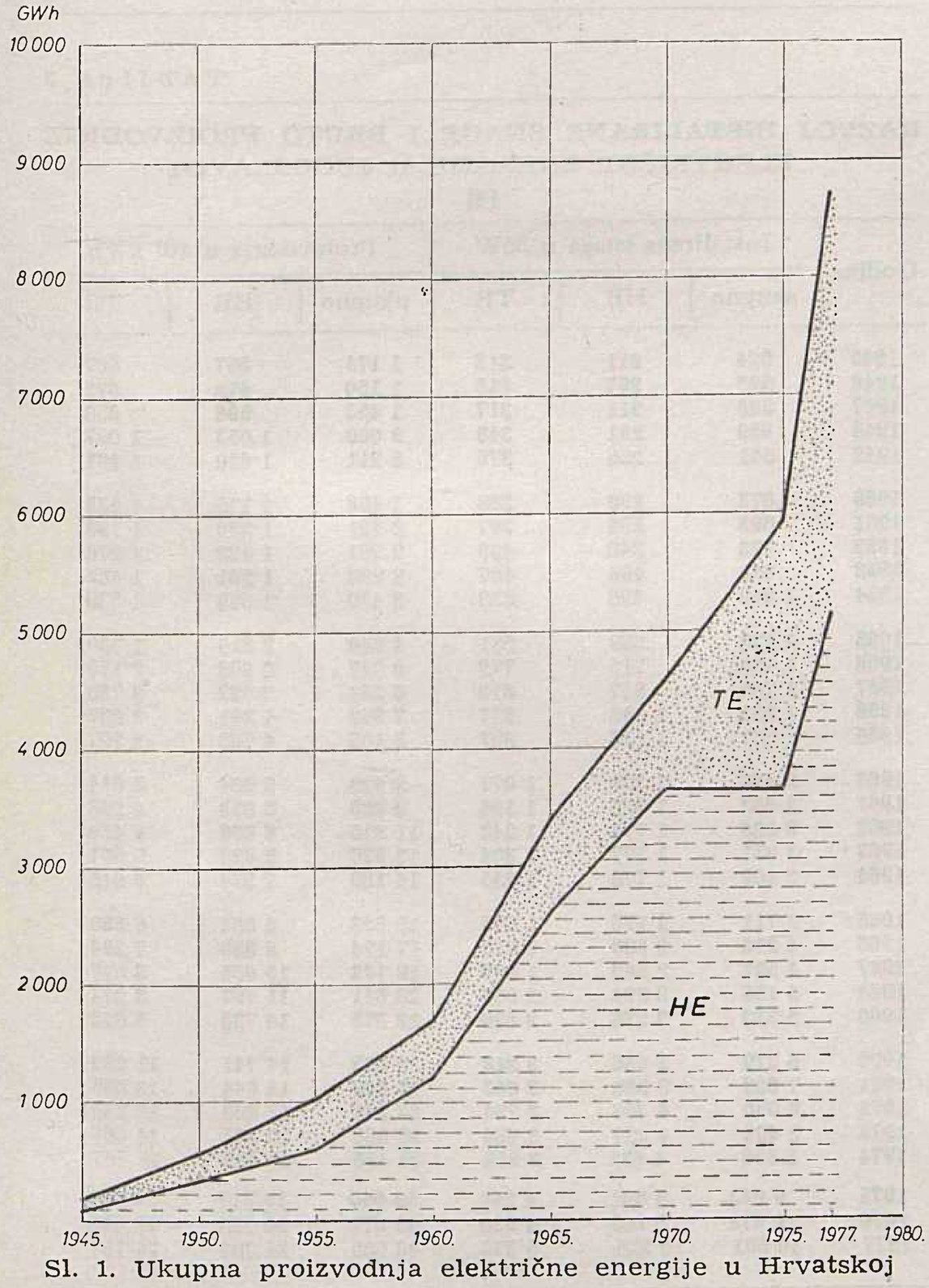
Tablica 1

OSNOVNI PODACI ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
po stanju od 31. XII 1977. [2]

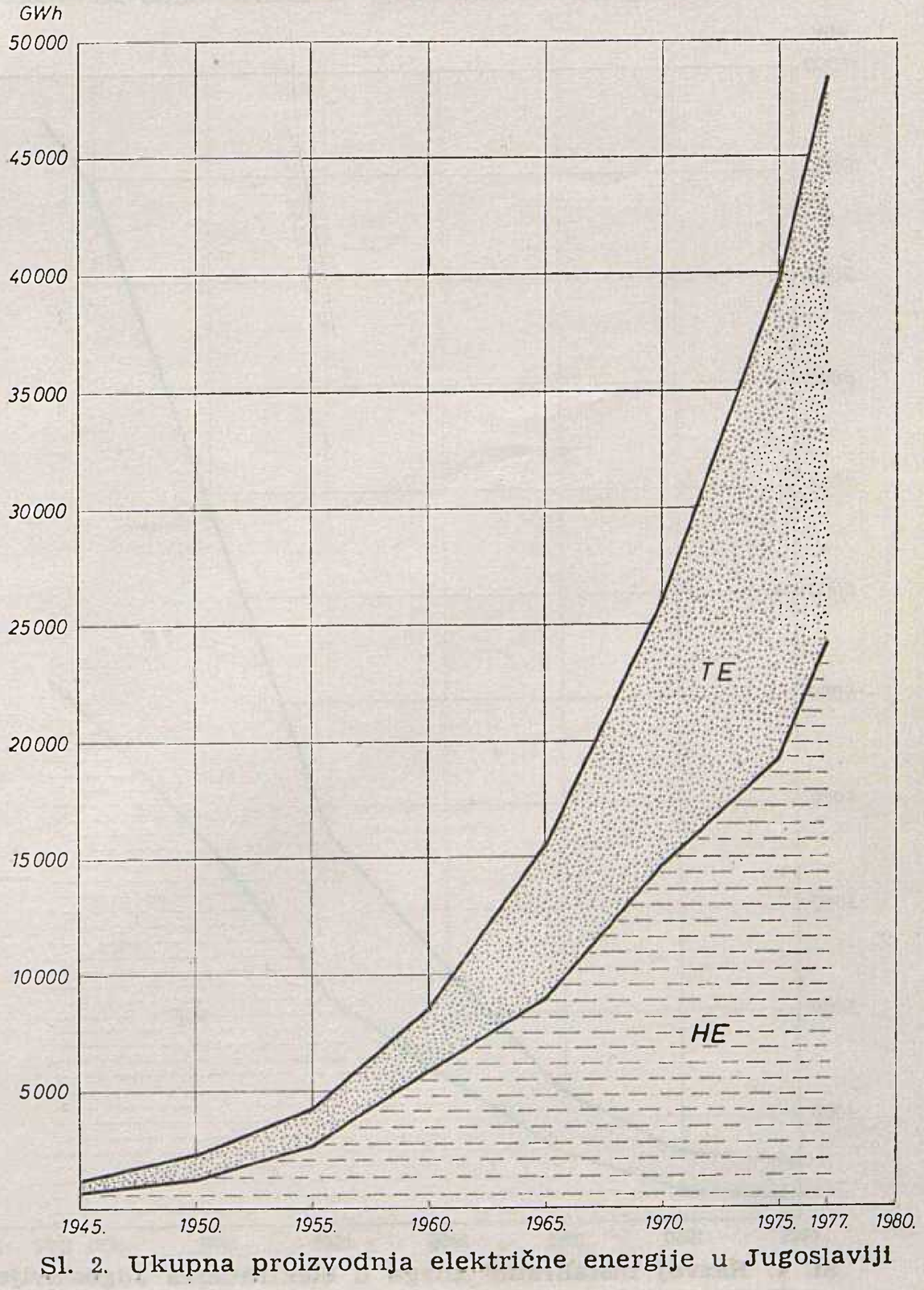
Naziv postrojenja			1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Hidroelektrane		broj	17	17	17	19	19	20	21	21
	snaga	MW	777,7	777,7	777,7	1023,6	1024	1310	1200	1200
	od toga Udružene	MW	761,6	761,6	761,6	1007,5	1007	1213	1185	1185
Termoelektrane		broj	40	40	40	40	41	41	41	41
	snaga	MW	556,4	568,4	568,4	568,4	768	836	887	877
	od toga Udružene	MW	479,4	491,4	491,4	491,4	691	800	771	720
Ukupno elektrane		MW	1334,1	1346,1	1346,1	1592,0	1792	2146	2087	2077
Transformatorske stanice:										
220/110 kV		broj stanica	5	5	5	6	6	6	6	6
		broj transformatora	7	7	8	11	11	11	12	12
		snaga MVA	1000	1000	1150	1600	1600	1600	1800	1450
110/30—50 kV		broj stanica	34	36	42	44	46	50	71	59
		broj transformatora	57	68	79	80	82	86	137	114
		snaga MVA	1441	1586	1920	1980	2060	2140	3118	3018
30—50/3—10 kV		broj stanica	241	249	258	270	280	286	280	245
		broj transformatora	449	458	462	487	510	520	497	476
		snaga MVA	1732	1851	1930	2010	2090	2130	2104	2172
3—10 kV / niski napon		broj stanica	10480	10876	11320	11625	11927	11963	13915	12262
		broj transformatora	11763	12004	12460	12860	13262	13421	14188	13500
		snaga MVA	2220	2276	2410	2910	3450	3636	3210	2648
Dalekovodi:										
380 kV		km								271
220 kV		km	874	949	976	1158	1158	1251	1065	1125
110 kV		km	2062	2110	2384	2483	2533	2539	3384	3143
50—30 kV		km	3305	3547	3651	3725	3799	3814	3682	3297
10—3 kV		km	16967	17860	18630	19320	20010	20546	21050	18913
niski napon		km	34749	35750	36685	37340	37995	38415	43750	36403
Vršno opterećenje SRH		MW	1004	1126	1208	1227	1271	1576	1595	1673

Mrežni transformatori u HE i TE uključeni su u transformatorskim stanicama 220/110 i 110/30—50 kV.

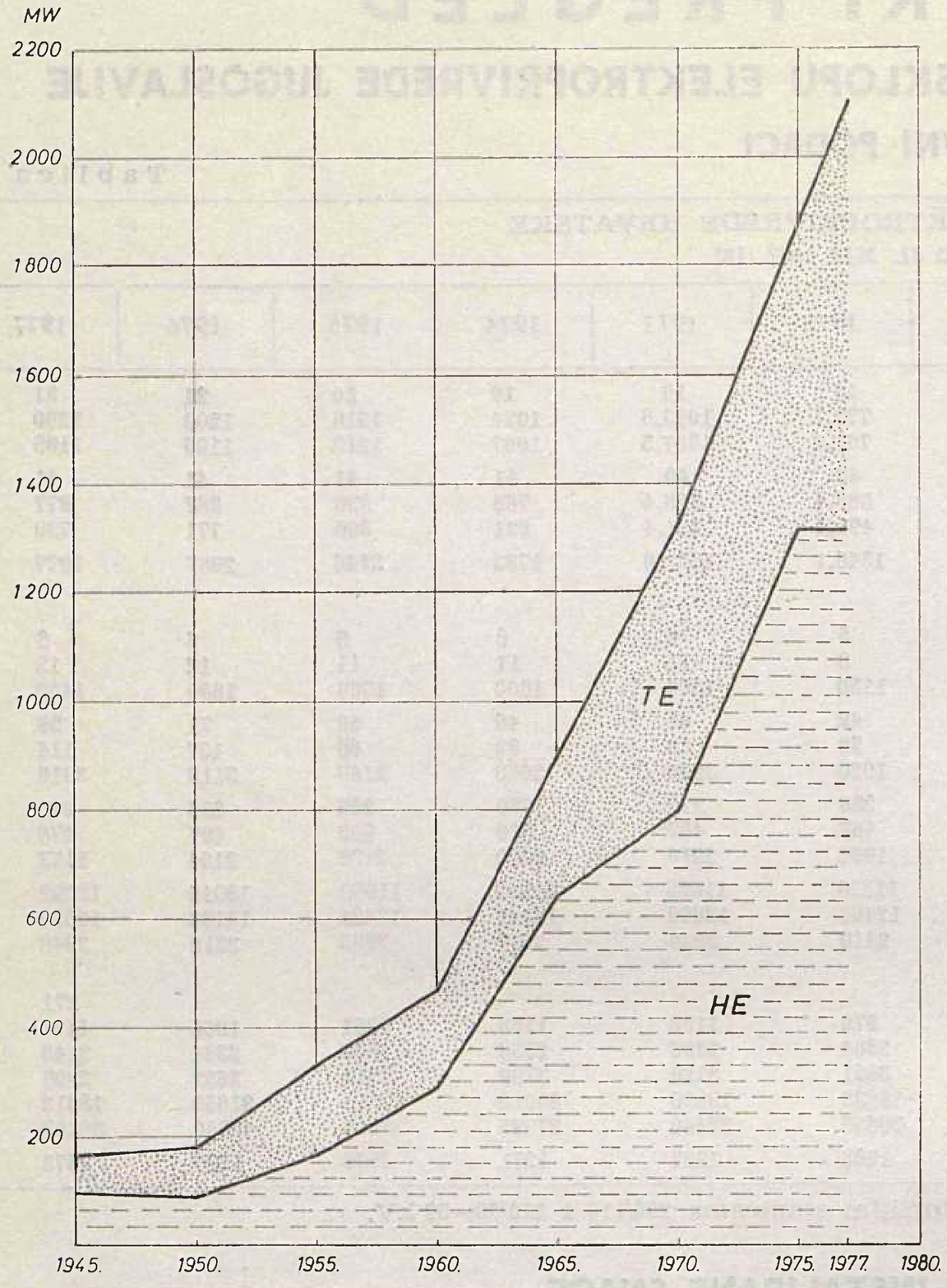
PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE



Sl. 1. Ukupna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj



Sl. 2. Ukupna proizvodnja električne energije u Jugoslaviji

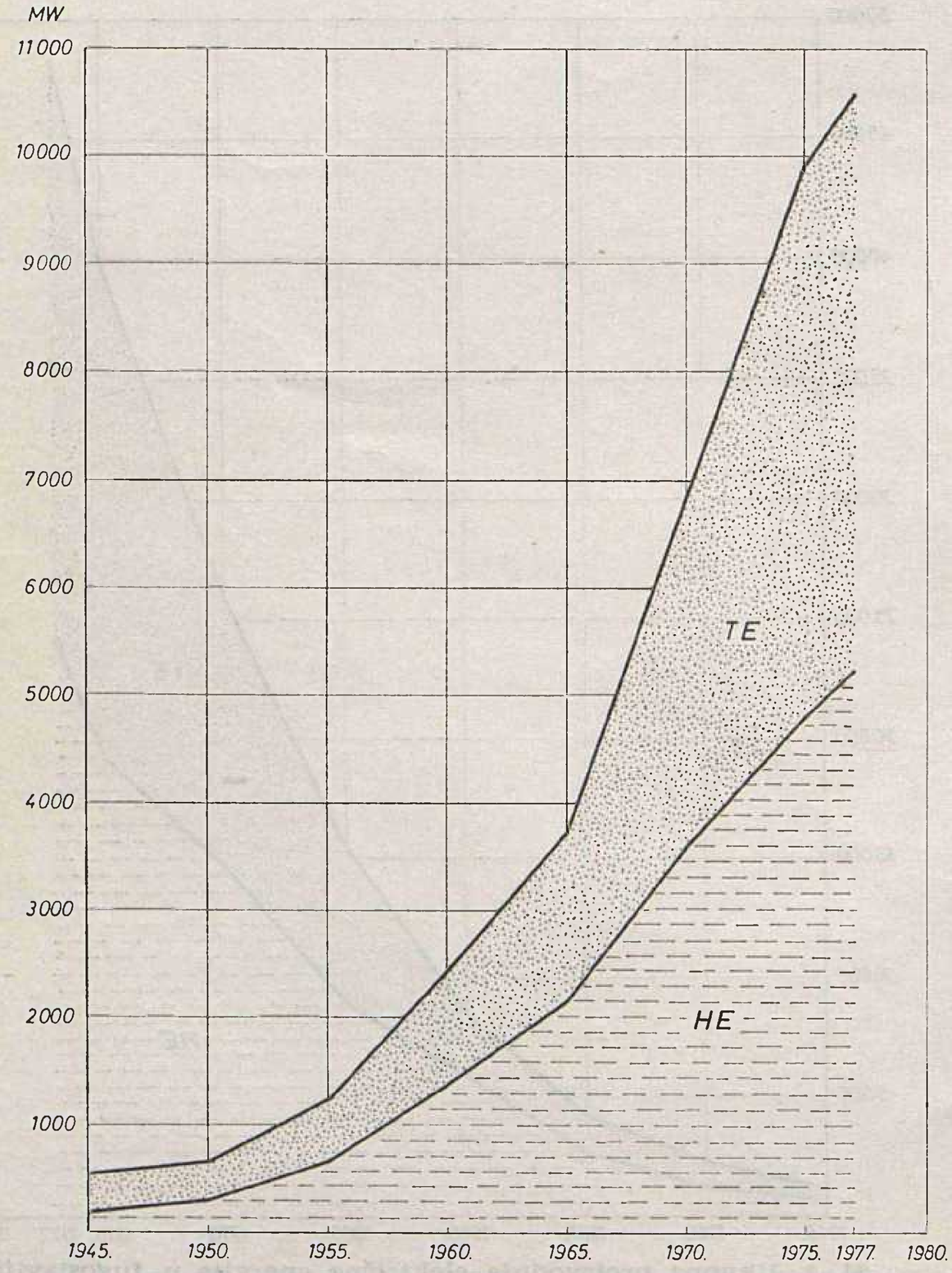


Sl. 3. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Hrvatske

Tablica 2

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ
[4]

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
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	895	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	1 334	798	595	4 622	3 656	966
1971	1 393	798	595	4 957	3 232	1 725
1972	1 363	798	565	5 500	3 718	1 782
1973	1 577	1 012	565	5 334	2 640	2 694
1974	1 577	1 012	565	6 299	4 233	2 066
1975	1 878	1 313	565	5 939	3 641	2 298
1976	2 198	1 313	885	7 644	4 566	3 078
1977	2 198	1 313	885	8 738	5 159	3 579



Sl. 4. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Jugoslavije

Tablica 3

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI
[4]

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1945	524	211	313	1 174	567	607
1946	523	207	316	1 150	478	672
1947	528	211	317	1 453	595	858
1948	629	281	348	2 060	1 053	1 007
1949	661	285	376	2 211	1 020	1 191
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1951	693	296	397	2 551	1 358	1 193
1952	772	342	430	2 701	1 423	1 278
1953	893	406	487	2 983	1 501	1 482
1954	1 049	496	553	3 440	1 810	1 630
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1956	1 488	715	773	5 047	2 869	2 178
1957	1 760	947	813	6 252	3 522	2 730
1958	1 895	1 058	837	7 358	4 301	3 057
1959	1 967	1 130	837	8 105	4 708	3 397
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
1961	2 662	1 536	1 126	9 925	5 659	4 266
1962	3 026	1 778	1 248	11 315	6 896	4 419
1963	3 081	1 777	1 304	13 536	8 029	5 507
1964	3 109	1 774	1 335	14 189	7 574	6 615
1965	3 711	2 176	1 535	15 523	8 985	6 538
1966	4 243	2 533	1 710	17 174	9 880	7 294
1967	4 527	2 589	1 938	18 702	10 655	8 047
1968	5 155	3 094	2 065	20 641	11 767	8 874
1969	5 522	3 226	2 296	23 375	14 733	8 642
1970	6 879	3 636	3 243	26 023	14 741	11 282
1971	7 623	3 980	3 643	29 509	15 644	13 865
1972	8 090	4 306	3 784	33 241	17 982	15 249
1973	8 408	4 624	3 784	35 063	16 395	18 668
1974	8 570	4 602	3 968	39 456	20 659	18 797
1975	9 043	4 801	4 242	40 040	19 317	20 723
1976	10 073	5 143	4 930	43 573	20 555	23 018
1977	10 601	5 226	5 375	48 580	24 384	24 197

Tablica 4

INSTALIRANE SNAGE ELEKTRANA 1977. PO REPUBLIKAMA
u MW [4]

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
SFRJ	10 601	9 936	665	5 226	5 106	120	5 375	4 830	545
Bosna i Hercegovina	1 605	1 456	149	564	544	20	1 041	912	129
Crna Gora	618	590	28	597	590	7	21	—	21
Hrvatska	2 198	2 062	136	1 313	1 293	20	885	769	116
Makedonija	406	349	57	366	349	17	40	—	40
Slovenija	1 743	1 666	77	552	524	28	1 191	1 142	49
Srbija	4 013	3 813	218	1 834	1 806	28	2 197	2 007	190

Tablica 5

BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1977. PO REPUBLIKAMA
u GWh [4]

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
SFRJ	48 580	45 644	2 937	24 384	23 826	558	24 197	21 818	2 379
Bosna i Hercegovina	9 604	8 782	822	4 021	3 868	153	5 583	4 914	669
Crna Gora	2 173	2 100	74	2 130	2 100	30	44	—	44
Hrvatska	8 738	8 344	394	5 159	5 110	49	3 579	3 234	345
Makedonija	1 257	1 070	187	1 146	1 070	76	111	—	111
Slovenija	6 732	6 244	488	2 734	2 580	154	3 998	3 664	334
Srbija	20 076	19 104	972	9 194	9 098	96	10 882	10 006	876

Tablica 6

SPECIFIČNA BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI
kWh po stanovniku [4]

Godina	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
1946.	75	...	...	...	...	...	...
1947.	93	...	...	...	...	...	...
1948.	130	58	5	131	21	601	79
1949.	137	77	10	138	24	603	86
1950.	147	91	15	130	37	636	89
1951.	154	93	22	154	48	673	92
1952.	161	100	24	160	50	699	97
1953.	175	110	33	181	55	743	106
1954.	199	134	96	204	71	849	116
1955.	247	219	59	253	94	1 014	132
1956.	283	255	69	247	103	1 233	162
1957.	347	367	77	261	170	1 484	197
1958.	404	466	88	282	230	1 603	244
1959.	439	563	93	334	266	1 692	290
1960.	484	561	304	404	295	1 692	290
1961.	533	589	725	373	320	2 006	318
1962.	597	578	994	555	313	2 008	364
1963.	706	680	1 837	707	314	2 133	423
1964.	736	790	1 866	685	375	1 982	477
1965.	796	850	1 693	792	389	2 177	506
1966.	870	916	1 676	928	418	2 137	585
1967.	937	1 015	1 571	913	513	2 197	694
1968.	1 024	1 201	1 769	938	436	2 354	778
1969.	1 149	1 302	2 101	1 033	563	2 721	865
1970.	1 268	1 435	1 818	1 051	754	2 844	1 043
1971.	1 439	1 702	1 679	1 121	727	2 573	1 381
1972.	1 602	1 716	1 605	1 237	548	3 112	1 641
1973.	1 673	1 784	1 322	1 196	697	3 110	1 795
1974.	1 852	1 977	1 788	1 404	860	3 358	1 960
1975.	1878	2 070	1 357	1 318	569	3 699	2 006
1976.	2 025	2 135	2 363	1 556	550	3 736	2 078
1977.	2 237	2 357	3 806	1 928	688	3 755	2 250

Tablica 7

RAZVOJ PROIZVODNJE NA GENERATORU I RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE
SR HRVATSKE
u GWh [1] [2]*

Godina	Proizvodnja												Ukupna razmjena (saldo)			Raspoloživo bruto
	Hrvatska			Udružene elektrane			Distr. i lokalne			Industr. elektrane						
	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	tuzemna	inozemna	
1939.	432	276	156	351	257	94	3	1	2	78	18	60	55	55	—	487
1945.	224	93	133	169	84	85	3	—	3	52	9	43	68	68	—	292
1946.	273	134	139	202	122	80	3	—	3	68	12	56	140	140	—	413
1947.	378	184	194	281	168	113	4	1	3	94	16	78	127	127	—	506
1948.	497	305	192	390	285	105	4	1	3	103	19	84	162	162	—	659
1949.	524	303	221	415	286	129	4	1	3	105	16	89	191	190	1	715
1950.	556	327	229	446	311	135	4	1	3	106	15	91	225	225	—	781
1951.	591	378	213	475	359	116	4	1	3	112	18	94	266	266	—	857
1952.	623	417	206	504	398	106	5	1	4	114	18	96	249	236	13	872
1953.	716	460	256	571	441	130	6	1	5	139	18	121	212	210	2	928
1954.	810	456	354	610	438	172	6	1	5	194	17	177	210	195	15	1020
1955.	1025	591	434	781	569	212	6	2	4	238	20	218	254	254	—	1279
1956.	1007	564	443	741	546	195	6	2	4	260	16	244	398	397	1	1405
1957.	1075	637	438	830	620	210	5	2	3	241	16	225	579	579	—	1655
1958.	1169	672	497	930	654	276	4	1	3	235	17	218	739	792	—53	1908
1959.	1392	854	539	1129	835	294	5	1	4	258	18	240	714	771	—57	2106
1960.	1671	1197	474	1412	1176	236	6	2	4	253	19	234	622	716	—94	2293
1961.	1555	1102	453	1333	1087	246	5	2	3	217	13	204	977	1051	—74	2532
1962.	2331	1903	428	2122	1888	234	5	—	5	204r	15	189r	480	519	—39	2814
1963.	3089	2311	778	2792	2212	580	90	83	7	207	16	191	286	348	—62	3375
1964.	2910	2068	842	2555	1976	579	106	74	32	249	18	231	519	558	—39	3429
1965.	3430	2620	810	3040	2513	527	90r	86	4r	300r	21	279r	374	413r	—39	3804r
1966.	4000	3254	746	3616	3158	458	77r	74r	3	304r	19r	285r	171	187r	—16	4168r
1967.	3962	3183	779	3580	3098	482	70r	70r	—	312r	15	297r	516	502r	+14	4478r
1968.	4091	3301	789	3707	3211	496	77	77	—	306	13	293r	815	817r	— 2r	4905r
1969.	4520	3979	541	4155	3881	274	84	84	—	281	14	267	904	921	—17	5424
1970.	4692	3726	966	4362	3640	722	73	73	—	257	13	244	1303	1351	—48	5995
1971.	4953	3229	1724	4606	3152	1454	66	66	—	281	11	270	1509	1579	—70	6462
1972.	5509	3727	1782	5166	3632	1534	80	80	—	263	15	248	1505	1505	—	7014
1973.	5333	2640	2693	4971	2569	2401	61	61	—	302	10	292	2018	1975	43	7352
1974.	6281	4226	2055	5916	4119	1797	85	85	—	280	22	258	2262	2359	—97	8543
1975.	5922	3626	2296	5501	3538	1963	77	77	—	344	11	333	3188	2472	+716	9110
1976.	7633	4555	3078	7199	4466	2733	74	74	—	360	15	345	1908	1681	+227	9541
1977*	8782	5204	3578	8350	5114	3236	75	75	—	357	15	342	1419	1463	—44	10201

Do uključivo 1962. nalazile su se distributivne elektrane u sastavu udružene elektroprivrede
Od 1965. uključeno 22% sistema HE Trebišnjice

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 8

MEĐUREPUBLIČKA RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1977.
u MWh [4]

Primila / predala	Ukupno	Bosna i Hercegovina	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Ukupno	6 999	67	1 092	1 431	2 225	873	1 311
B i H	2 186	—	45	1 302	—	795	44
Crna Gora	1 218	1	—	—	—	—	1 217
Hrvatska	132	48	—	—	—	73	11
Makedonija	18	—	—	—	—	—	18
Slovenija	75	6	—	48	—	—	21
Srbija	3 370	12	1 047	81	2 225	5	—

Tablica 9

RAZMJENA IZMEĐU PODRUČJA UNUTAR HRVATSKE
u MWh [1] [2]*

Godina	Split			Rijeka			Osijek		Zagreb		
	daje	prima	saldo	daje	prima	saldo	daje	prima	prima	daje	saldo
1966.	688 723	16 465	672 258	309 946	184 983	124 963	—	—	971 743	—	971 743
1967.	763 610	19 863	743 747	452 181	222 894	229 287	—	—	1 129 391	—	1 129 391
1968.	422 680	80 823	341 857	476 431	39 679	436 752	—	—	1 107 306	—	1 107 306
1969.	541 961	9 711	532 250	666 311	1 962	664 349	—	—	1 621 924	—	1 621 924
1970.	397 780	57 158	340 622	817 467	120 497	669 970	—	—	1 495 499	—	1 425 499
1971.	215 769	69 211	146 558	502 524	29 890	472 643	—	—	1 054 904	—	1 054 904
1972.	103 082	52 774	50 308	683 827	22 079	661 748	—	245 413	466 643	—	466 643
1973.	294 541	12 567	281 974	93 423	731 856	—638 433	—	299 630	56 829	—	56 829
1974.	29 846	391 822	362 036	663 638	18 569	—645 069	—	218 708	64 325	—	64 325
1975.	—	143 000	143 000	474 000	—	—474 000	2 984	218 723	453 000	—	453 000
1976.	38 948	880 915	841 967	735 844	2 086	—733 758	6 523	209 174	570 976	122 923	448 054
1977.*	69 000	587 000	518 000	686 000	96 000	—590 000	45 000	228 000	143 000	42 000	212 000

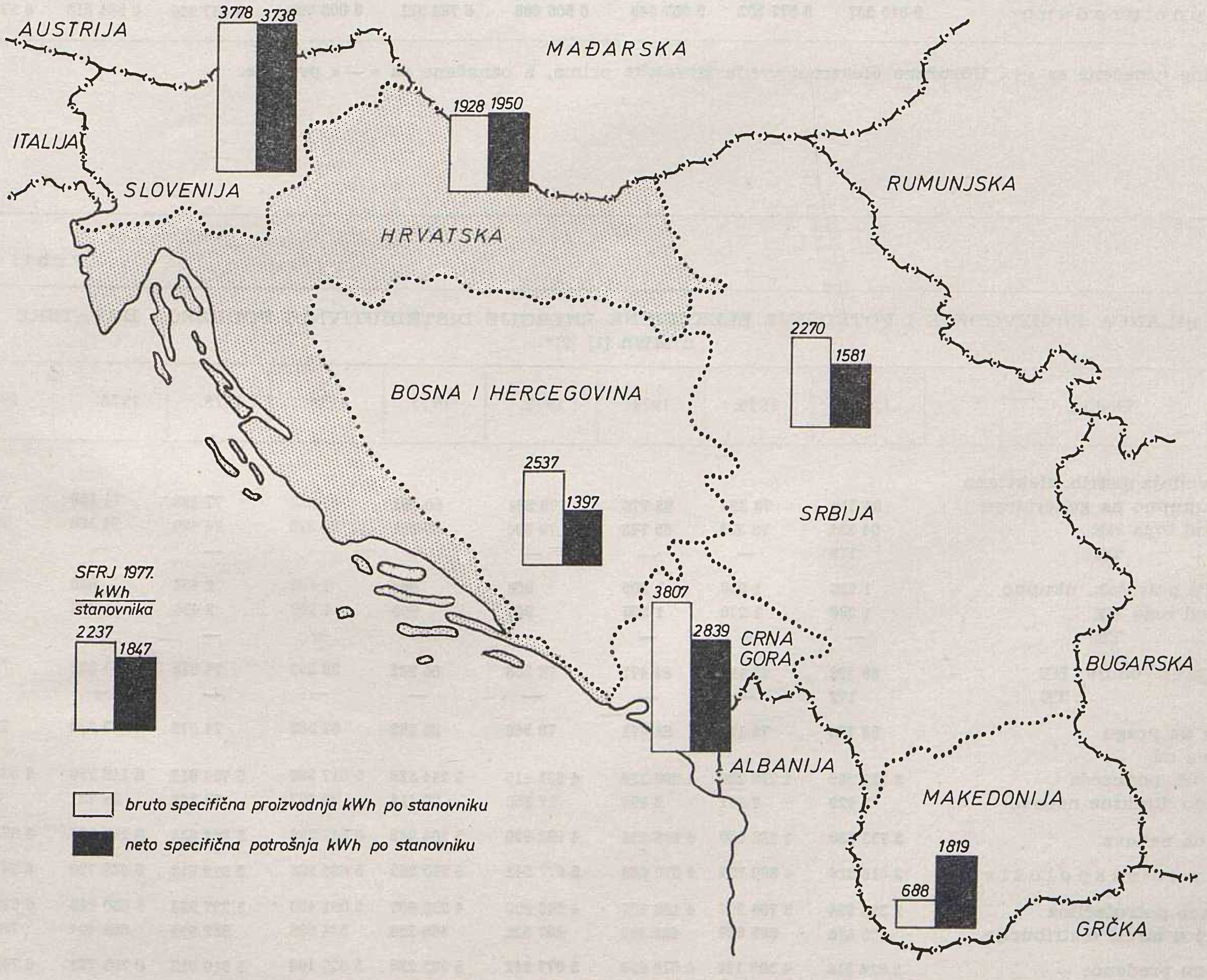
Razmjena između područja unutar Hrvatske vodi se tek od osnivanja združenih poduzeća u Splitu, Rijeci i Zagrebu 1966., te Osijeka 1972. godine.

Tablica 10

RAZVOJ RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE SRH
u GWh [2]

Razmjena	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
Nabava iz Slovenije	234,9	263,3	169,3	321,6	32,2	95,4	85,2	15,4	166,0	46,0	48,0
Predaja u Sloveniju	484,6	589,7	322,9	421,3	992,9	92,2	28,1	50,9	26,0	26,0	66,0
	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—
Saldo	249,7	326,5	153,5	99,7	960,7	3,2	57,1	35,5	140,0	20,0	18,0
Nabava iz Bosne	792,9	1189,4	1127,3	1492,9	2575,1	1565,1	1925,0	2397,4	2401,0	1689,0	1510,0
Predaja u Bosnu	51,6	51,9	56,5	42,6	40,7	63,2	6,2	2,1	75,0	18,0	37,0
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saldo	741,3	1137,5	1070,8	1450,3	2534,4	1460,7	1918,8	2395,3	2326,0	1671,0	1473,0
Nabava iz inozemstva	16,6	8,3	1,7	0,1	1,5	—	42,6	50,0	739,0	331,0	55,0
Predaja u inozemstvo	2,8	9,8	18,2	48,1	71,8	0,1	0,0	146,6	23,0	104,0	100,0
	+	—	—	—	—	—	+	—	+	+	—
Saldo	13,9	1,5	16,6	48,1	70,3	0,1	42,6	96,6	716,0	227,0	45,0
Ukupno nabava	1044,5	1461,0	1298,0	1814,5	2608,8	1660,5	2052,8	2462,8	3306,0	2066,0	1613,0
Izvoz i predaja	539,0	651,4	397,5	512,0	1105,4	155,4	34,3	199,6	124,0	148,0	203,0
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Saldo razmjene	505,5	809,5	900,8	1302,6	1503,4	1505,1	2018,5	2263,2	3182,0	1918,0	1410,0

U tablici je sadržana razmjena na svim naponima. Razmjena sa SR Crnom Gorom i SR Srbijom uključena u SR BiH.



Sl. 5. Specifična proizvodnja i potrošnja električne energije (kWh/stanovnik)

POTROŠNJA I BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 11

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
u MWh [1] [2]*

Godine	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
Proizvodnja na generatoru	4 154 663	4 362 092	4 606 147	5 166 161	4 971 261	5 916 047	5 501 120	7 198 534	8 349 650
Vlastiti potrošak	51 537	89 996	156 548	164 588	207 289	173 553	174 369	223 429	248 852
Proizvodnja na pragu	4 103 126	4 272 096	4 449 599	5 001 573	4 763 972	5 742 494	5 326 751	6 975 105	8 100 798
Razmjena saldo	+ 900 756	+1 302 564	+1 503 437	+1 505 112	2 018 526	2 262 743	3 187 355	1 937 536	1 411 938
sa Slovenijom	— 153 510	— 99 675	— 960 733	+ 3 213	57 098	35 576	121 140	19 155	
sa Bosnom	+1 070 816	+1 450 290	+2 534 449	+1 501 975	1 643 073	1 905 256	1 990 487	1 565 362	
sa inozemstvom	— 16 550	— 48 051	— 70 279	— 76	42 626	96 715	715 182	227 122	
sa Srbijom					241 642	437 063	345 216	122 447	
sa Crnom Gorom					34 105	52 720	15 330	4 530	
sa Makedonijom								— 1 080	
Nabava od:									
distributivnih elektrana	—	—	—	—	—	—	—	—	
industrijskih elektrana	6 375	2 842	4 804	—	1 823	857	23 824	21 347	—
Razmjena i nabava, ukupno	907 131	1 305 406	1 508 241	1 505 112	2 020 349	2 263 605	3 211 179	1 958 913	1 411 938
Ukupno raspoloživo	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685	6 784 321	8 006 099	8 537 930	8 934 018	9 512 736
Predano:									
distributivnim poduzećima	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416	5 244 849	5 517 389	5 784 918	6 149 776	6 663 891
direktnim potrošačima	1 002 755	1 088 536	1 084 034	1 191 871	1 207 894	2 107 664	2 393 023	2 456 979	2 510 726
distribuciji B i H					64 398	56 246	47 095	23 813	1 422
Svega predano	4 729 264	5 307 645	5 680 372	6 173 287	6 517 141	7 681 299	8 225 036	8 630 568	9 176 039
Gubici u prijenosu na 220 i 110 kV	280 993	269 857	277 468	333 398	267 180	324 800	312 894	303 447	336 697
Ukupno predano	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685	6 784 321	8 006 099	8 537 930	8 934 018	9 572 736

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

Tablica 12

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNIH PODUZEĆA HRVATSKE
u MWh [1] [2]*

Godine	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
Proizvodnja distrib. elektrana									
— ukupno na generatoru	84 514	73 394	65 776	79 834	60 891	84 525	77 429	74 168	75 349
od toga HE	84 335	73 394	65 776	79 834	60 891	84 525	74 429	74 168	75 349
TE	179	—	—	—	—	—	—	—	—
Vlastiti potrošak, ukupno	1 236	1 270	1 305	968	609	1 143	2 454	936	2 650
od toga HE	1 236	1 270	1 305	968	609	1 143	2 454	936	2 650
TE	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Neto proizvodnja: HE	89 099	72 124	64 471	78 866	60 282	83 382	74 975	73 232	72 699
TE	179	—	—	—	—	—	—	—	—
Svega na pragu	83 278	72 124	64 471	78 866	60 282	83 382	74 975	73 232	72 699
Nabava od:									
udruž. poduzeća	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416	5 244 529	5 517 389	5 784 918	6 148 776	6 663 891
saldo direktne nabave	7 029	8 891	9 850	17 250	20 414	25 397	59 720	74 731	9 175
Ukupna nabava	3 733 538	4 228 000	4 606 218	4 998 666	5 264 943	5 542 786	5 844 638	6 216 507	6 673 066
Ukupno raspoloživo	3 816 816	4 300 124	4 670 689	5 077 542	5 325 225	5 626 168	5 919 613	6 289 739	6 745 765
Predano potrošačima	3 390 984	3 794 267	4 188 167	4 590 020	4 855 997	5 091 480	5 337 528	5 630 245	6 025 330
Gubici u mreži distribucije	425 832	505 857	482 492	487 522	469 228	534 688	582 085	659 494	720 435
Ukupno predano:	3 816 816	4 300 124	4 670 659	5 077 542	5 325 225	5 626 168	5 919 613	6 289 739	6 745 765

Tablica 13

BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE
u GWh [4]

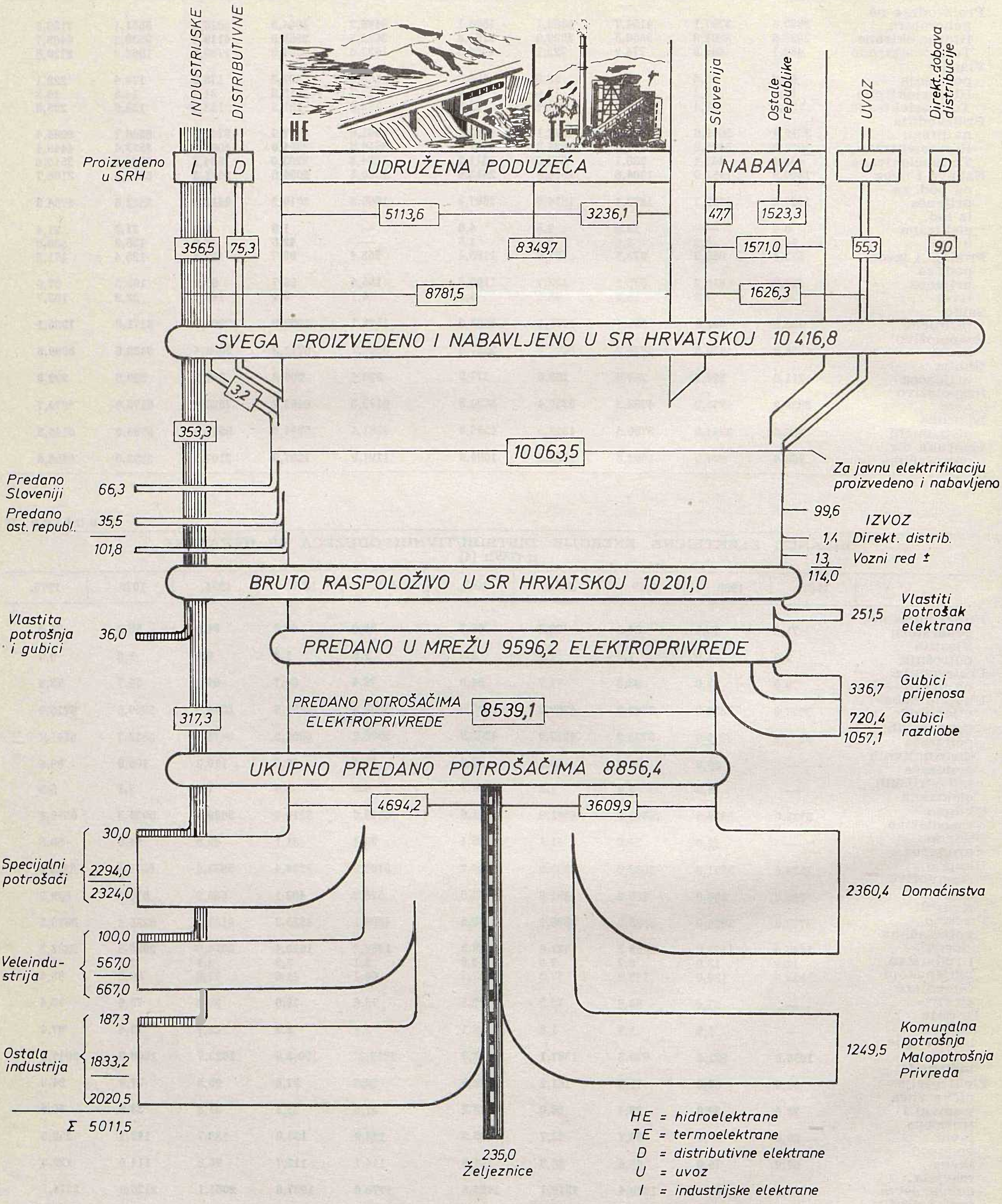
	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.
Proizvodnja na generatoru	3580,6	3707,1	4154,7	4362,1	4606,1	5166,2	4964,3	5916,0	5501,1	7186,5
Hidroelektrane	3098,5	3201,3	3880,5	3639,9	3151,8	3632,5	2569,5	4119,4	3538,2	4465,7
Termoelektrane	482,1	495,8	274,2	722,2	1454,3	1533,6	2394,8	1796,6	1962,9	2720,8
Vlastita potrošnja	64,2	65,5	51,5	90,0	156,5	164,6	207,3	173,5	174,4	222,1
Hidroelektrane	12,5	13,1	13,5	13,6	14,0	15,7	15,5	21,2	14,8	16,3
Termoelektrane	51,7	52,4	38,0	74,4	142,5	148,9	191,8	152,3	159,6	205,8
Proizvodnja na pragu	3516,4	3641,6	4103,1	4272,1	4449,6	5001,6	4757,0	5742,5	5326,7	6964,4
Hidroelektrane	3086,0	3198,2	3867,0	3624,3	3137,9	3616,8	2554,0	4098,2	3523,4	4449,4
Termoelektrane	430,4	443,4	236,1	647,8	1311,7	1384,8	2203,0	1644,3	1803,3	2515,0
Nabava i uvoz	1050,9	1461,0	1304,6	1816,9	2613,6	1660,5	2054,6	2461,3	3297,3	2106,7
od pod. za prijenos	1027,8	1452,7	1279,4	1814,0	2607,3	1660,5	2010,2	2413,5	2527,6	1754,5
iz ind. elektrana	6,4	—	23,6	2,8	4,8	—	1,8	0,9	31,5	21,4
uvoz	16,6	8,3	1,6	0,1	1,5	—	42,6	46,9	738,2	330,8
Prodaja i izvoz	517,1	629,0	373,5	481,8	1105,4	155,4	98,7	197,4	125,4	171,6
pod. za prijenos	514,3	619,2	355,3	433,7	1100,8	155,4	98,7	53,0	102,5	67,9
izvoz	2,8	9,8	18,2	48,1	4,6	0,1	0,0	143,7	22,9	103,7
Saldo razmjene	533,8	832,0	931,1	1335,1	1508,2	1505,1	1955,9	2263,9	3171,9	1935,1
Raspoloživo bruto	4050,2	4473,6	5034,2	5607,2	5957,8	6506,7	6712,9	8006,4	8498,6	8899,5
Gubici prijenosa	211,0	224,7	280,9	269,8	277,5	333,4	260,2	381,2	320,6	292,8
Raspoloživo neto	3839,2	4248,9	4753,3	5337,4	5680,3	6173,3	6452,7	7625,2	8178,0	8674,7
Isporuka distribuciji	305,8	3341,9	3750,5	4248,9	4596,3	4981,4	5244,8	5517,5	5785,0	6149,8
Isporuka dir. potrošačima	786,4	907,0	1002,8	1088,5	1084,0	1191,9	1207,9	2107,7	2393,0	2456,9

Tablica 14

BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNIH PODUZEĆA SR HRVATSKE
u GWh [4]

	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.
Proizvodnja na generatoru	71,0	78,0	84,5	72,8	66,3	80,0	62,0	84,9	75,8	74,2
Vlastita potrošnja	1,0	1,0	1,3	1,1	1,3	1,6	1,3	0,6	1,2	0,9
Proizvodnja na pragu	70,0	77,0	83,3	71,7	64,9	78,4	60,7	84,3	74,7	73,3
Ukupno nabavljeno od:	3053,0	3352,0	3763,5	4269,3	4596,5	5062,3	5258,9	5596,0	5850,6	6216,8
prijenosnih poduzeća	3053,0	3319,0	3725,9	4217,0	4261,9	5005,2	5202,5	5478,7	5533,7	6141,7
distributivnih poduzeća	—	29,0	34,0	45,1	29,9	52,6	52,8	110,2	109,8	69,5
industrijskih elektrana	—	4,0	3,6	7,2	4,7	4,5	3,6	7,0	7,1	5,6
Ukupno raspoloživo	3123,0	3429,0	3846,9	4341,0	4661,6	5140,6	5319,6	5680,4	5925,3	6290,1
Ukupno prodano:	—	22,0	24,8	41,1	35,4	35,4	31,1	42,9	54,8	59,6
Ukupno raspoloživo	3123,0	3401,0	3822,0	4299,9	4626,2	5105,3	5288,4	5637,4	5870,6	6230,5
Gubici u mreži	346,0	306,0	426,0	491,8	476,6	576,2	463,1	535,9	575,4	659,8
Predano potrošačima	2777,0	3095,0	3396,0	3808,1	4149,6	4589,1	4825,3	5101,5	5295,2	5570,5
Industrija	1185,0	1122,0	1099,3	1527,0	1679,2	1857,2	1629,4	2014,5	2083,8	2238,3
i rudarstvo	12,0	13,0	8,7	7,9	2,9	3,1	3,3	2,1	2,1	1,8
ugljenokopi	123,0	120,0	149,9	57,2	57,7	60,1	41,6	77,9	89,5	88,4
cementare										
elektro-kemija	—	67,0	68,6	72,9	72,7	75,6	78,8	88,0	78,0	76,4
elektro-metalurgija	—	1,0	1,7	1,8	2,1	2,1	2,2	22,7	23,4	27,4
ostala industrija	1050,9	921,0	870,3	1387,1	1543,8	1716,2	150,3,5	1823,7	1890,9	2044,3
Elektroželjez-ničke vuča	52,0	68,0	71,9	101,2	80,9	86,6	87,8	95,5	87,9	94,9
tramvaj i trolejbus	28,0	30,0	26,4	28,0	23,2	31,5	25,3	31,3	33,8	35,5
javni	60,0	86,0	86,7	92,7	105,5	124,9	122,6	132,7	143,1	150,6
vodovod	64,0	74,0	85,4	86,8	101,8	114,1	112,7	98,9	114,0	122,0
javna rasvjeta										
domaćinstva	1064,0	1200,0	1349,4	1519,7	1468,5	1770,0	1937,6	2061,1	2126,0	2224,1
posl. i društv. prostorije	140,0	296,0	411,8	212,0	291,1	256,0	448,9	329,7	350,6	349,4
motori i aparati	164,0	174,0	200,5	210,9	263,5	316,7	409,2	323,2	326,8	321,8
poljo-poljoprivreda	20,0	45,0	64,4	29,6	26,7	32,0	51,6	14,4	29,2	33,9
Opća potrošnja	1540,0	1905,0	2224,6	2179,7	2460,3	2645,2	3107,9	2991,3	3123,5	3237,3

TOK ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR HRVATSKOJ 1977.
milijuna kilovatsati



Sl. 6. Tok električne energije u SRH 1977. god.

Tablica 15

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ
u GWh [2]

Potrošači	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
Elektrokemija	308,1	399,3	486,8	494,8	456,1	533,8	465,8	567,4	537,0	532,0	522,0
Elektrometalurgija	334,4	295,1	328,9	326,0	321,1	345,5	415,4	1206,2	1442,0	1473,0	1506,0
Ostali ind. dir. pot.	148,3	150,5	163,2	180,7	191,6	179,9	169,1	153,2	434,0	240,0	296,0
Dir. ind. potr. ukupno	790,8	845,9	978,9	1001,5	968,8	1059,2	1050,3	1926,8	2393,0	2245,0	2324,0
Neindustr. dir. potroš.	—	—	23,8	87,0	115,4	132,7	141,6	135,0	6,0	4,0	2,0
Ugljenokopi	11,9	10,5						45,5	45,0	48,0	47,0
Cementare	123,4	135,1	1222,2	1333,3	1552,4	1776,0	1804,2	247,4	372,0	124,0	156,0
Ostala industrija	1049,8	1178,7						1478,3	1471,0	1997,0	2109,0
Industr. vlast. snabd.	304,8	273,0	255,8	250,9	271,3	258,7	293,5	280,1	344,0	360,0	357,0
Ukupna industrija	*2280,7*	*2443,4*	*2456,9*	*2585,7*	*2792,5*	*3093,9*	*3148,0*	*4113,4*	*4631,0*	4774,0	4995,0
Električne željeznice	52,2	61,4	90,8	140,0	169,9	180,2	192,0	226,6	352,0	219,0	235,0
Domaćinstva	1064,3	1175,6	1333,2	1496,8	1637,9	1772,3	1853,3	2060,2	2126,0	2224,0	2360,0
Komunalna potrošnja	150,4	178,0							275,0	473,0	572,0
Poljoprivreda	20,3	23,0	769,1	911,1	943,3	994,3	1070,6	1025,4	31,0	34,0	34,0
Ostali	305,0	340,6							401,0	632,0	642,0
Široka potrošnja	1592,0	1778,6	2102,3	2407,9	2581,2	2766,6	2923,9	3085,6	2833,0	3363,0	3608,0
Ukupno potrošači	*3872,9*	*4222,0*	*4650,0*	*5133,6*	*5543,6*	*6040,7*	*6263,9*	*7425,6*	*7816,0*	8360,0	8838,0
Vlastita potrošnja	66,6	96,3	67,6	91,3	157,8	165,6	207,0	202,7	174,0	262,0	287,0
Gubici razvoda	342,6	386,2	425,8	505,9	482,5	487,4	495,0	534,7	576,0	659,0	720,0
Potrošnja u SRH	*4281,1*	*4704,5*	*5143,4*	*5730,8*	*6183,9*	*6693,7*	*6965,9*	*8163,0*	*8566,0*	9281,0	9845,0
Gubici prijenosa	208,5	224,7	281,0	269,9	277,5	335,4	310,0	389,4	313,0	308,0	337,0
Raspoloživo bruto	*4490,6*	*4929,2*	*5424,0*	*6000,7*	*6461,4*	*7027,1*	*7275,9*	*8552,4*	*8879,0*	9589,0	10182,0

Pojedine stavke su djelomično procijenjene.

Tablica 16

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SFRJ 1977.
u GWh [5]

Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja na generatoru	48 580	9 604[1]	2 173	8 738[1]	1 257	6 732	20 076
Vlastita potrošnja	2 171	499	11	251	4	375	1 031
Proizvodnja na pragu elektrane	46 409	9 105	2 162	8 487	1 253	6 357	19 045
Uvoz	340	22	6	53	66	117	76
Izvoz	1 505	268	102	99	22	25	989
Primljeno od drugih republika	—	40	1 096	1 552	2 323	884	1 311
Prodano drugim republikama	—	2 264	1 381	99	18	79	3 365
Gubici prijenosa i razvoda	5 127	943	160	1 057	281	593	2 093
Raspoloživo za potrošnju	40 117	5 692	1 621	8 837	3 321	6 661	13 985
Industrija i rudarstvo	23 053	3 441	1 210	5 149	2 338	4 459	6 456
Rudnici ugljena	646	211	4	47	—	—	285
Cementare	945	47	23	340	121	113	301
Elektrokemija	4 667	299	881	1 893	74	836	684
Elektrometalurgija	5 461	1 395	155	440	1 432	1 051	988
Ostala industrija	11 334	1 489	147	2 429	711	2 360	4 198
Električna vuča	745	110	—	235	12	182	206
Tramvaji i trolejbusi	81	17	—	38	—	—	26
Javni vodovod	447	39	25	161	7	43	172
Javno osvjetljenje	390	36	14	130	17	40	153
Domaćinstva	12 058	1 586	257	2 360	804	1 405	5 646
Poslovne i društvene prostorije	1 142	105	69	372	59	189	348
Motori i aparati	1 603	94	32	345	72	199	861
Poljoprivreda, ukupno	598	264	14	47	12	144	117

[1] Kod SR Bosne i Hercegovine uključeno 78% proizvodnje HE »Trebišnjica« a kod SR Hrvatske 22%.

Tablica 17

UKUPNA POGONSKA SNAGA I POTROŠNJA ELEKTROENERGIJE PREMA TEHNOLOŠKOJ NAMJENI U INDUSTRIJSKIM ORGANIZACIJAMA SR HRVATSKE ZA 1976.[1]

u tisućama kWh

	Ukupna pogonska snaga	Snaga elektromotora	Ukupno utrošena elektroenergija	Za termičke svrhe	Za elektrolize i galvanizaciju	Za elektromotore	Ostalo
UKUPNO	1 629[2]	1 546[2]	4 937 376	546 172	1 342 945	2 795 071	253 188
Elektroprivreda	164	136	358 502	1 926	2 658	320 165	33 753
Proizvodnja ugljena	35	35	47 000	40	—	47 660	—
Proizvodnja nafte i zemnog plina	8	8	28 450	—	—	28 065	385
Proizvodnja derivata nafte	61	52	199 274	992	106	193 716	4 460
Crna metalurgija	81	80	471 070	318 092	—	141 102	11 876
Proizvodnja ruda obojenih metala	14	5	220	24	—	162	34
Proizvodnja obojenih metala	11	11	1 282 147	4 732	1 272 725	1 610	3 080
Prerada obojenih metala	38	38	68 634	965	45	67 466	158
Proizvodnja nemetalnih minerala	7	5	7 080	301	—	6 621	158
Prerada nemetalnih minerala	26	25	105 493	34 139	184	60 630	10 540
Metaloprerađivačka djelatnost	95	92	144 535	39 048	5 489	83 580	16 418
Strojogradnja	68	67	57 717	6 796	356	40 883	9 682
Proizvodnja prometnih sredstava	30	24	17 400	2 571	498	12 017	2 314
Brodogradnja	101	99	75 550	2 061	—	59 037	14 452
Proizvodnja električnih strojeva i aparata	59	59	63 356	15 401	3 763	35 235	8 957
Proizvodnja osnovnih kemijskih proizvoda	102	96	461 926	87 597	52 000	305 160	17 169
Prerada kemijskih proizvoda	48	48	82 094	7 330	756	61 800	12 208
Proizvodnja kamena, pijeska i šljunka	34	27	29 966	150	—	27 990	1 826
Proizvodnja građevnog materijala	155	150	439 005	1 013	—	425 726	12 266
Proizvodnja rezane građe i ploča	34	34	94 455	287	—	86 608	7 560
Proizvodnja finalnih proizvoda od drveta	65	65	82 992	2 086	151	70 891	9 864
Proizvodnja i prerada papira	65	65	194 621	607	—	190 195	3 819
Proizvodnja tekstilnih prediva i tkanina	73	73	207 160	3 716	580	185 560	17 304
Proizvodnja gotovih tekstilnih proizvoda	26	25	48 708	2 055	—	36 064	10 589
Proizvodnja kože i krzna	9	9	10 722	393	—	9 640	689
Proizvodnja kožne obuće i galanterije	15	15	19 240	803	—	14 725	3 712
Prerada kaučuka	21	21	34 775	2 038	—	25 301	7 436
Proizvodnja prehrambenih proizvoda	130	128	219 917	7 106	2 950	187 284	22 577
Proizvodnja pića	20	20	35 057	1 468	—	28 889	4 700
Proizvodnja stočne hrane	14	14	16 057	303	—	14 347	1 407
Proizvodnja i prerada duhana	4	4	7 557	104	—	6 435	1 018
Grafička djelatnost	14	14	21 514	1 577	175	17 324	2 438
Proizvodnja raznovrsnih proizvoda	2	2	4 482	451	509	3 183	339

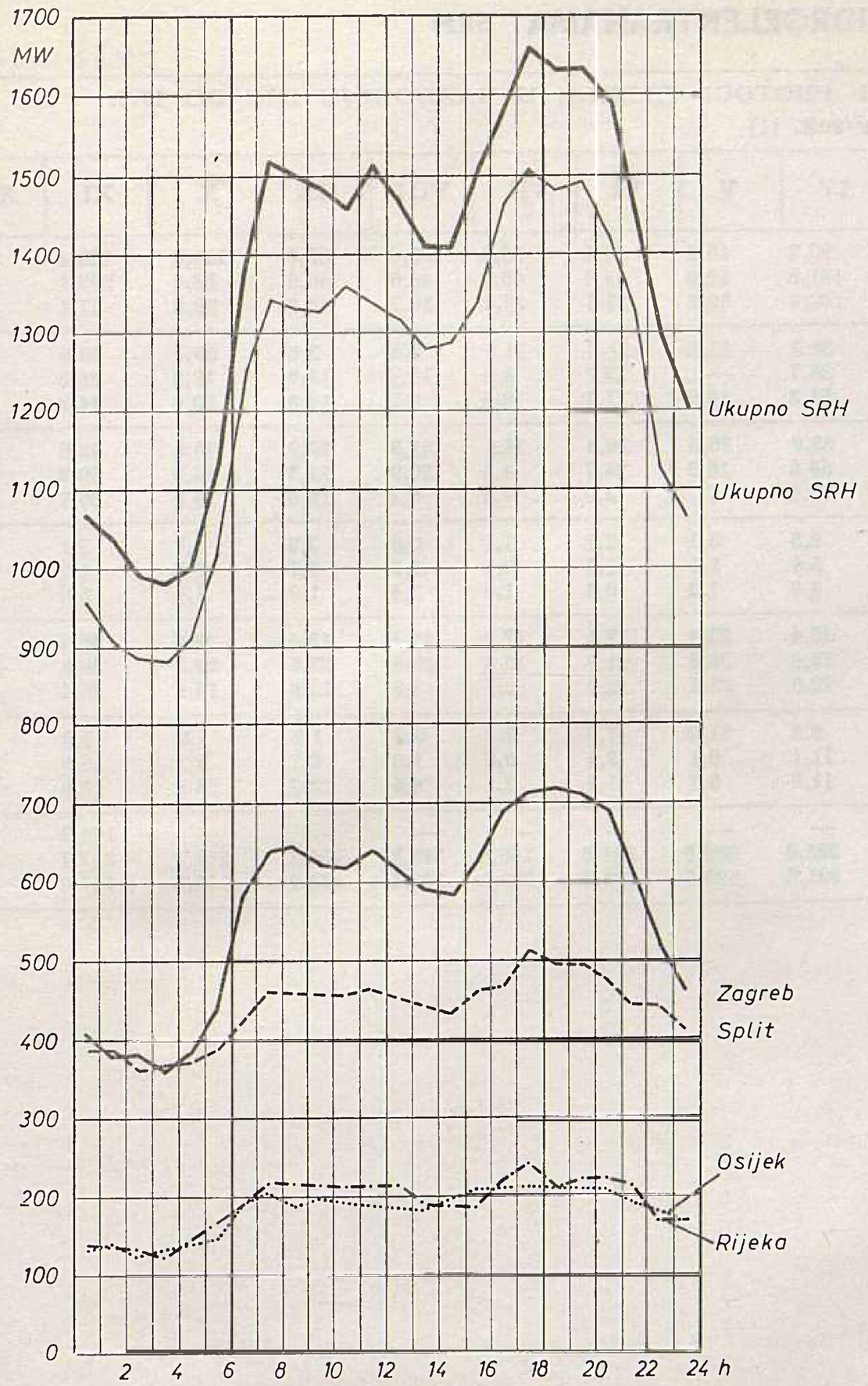
[1] Izvjesna odstupanja od podataka objavljenih u tabeli 9—13. nastala su radi nejednakog obuhvata, tj. radi uključivanja bivših neindustrijskih organizacija i zajednica koje su prema Jedinstvenoj klasifikaciji djelatnosti prešle u područje industrije i rudarstva, kao i zbog drugog izvora podataka. Raspored potrošnje električne energije prema tehnološkoj namjeni najčešće je dobiven na temelju procjene stručnjaka u organizacijama udruženog rada.

[2] Bez agregata u elektranama i motora prometnih sredstava.

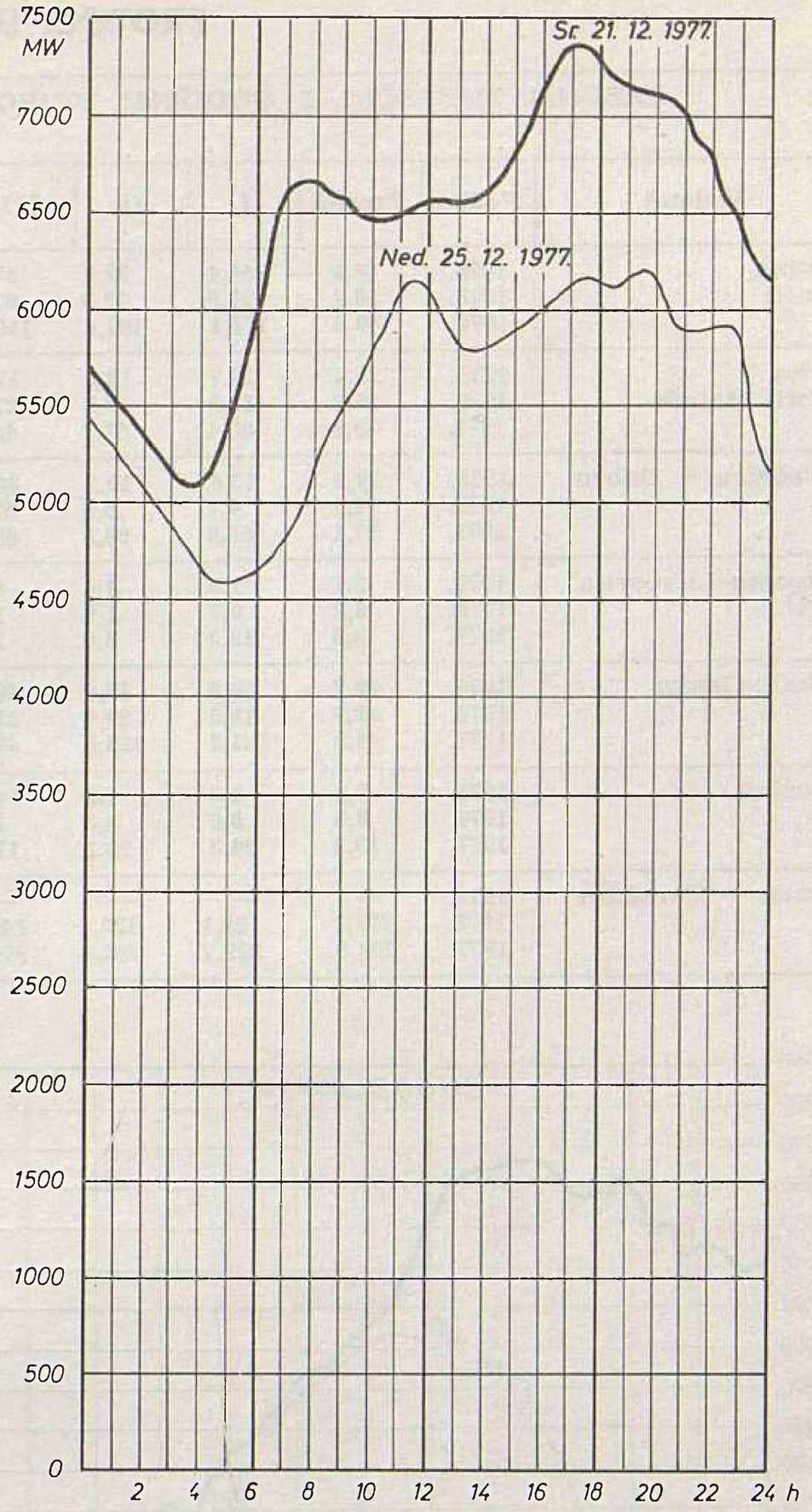
Tablica 18

RAZVOJ NETO SPECIFIČNE PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE [1]

Godina	Stanovništvo × 1000	Neto proizvodnja		Neto potrošnja		Potrošnja domaćinstava	
		Ukupna GWh	Specifična proizvodnja kWh/stanovnik	Ukupna GWh	Specifična potrošnja kWh/stanovnik	Ukupna GWh	Elektroenergetski standard kWh/stanovnik
1945.	3 674*	224	61	255	69	41	11
1946.	3 722*	273	73	342	92	50	14
1947.	3 758	379	101	435	116	58	16
1948.	3 780	497	131	565	149	66	17
1949.	3 820	524	137	627	164	70	18
1950.	3 851	556	144	669	174	83	22
1951.	3 882	591	152	732	188	90	23
1952.	3 913	623	159	741	189	73	19
1953.	3 946	716	181	783	198	92	23
1954.	3 978	810	204	844	212	131	33
1955.	4 013	1 025	255	1 076	268	165	41
1956.	4 040	1 007	249	1 180	292	227	56
1957.	4 067	1 076	264	1 404	345	281	60
1958.	4 089	1 169	286	1 577	384	376	90
1959.	4 115	1 392	338	1 767	429	426	104
1960.	4 140	1 671	404	1 943	469	409	99
1961.	4 169	1 555	373	2 132	511	457	110
1962.	4 198	2 334	555	2 380	567	554	132
1963.	4 229	2 948	697	2 853	677	689	163
1964.	4 252	2 793	657	2 903	683	768	183
1965.	4 281	3 308	772	3 204	749	813	190
1966.	4 312	3 903	906	3 508	814	924	214
1967.	4 430	3 861	889	3 783	872	1 064	246
1968.	4 364	3 996	917	4 200	964	1 187	271
1969.	4 406	4 447	1 009	4 650	1 055	1 333	302
1970.	4 411	4 572	1 036	5 134	1 164	1 497	339
1971.	4 376	4 767	1 089	5 543	1 266	1 638	377
1972.	4 450	5 319	1 195	6 041	1 357	1 770	398
1973.	4 469	5 096	1 140	6 330	1 416	1 938	434
1974.	4 490	6 078	1 354	7 451	1 660	2 060	460
1975.	4 507	5 732	1 272	8 009	1 777	2 150	521
1976.	4 527	7 399	1 634	8 360	1 847	2 223	477
1977.	4 532	8 487	1 873	8 837	1 950	2 360	491



Sl 7. Dnevni dijagram opterećenja za SRH
Srijeda 21. XII 1977.



Sl. 8. Dnevni dijagram opterećnja za SFRJ
Srijeda 21. XII 1977.

Tablica 19

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI
u GWh [5]

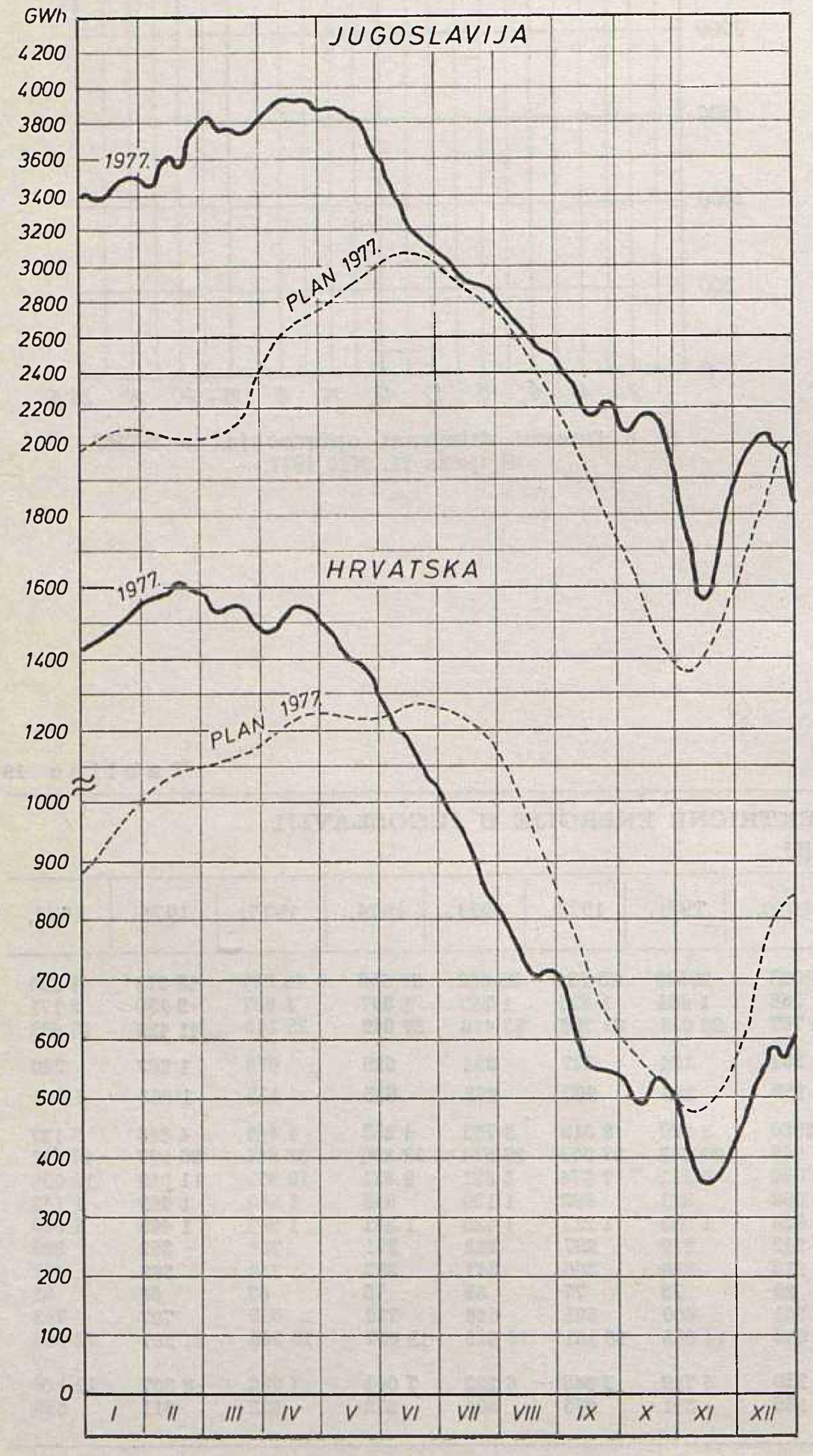
	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977,
Proizvodnja na generatoru	17 174	18 701	20 641	23 374	26 023	29509	33 231	35 062	39 456	40 040	43 573	48 580
Potrošnja u elektranama	767	873	876	925	1 256	1 484	1 435	1 746	1 807	1 897	2 150	2 171
Proizvodnja na pragu	16 406	17 828	19 774	22 249	24 767	28 025	31 796	33 416	37 649	38 143	41 423	46 409
U v o z	246	329	439	349	361	104	227	304	625	676	1 263	340
I z v o z	96	189	145	91	152	266	905	353	625	433	1 063	1 505
Gubici prijenosa i razvoda	2 083	2 135	2 282	2 699	2980	3 220	3 613	3 753	4 253	4 445	4 646	5 127
Raspoloživo za potrošnju	14 472	15 833	17 786	20 012	21 966	24 643	27 555	29 514	33 396	33 941	36 977	40 117
Domaćinstva	3 289	3 898	4 559	5 267	6 082	6 911	7 674	8 621	9 431	10 351	11 019	12 058
Poslovne i društv. prost.	587	496	549	753	968	871	903	1 129	948	1 080	1 069	1 142
Motori i aparati	611	546	497	798	928	1 083	1 211	1 435	1 541	1 367	1 468	1 603
Javna rasvjeta	176	192	193	229	242	279	297	322	321	334	352	390
Vodovod	197	211	234	250	273	310	366	347	382	380	398	447
Tramvaji i trolejbusi	81	89	91	83	80	73	77	69	75	62	66	81
Elektroželježnička vuča	119	128	159	170	301	460	591	648	729	699	707	745
Industrija	9 333	10 183	11 384	12 325	12 954	14 355	16 161	16 639	19 697	19 246	21 387	23 053
Od toga elektrometalurgija i elektrokemija	3 653	4 008	4 575	5 181	5 259	5 799	5 843	6 223	7 004	7 088	8 307	10 128
Poljoprivreda	79	89	120	137	168	301	275	304	272	422	511	598

PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA SRH

Tablica 20

SREDNJI MJESEČNI I GODIŠNJI PRIRODNI PROTOCI RIJEKA, U RAZDOBLJU 1974. DO 1977.
m³/sek. [1]

Vodotok	Godina	Prosjek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cetina profil	1975.	64,9	44,4	32,7	57,5	93,2	46,9	50,4	32,0	26,6	33,5	113,8	129,4	118,5
	1976.	96,1	38,9	72,8	65,1	101,8	90,0	45,9	40,0	46,6	56,6	83,4	203,1	308,8
	1977.	88,6	178,1	197,4	116,1	130,4	62,2	39,5	29,8	36,7	48,2	59,8	57,4	111,1
Krka profil Mataše	1975.	21,4	16,7	13,0	17,1	30,3	18,2	21,0	11,9	7,8	3,0	59,1	28,6	29,9
	1976.	25,7	13,6	17,5	22,4	28,7	—	13,7	9,9	14,7	14,0	19,9	60,3	93,4
	1977.	29,5	60,4	67,7	45,8	51,3	18,7	11,1	8,4	9,7	14,8	20,0	14,3	32,3
Mrežnica + Dobra	1975.	28,2	13,4	10,1	36,7	52,0	30,3	16,0	24,5	31,9	28,7	44,5	45,0	20,7
	1976.	32,1	4,1	6,6	20,6	66,0	16,5	24,7	4,5	26,9	21,3	16,8	69,3	108,2
	1977.	37,1	86,0	90,8	43,9	55,4	7,7	3,0	7,6	8,2	19,5	30,9	60,7	32,0
Ličanka-Lokvarka Križ	1975.	2,7	1,9	4,4	1,6	2,5	5,1	2,7	1,1	0,6	3,0	2,7	3,1	3,3
	1976.	3,2	0,3	1,4	1,2	5,4	1,1	1,0	0,1	1,6	5,1	2,8	4,7	13,8
	1977.	3,6	12,3	8,6	1,2	4,0	1,2	0,4	1,0	2,4	1,9	1,4	5,2	4,4
Lika i Gacka	1975.	29,7	20,4	15,6	40,6	48,4	23,4	17,1	17,8	11,1	13,4	29,5	60,2	57,8
	1976.	49,7	18,5	29,4	51,2	73,4	38,6	21,9	10,8	20,0	25,5	28,3	88,9	190,4
	1977.	44,0	121,2	110,8	42,5	70,0	25,5	12,2	12,1	8,8	13,8	18,9	36,4	56,5
Rječina	1975.	7,1	4,3	1,2	14,4	8,3	21,3	7,0	3,3	0,4	1,9	3,9	6,8	12,7
	1976.	8,5	0,6	5,3	1,6	11,1	6,1	3,6	0,6	1,0	8,7	6,3	16,9	40,5
	1977.	13,9	24,3	25,1	11,6	11,0	6,7	1,3	2,1	8,4	22,3	36,2	12,0	6,5
Drava — Varaždin	1975.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	162,3	173,3
	1976.	253,2	129,1	130,3	147,6	234,6	339,0	321,5	245,6	243,8	284,7	281,3	357,7	305,3
	1977.	325,9	239,7	355,4	374,1	391,8	529,9	492,8	370,5	366,4	262,7	159,0	141,0	128,5



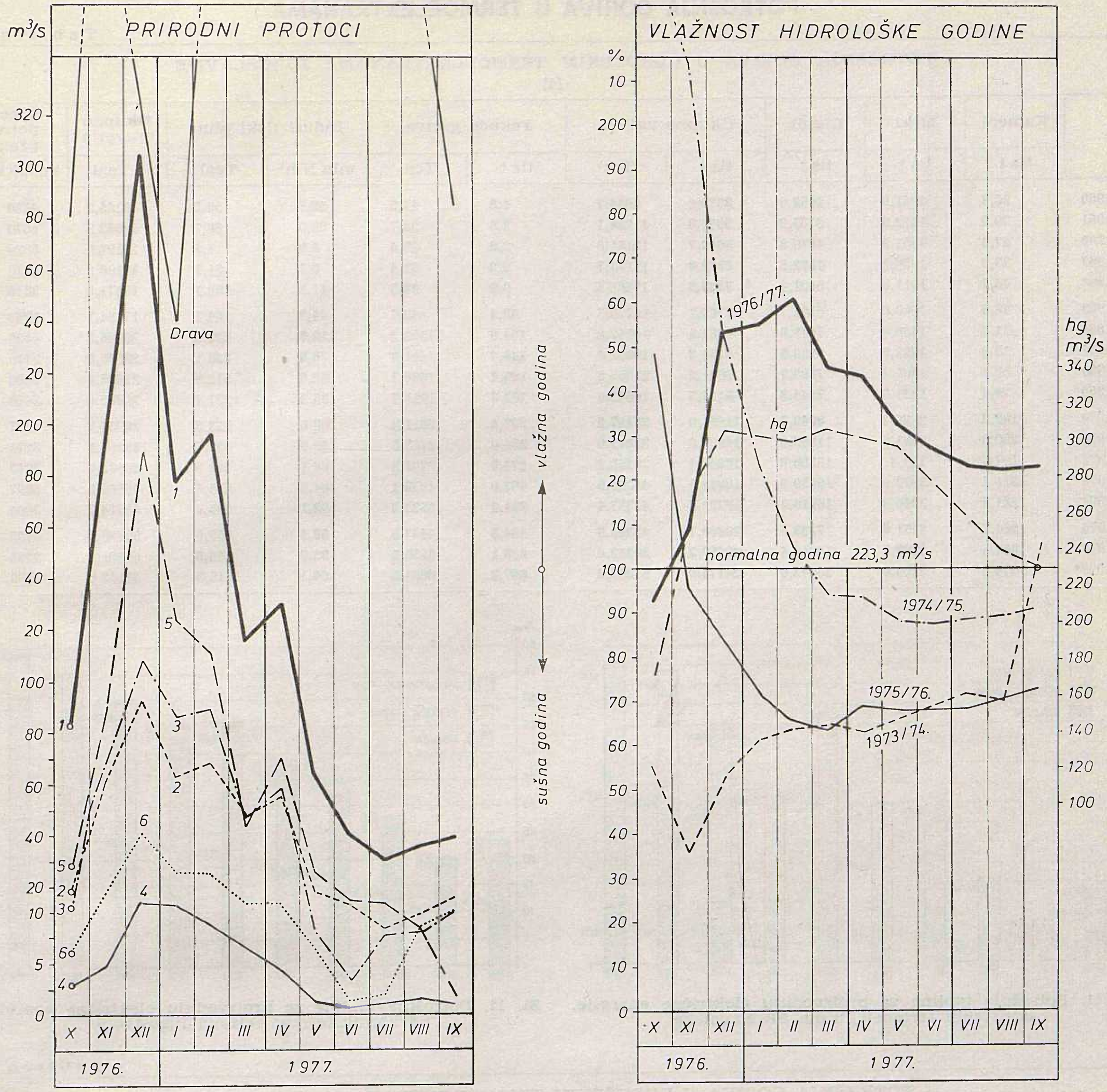
Sl. 9. Kretanje akumulacija u SRH i SFRJ

KORISNI VOLUMEN AKUMULACIJSKIH JEZERA

u GWh [1]

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Bileća - Gračarevo	1 013
Mavrovo	365
Bistrica - Kokin Brod	201
Rama	420
Vlasina	178
Slano	138
Jablanica	60
Perućica - Krupac	52
Tikveš	50
Špilje	40
SFRJ - bez SRH	*2 517*

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Peruća - Zakučac	352
Senj - Kruščica	140
Vinodol	44
Buško Blato	1 168
Ukupno SRH	1 704
Svega SFRJ	*4 221*



Sl. 10. Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1976/77.: 1. Cetina, 2. Krka, 3. Dobra — Mrežnica, 4. Ličanka — Lokvarka — Križ, 5. Lika — Gacka, 6. Riječina, 7. Drava

Vlažnost	Hidrološke godine 1976/77			Hidrološke godine 1975/76		
Vodotok	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %
Cetina	126,6	77,6	110,1	63,2	82,0	69,3
Krka	174,5	95,4	144,4	86,5	67,4	79,3
Dobra-Mrežnica	161,5	71,4	121,1	47,8	122,0	73,0
Ličanka-Lokvarka	131,4	69,7	111,8	36,4	62,6	44,6
Lika-Gacka	157,2	92,6	138,4	67,0	125,7	84,1
Rječina	186,8	52,6	122,6	45,7	52,2	48,8
U k u p n o	145,6	79,8	79,8	63,1	93,9	73,6

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

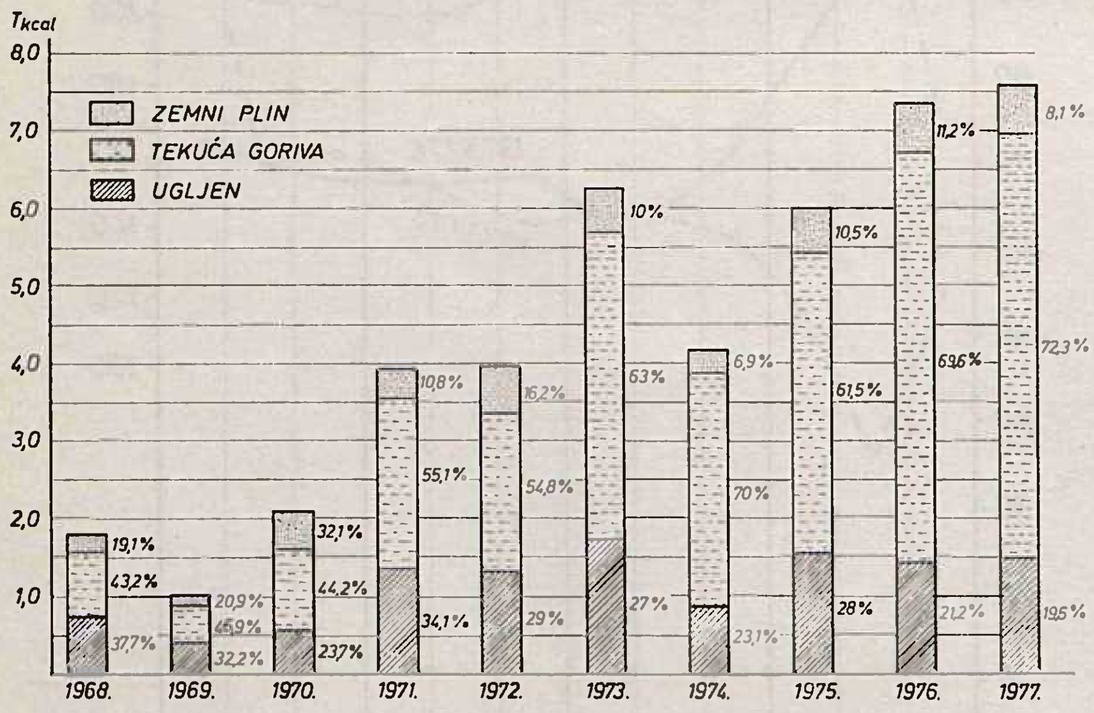
POTROŠNJA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

Tablica 21

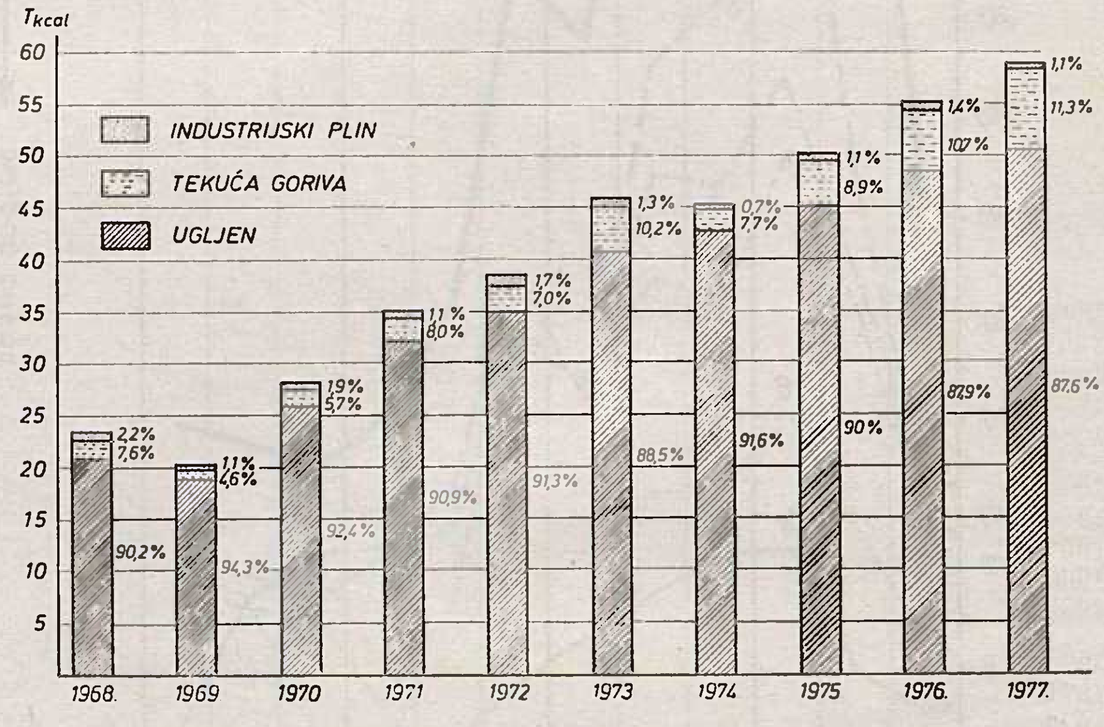
POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMOELEKTRANAMA JUGOSLAVIJE

[4]

	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno ugljen		Tekuća goriva		Industrijski plin		Ukupno energija	Spec. potr. prag
	tis t	tis t	tis t	tis t	Tcal	tis t	Tcal	mln Nm³	Tcal	Σ Tcal	kcal/kWh
1960	35,3	1041,0	2452,8	3529,2	8044,7	4,5	44,5	58,9	56,0	8145,2	4680
1961	29,2	1562,3	3735,3	5326,8	11934,1	2,9	28,7	69,6	66,1	12033,9	4070
1962	27,0	1551,9	4070,8	5649,7	12161,8	2,6	25,4	4,9	4,7	12191,9	3920
1963	23,9	1936,5	4922,5	6882,8	15133,7	3,2	31,4	3,1	31,1	15196,2	3740
1964	44,7	1911,0	5931,8	7887,5	17665,4	9,9	98,3	11,9	108,1	18871,8	3840
1965	18,5	1649,6	6101,7	7769,7	16770,3	48,4	489,7	74,3	164,1	17424,1	3780
1966	11,7	1496,0	7573,6	9081,4	19242,2	154,9	1552,3	112,8	222,6	20986,8	4050
1967	13,9	1692,5	7229,9	8936,3	19822,4	148,7	1441,3	76,9	332,1	20595,8	3710
1968	51,1	1899,3	7690,7	9641,2	21353,8	184,4	1808,7	53,5	512,9	23675,4	3680
1969	26,6	1821,5	7344,3	9192,5	19642,2	102,8	1011,7	35,8	231,7	20885,6	3410
1970	192,2	2580,3	9048,5	11821,0	25497,2	203,4	2011,2	68,6	523,3	28031,7	3237
1971	250,8	2781,3	11889,5	14921,6	32042,0	284,0	2783,5	49,6	432,6	35258,1	3275
1972	197,5	254,8	13308,8	16046,1	35250,2	274,0	2701,5	66,1	640,3	38592,0	3243
1973	311,4	3070,9	15559,2	18941,5	44303,5	482,6	4739,1	64,6	625,4	49668,0	3097
1974	281,5	3040,0	15910,2	19231,6	41597,4	394,2	3522,3	62,1	595,0	45714,7	3004
1975	284,7	3251,6	17333,4	20869,7	45346,5	454,5	4463,5	58,1	555,6	50365,6	3005
1976	364,5	3388,2	19246,4	22999,2	50253,0	636,1	6150,2	85,7	828,5	57231,7	3053
1977*	374,0	3154,0	20643,0	24171,0	51844,3	697,3	6694,0	64,1	615,3	59153,6	2998



Sl. 11. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana SR Hrvatske



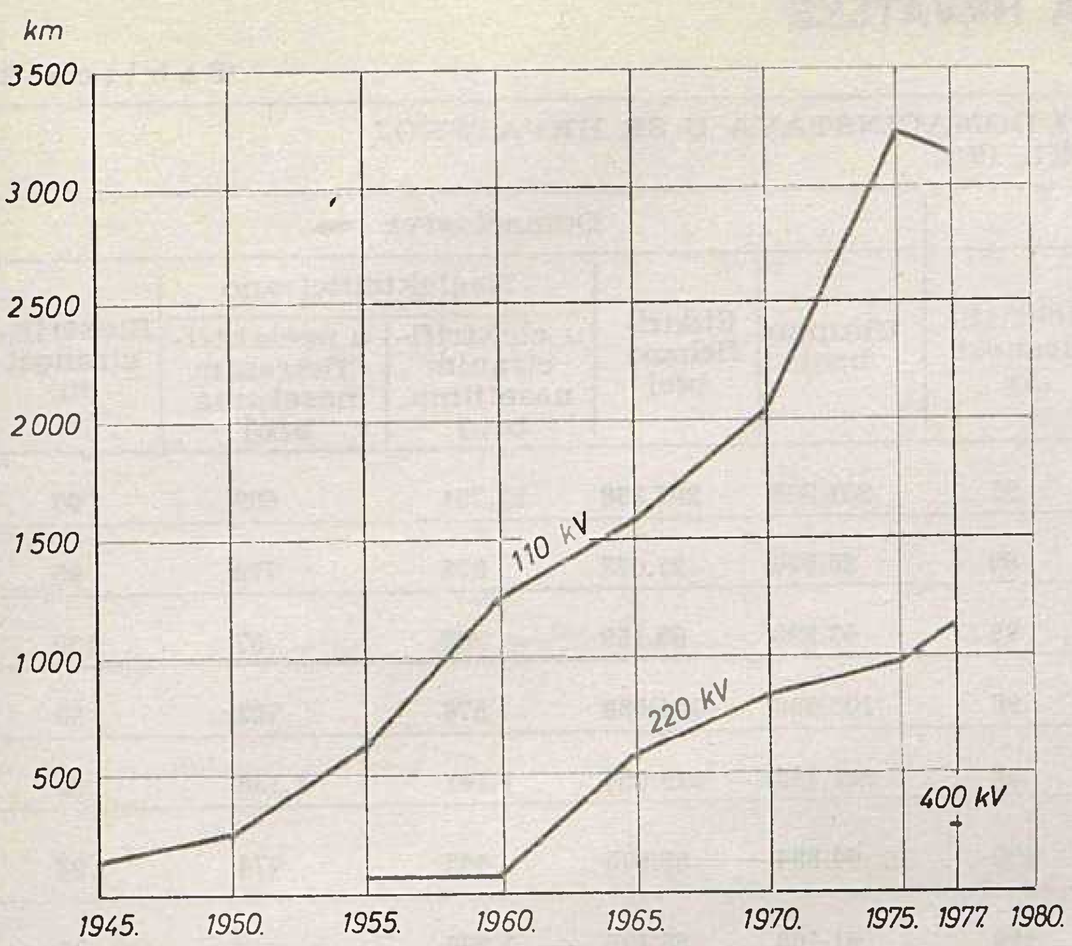
Sl. 12. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana Jugoslavije

Tablica 22

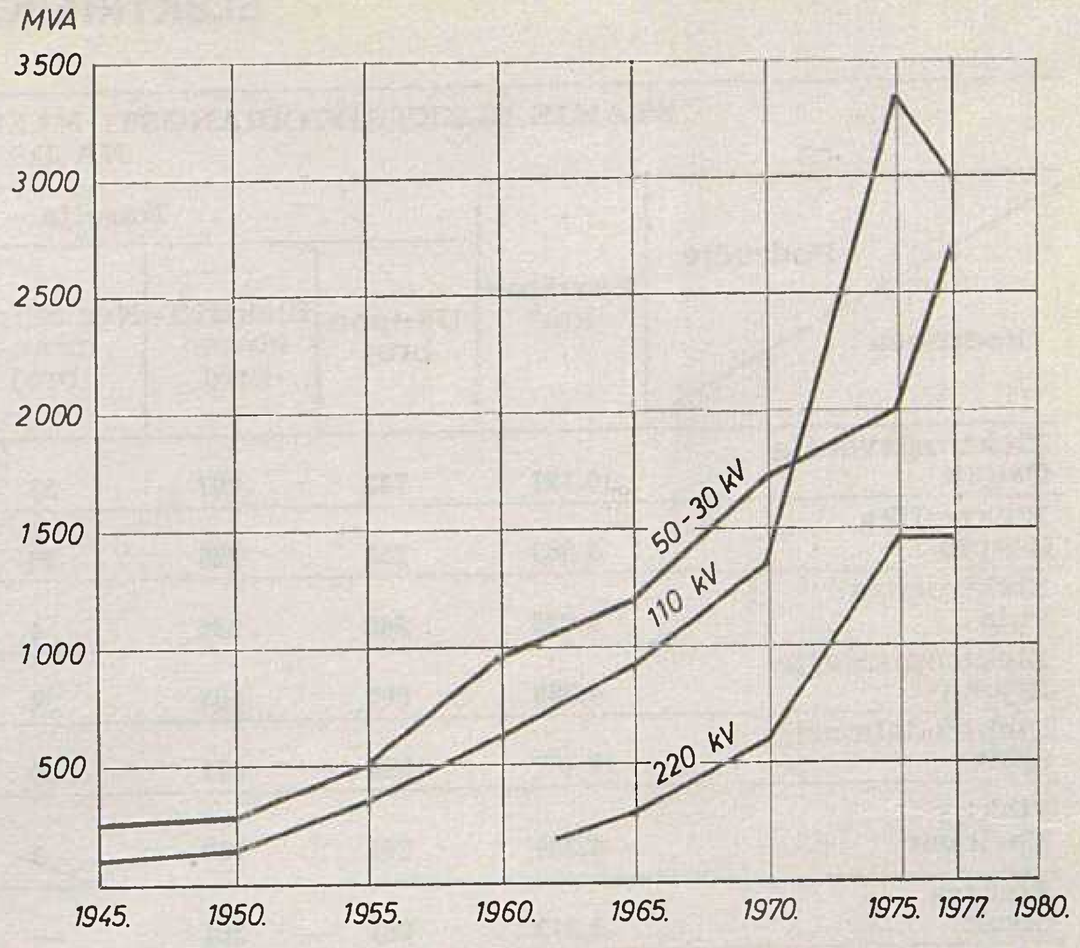
POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMOELEKTRANAMA HRVATSKE

[2]

	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno ugljen		Tekuća goriva		Zemni plin		Ukupna energija	Spec. potr. prag.
	tis t	tis t	tis t	tis t	Tcal	tis t	Tcal	mln Nm³	Tcal	Σ Tcal	kcal/kWh
1960	33,7	32,1	391,3	457.2	1066,1	2,9	27,4	—	—	1093,5	5290
1961	29,0	17,3	449,8	496,2	1048,0	1,5	14,7	—	—	1062,7	4870
1962	16,9	6,7	370,9	394,6	836,7	1,2	11,2	—	—	847,9	4940
1963	23,9	7,5	883,2	914,6	2057,8	2,0	19,6	3,1	31,1	2108,5	4213
1964	30,5	—	769,4	799,9	1965,5	7,8	77,9	10,7	107,0	2150,4	4286
1965	18,3	8,1	662,2	688,6	1587,8	47,2	478,5	10,7	101,6	2167,9	3591
1966	11,7	0,1	411,2	422,9	953,0	54,8	534,4	13,3	128,6	1616,0	3992
1967	13,4	3,0	284,8	301,2	690,5	91,1	865,8	30,0	287,8	1844,1	4290
1968	12,7	—	256,2	269,6	680,2	81,7	780,3	36,1	345,7	1806,2	4090
1969	6,1	—	143,2	149,2	378,0	52,0	493,8	22,8	219,4	1091,2	4151
1970	91,5	—	76,0	167,5	699,7	96,6	916,4	52,5	507,3	2123,4	3272
1971	199,8	—	79,9	279,8	1331,1	220,6	2150,8	43,8	424,4	3906,3	2978
1972	169,5	—	7,0	245,6	1144,7	220,9	2159,9	66,1	640,3	3944,9	2842
1973	254,2	—	104,2	358,4	1682,0	407,6	3971,3	64,6	625,4	6278,7	2850
1974	125,5	—	26,0	178,4	936,3	326,0	2825,5	62,1	595,0	4356,8	2457
1975	259,1	—	—	259,1	1503,0	337,3	3284,3	58,1	555,6	5342,9	2962
1976	268,7	—	—	268,7	1558,7	510,3	4954,7	85,7	828,5	7341,9	2534
1977	267,5	—	—	267,5	1495,6	568,0	5509,6	64,1	615,3	7620,5	2534



Sl. 13. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske



Sl. 14. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Hrvatske

Tablica 23

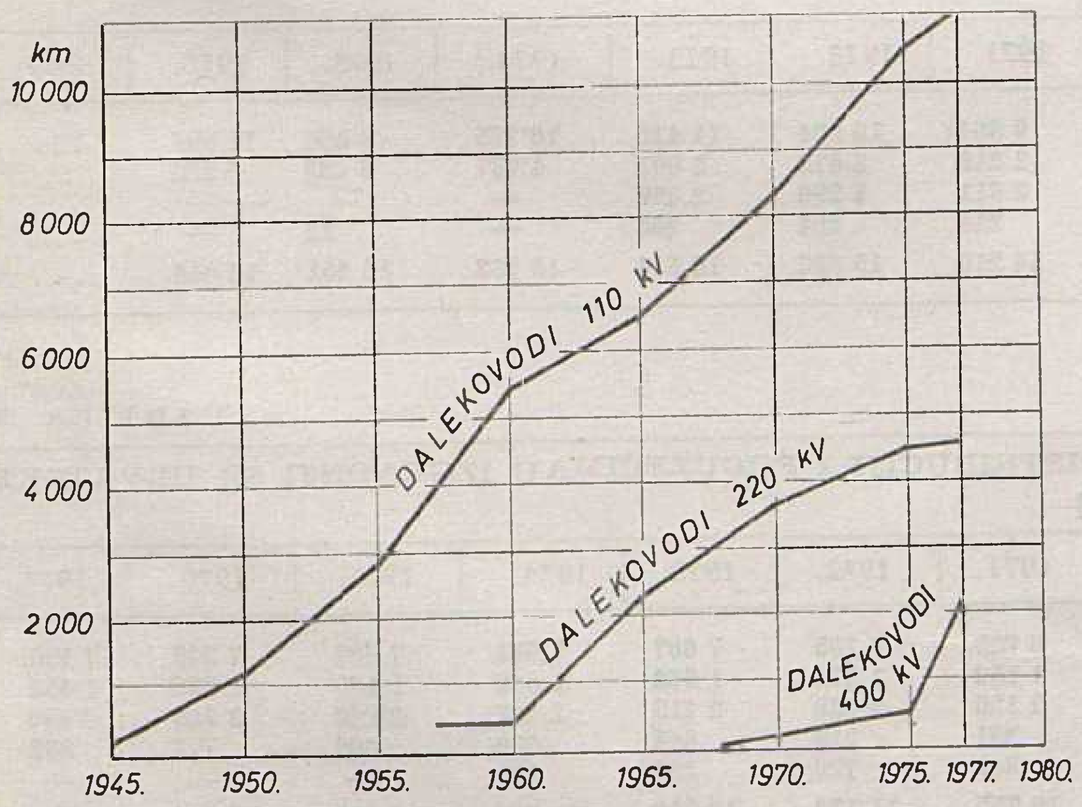
RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKE
[1] [2]*

Godina	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	220 kV	110 kV	30-50kV	220 kV	110 kV	30-50 kV
1960.	50	1 248	2 137	—	630	908
1961.	403	1 315	2 366	—	660	1 003
1962.	436	1 416	2 431	150	770	1 051
1963.	512	1 416	2 588	150	770	1 128
1964.	512	1 508	2 845	150	861	1 190
1965.	578	1 574	2 863	300	923	1 201
1966.	621	1 603	2 933	300	904	1 229
1967.	621	1 708	3 018	450	1 004	1 274
1968.	661	1 818	3 027	450	1 013	1 511
1969.	736	2 009	3 137	450	1 301	1 574
1970.	834	2 047	3 305	600	1 387	1 732
1971.	866	2 410	3 547	1 000	1 847	1 851
1972.	892	2 607	3 613	1 150	2 272	1 993
1973.	864	2 587	3 631	1 450	2 604	2 165
1974.	975	2 791	3 546	1 699	3 031	2 292
1975.	1 065	3 223	3 605	1 699	3 368	2 043
1976.	1 065	3 384	3 682	1 800	3 118	2 104
1977.	1 125	3 143	3 297	1 450	3 018	2 172

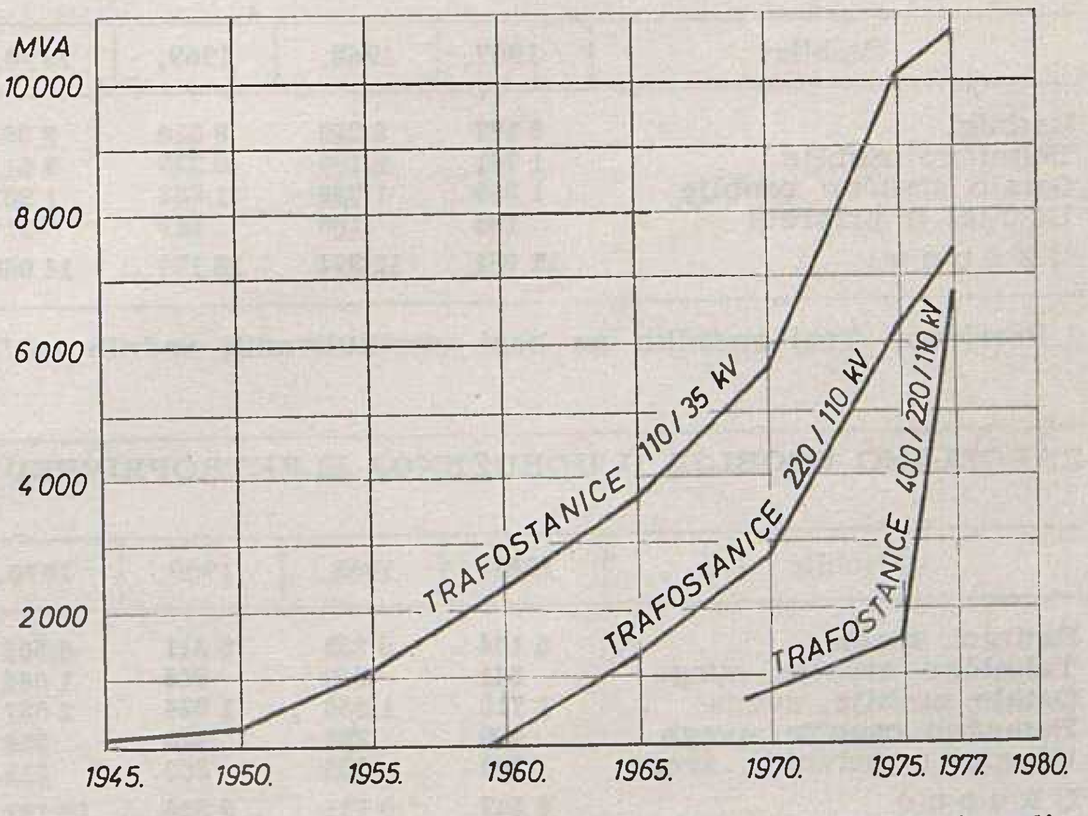
Tablica 24

RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE JUGOSLAVIJE
[4]

Godina	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	400 kV	220 kV	110 kV	400 kV	220 kV	110 kV
1960.	—	409	5 428	—	150	2 361
1961.	—	1 042	5 576	—	220	2 381
1962.	—	1 301	5 809	—	600	2 849
1963.	—	1 547	6 064	—	600	3 015
1964.	—	1 384	6 388	—	600	3 550
1965.	—	2 290	6 550	—	1 300	3 691
1966.	—	2 418	6 783	—	1 600	3 798
1967.	—	2 693	7 173	—	1 900	4 120
1968.	—	3 151	7 560	—	2 350	4 390
1969.	—	3 366	8 039	—	2 500	5 095
1970.	203	3 691	8 291	800	2 800	5 683
1971.	286	3 969	8 899	1 100	4 550	7 815
1972.	372	4 255	9 899	1 100	4 900	8 263
1973.	471	4 336	9 879	1 100	5 450	8 684
1974.	471	4 338	10 360	1 100	5 750	9 803
1975.	569	4 553	10 650	1 500	6 200	10 029
1976.	1 396	4 553	10 898	1 800	6 500	10 534
1977.	2 167	4 637	10 034	6 800	7 350	10 720



Sl. 15. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Jugoslavije



Sl. 16. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Jugoslavije

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Tablica 25

STANJE ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I DOMAĆINSTAVA U SR HRVATSKOJ NA DAN 31. XII 1977.

Područje / Poduzeća	Površina km²	Naselja				Domaćinstva				
		Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano broj	Elektrificiranost %	Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano: u elektrificiranim naseljima broj	Neelektrificirano: u neelektrificiranim naseljima broj	Elektrificiranost %
Elektroslavonija Osijek	10.121	742	707	35	95	231.308	207.398	23.301	609	90
Elektrolika Gospić	5.563	252	226	26	90	28.520	27.073	675	772	95
Elektroistra Pula	2.823	640	636	4	99	53.298	53.159	82	57	100
Elektroprimorje Rijeka	4.369	605	583	22	96	105.898	104.589	576	723	99
Elektrodalmacija Split	12.367	888	872	16	98	221.345	219.066	1.141	1.138	99
Elektra Karlovac	4.224	761	759	2	100	64.894	63.675	445	774	98
Elektra Sisak	3.313	361	361	—	100	51.168	53.172	1.996	—	96
Elektra Zagreb	14.228	2.631	2.631	1	100	559.843	555.092	4.741	10	99
SR HRVATSKA	57.008	6.881	6.775	106	98	1,320.820	1,283.809	32.892	4.119	97

Napomena: Površina općina se razlikuje od stvarne površine, jer pojedina distributivna poduzeća napajaju i područja susjednih općina ili republika. Površina republike SR Hrvatske iznosi prema podacima Statističkog godišnjaka SFR Jugoslavije za 1977. god. (podatak 1971. god.) 56.538 km².

Tablica 26

POTROŠNJA U SR HRVATSKOJ PO DISTRIBUTIVNIM PODUZEĆIMA [1]

	Bruto potroš.	%	Gubici distrib.	Neto potroš.	V. N.	N. N.	Stanovništvo × 1000	Spec. potroš. po st. kWh/st.
Elektroslavonija Osijek	1004,2	14,9	108,7	895,5	346,0	549,5	814	1234
Elektrolika Gospić	64,4	0,9	10,6	53,8	19,8	34,0	110	585
Elektroistra Pula	446,0	6,7	31,3	414,7	221,1	193,6	179	2492
Elektroprimorje Rijeka	764,0	11,3	69,9	694,1	335,2	358,9	289	2644
Elektrodalmacija Split	1373,1	20,4	155,3	1217,8	469,5	748,3	857	1602
Elektra Karlovac	231,4	3,4	28,5	211,9	99,8	103,1	235	985
Elektra Sisak	261,1	3,9	26,9	234,3	117,9	116,3	204	1280
Elektra Zagreb	2592,4	38,5	289,2	2303,3	806,2	1497,1	1844	1406
Ukupno distribucija	6745,8	100%	720,4	6025,4	2415,5	3609,9	4532	1488
Ukupno direktni potrošači	2897,4	—	336,7	2510,7	2510,7	—	—	—
Vlastito snabdj. industrije	356,3	—	—	356,3	—	356,3	—	—
Bruto raspoloživo u Hrvatskoj	9949,5	—	1057,1	8892,4	4926,2	3966,2	—	—
Saldo dobave	1419,5							
Proizvodnja SRH na pragu	8530,0							

ZAPOSLENO OSOBLJE U ELEKTROPRIVREDI

Tablica 27

ZAPOSLENO OSOBLJE U UDRUŽENOJ ELEKTROPRIVREDI I DISTRIBUCIJI JUGOSLAVIJE [4]

Osoblje	1967.	1968.	1969.	1970.	1971	1972.	1973.	1974.[1]	1975.	1976.	1977.
Radnici	8 177	8 350	8 810	9 364	9 364	10 904	11 416	10 775	9 556	11 508	...
Tehničko osoblje	1 781	2 109	2 315	2 519	2 619	2 678	2 801	4 787	6 623	6 536	...
Ostalo stručno osoblje	1 819	1 749	1 862	1 961	2 011	1 990	2 032	—	—	—	...
Učenici u privredi	185	166	187	216	216	254	265	—	22	—	...
Ukupno	11 962	12 374	13 174	14 060	14 210	15 826	16 514	15 562	16 201	18 044	...

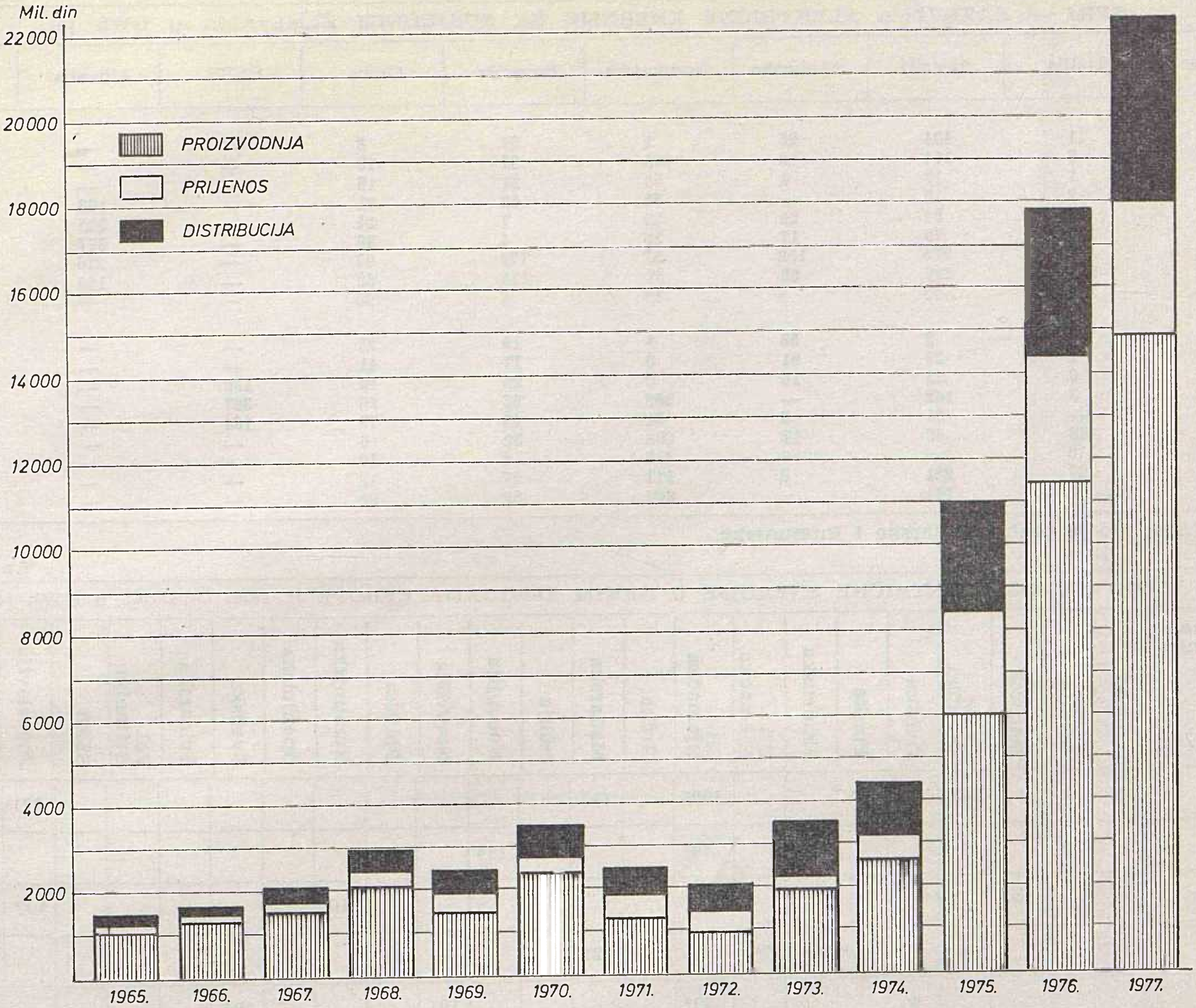
[1] Prosječan broj radnika na bazi ukalkuliranih radnih sati.

Tablica 28

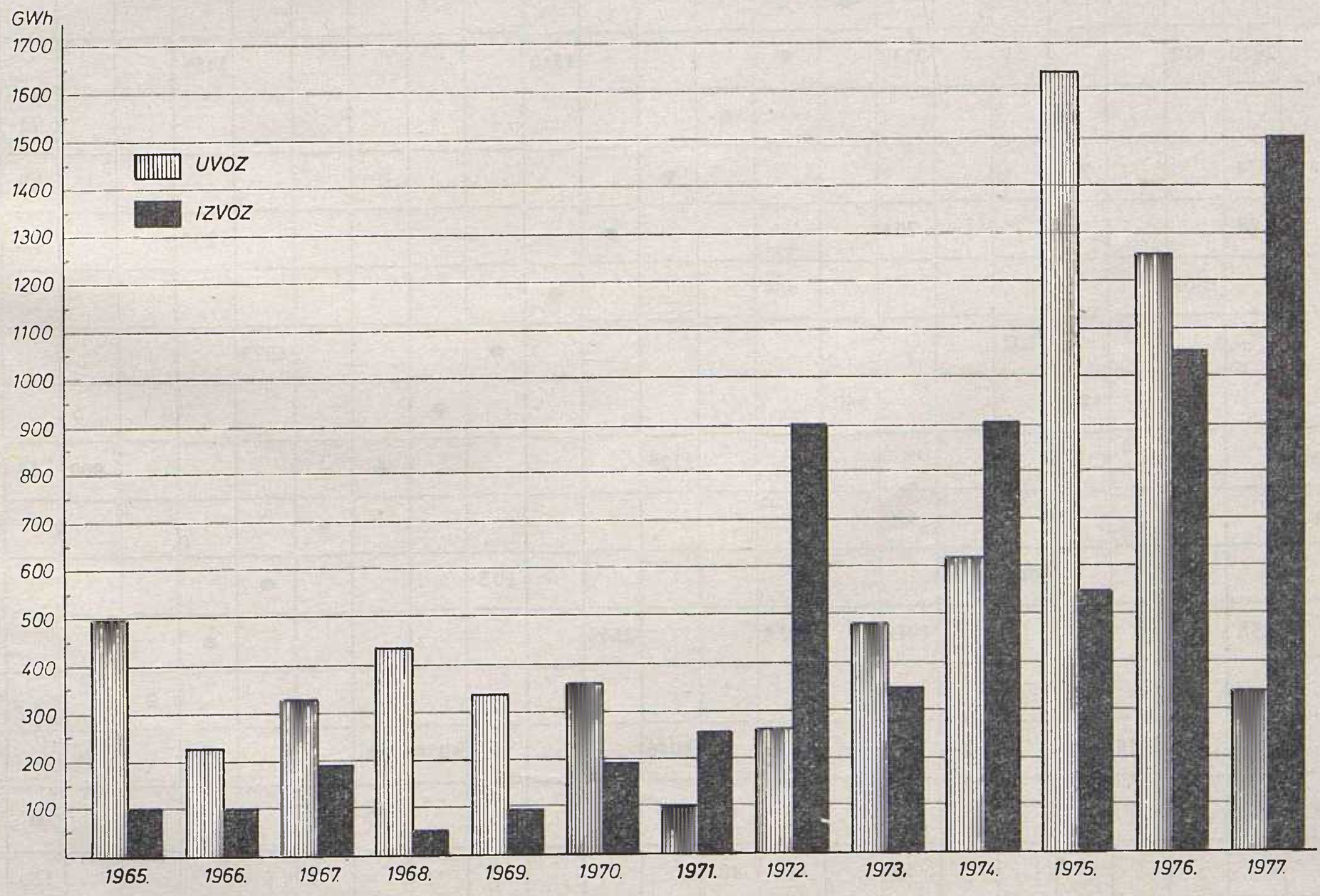
ZAPOSLENO OSOBLJE U UDRUŽENOJ ELEKTROPRIVREDI, DISTRIBUCIJI I PODUZEĆIMA U IZGRADNJI SR HRVATSKE [2]

Osoblje	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
Radnici, svega	6 164	6 283	6 311	6 501	6 800	7 185	7 687	7 681	7 437	7 349	7 156
Tehničko osoblje, svega	841	949	965	1 082	1 159	1 374	1 052	1 032	1 130	1 296	1 453
Ostalo osoblje, svega	1 713	1 836	1 934	2 037	2 156	2 238	2 415	2 162	2 942	3 826	4 470
Pomoćno osoblje, svega	460	308	256	254	331	216	845	830	800	773	832
Učenici u privredi, svega	369	355	360	319	309	126	204	211	—	—	—
Ukupno	9 547	9 731	9 826	10 193	10 755	11 139	12 203	11 906	12 309	13 244	13 911

Podaci za proizvodno-prenosne i distributivne organizacije prema SAS-PR obrascima za 1977. god.



Sl. 17. Investiciona ulaganja u elektroprivredu Jugoslavije



Sl. 18. Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Tablica 29

SFRJ — RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA SUSJEDNIM ZEMLJAMA u GWh [4]

Godina	Italija	Austrija	Mađarska	Rumunjska	Bugarska	Grčka	ČSSR	Albanija	UKUPNO
Uvoz									
1965.	11	404	25	1	54	3	—	—	498
1970.	6	174	10	115	37	19	—	—	361
1971.	1	13	4	50	21	15	—	—	104
1972.	2	18	—	55	62	31	—	108	276
1973.	27	54	24	29	7	34	—	305	480
1974.	117	75	17	36	4	36	—	377	662
1975.	605	305	152	37	170	97	—	276	1 642
1976.	583	225	89	67	132	69	—	150	1 270
1977.	224	65	3	18	5	25	—	—	340
Izvoz									
1965.	—	3	53	4	19	25	—	—	104
1970.	1	32	61	0	17	41	—	—	152
1971.	0	23	16	0	20	10	196	—	266
1972.	3	142	—	298	65	26	367	—	901
1973.	—	31	6	51	45	79	164	—	376
1974.	189	65	17	608	32	6	—	—	917
1975.	110	—	—	418	2	19	—	—	549
1976.	320	221	6	447	57	13	—	—	1 064
1977.	360	201	—	840	82	22	—	—	1 505

Izvoz u ČSSR bio je preko Mađarske i Rumunjske.

Tablica 30

IZVOZ I UVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE U 1976. GODINI u GWh [4]

Zemlja uvoznica / Zemlja izvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čehoslovačka	Danska	Finska	Francuska	DR Njemačka	SR Njemačka	Grčka	Mađarska	Italija	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Jugoslavija	Ostale zemlje	Ukupan izvoz
Austrija	●			249					3996		187	382										221		5035
Belgija		●					5285		201				134										957	6577
Bugarska			●													10						137	337	478
Čehoslovačka	107			●				592			221				81						8			999
Danska					●				435					101				796						1332
Finska						●												93						93
Francuska		1221					●		2202			697					1521		1733	17			117	7510
DR Njemačka				439				●	59						638									1136
SR Njemačka	2020	510			51		2038		●				1510						3459				2166	11844
Grčka										●												71		71
Mađarska	574			794							●					10						89		1467
Italija	22						761					●							1292			535		3240
Holandija		1509							464				●											1973
Norveška					102									●				6979						7081
Poljska				1849				860							●						5			2709
Rumunjska			37								1128					●					909	66		2140
Španjolska							550										●						1181	2431
Švedska					2009	3371								103				●						5483
Švicarska	258						1018		4954			2548							●				325	9103
Vel. Britanija							114													●				114
SSSR			3844	1659		661					4046			34	1988	216					●			12448
Jugoslavija	185		57							13	6	477				447						●		1185
Ostale zemlje							18		60	48							1					150	●	277
Ukupan uvoz	3166	3240	3943	4994	2162	4032	9784	1452	12857	61	5578	4104	1644	238	2707	683	1641	7868	7204	17	917	1263	5985	85340

Tablica 31

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE I SAD

u GWh

Zemlja	Godina	Neto proizvodnja	Saldo razmjene		Ukupno raspoloživa energija za potrošnju	Od toga			Potrošnja			Spec. potrošnja kWh
			uvoz	izvoz		utrošeno za pumpanje vode	gubici prenosa i distrib.	ukupna potrošnja	industrija	promet	ostalo	stanov.
Austrija	1965.	22 241	—	3 870	18 371	555	2 182	15 634	8 824	1 162	5 648	2 155
	1970.	30 036	1 372	3 786	23 806	714	2 078	21 014	10 511	1 499	8 563	2 832
	1974.	32 876	3 170	6 129	29 917	679	2 280	26 958	12 667	1 779	12 512	3 574
	1975.	34 137	2 420	6 962	29 595	388	2 360	26 847	11895	1 745	13 207	3 570
Belgija	1965.	20 635	—	21	20 344	—	1 207	19 137	13 714	703	4 720	2 022
	1970.	30 523	1 301	925	29 336	—	1 628	27 700	17 620	741	7 890	2 862
	1974.	40 764	2 558	2 882	40 040	631	2 035	37 773	23 699	852	13 223	3 854
	1975.	39 020	4 215	5 067	38 168	335	2 194	35 619	20 331	928	14 460	3 638
Bugarska	1965.	10 234	—	17	10 216	20	1 787	8 400	5 555	253	2 601	1 025
	1970.	19 513	101	210	19 404	19 404	3 578	15 826	10 733	483	461	1 864
	1974.	20 237	4 074	8	24 303	. . .	2 205	22 098	13 710	743	7 645	2 546
	1975.	22 266	3 902	279	25 889	—	2 387	23 502	14 305	806	8 391	2 695
Čehoslovačka	1965.	31 763	762	—	32 525	104	2 583	29 830	21 830	1 737	6 271	2 107
	1970.	45 163	4 525	1 129	44 936	96	3 384	41 456	26 478	2 376	8 677	2 865
	1974.	49 995	6 322	1 860	54 457	301	4 357	49 799	30 698	2 833	16 268	3 390
	1975.	52 969	5 419	1 208	57 181	287	4 388	52 506	31 717	3 000	17 789	3 557
Francuska	1965.	101 442	973	—	102 415	187	8 102	94 126	61 723	4 791	27 612	1 924
	1970.	146 837	4 363	4 857	140 214	179	9 904	129 980	75 797	6 975	47 208	2 563
	1974.	180 700	6 400	6 600	180 100	400	11 708	168 000	. . .	. . .	. . .	3 199
	1975.	178 400	8 800	6 200	181 000	300	12 000	168 700	. . .	. . .	. . .	3 188
Mađarska	1965.	10 000	1 200	—	11 359	—	948	10 410	7 461	424	2 526	1 026
	1970.	14 537	4 058	663	16 532	—	1 490	15 042	9 003	778	4 144	1 470
	1974.	17 199	5 756	1 097	21 858	—	1 960	19 898	11 275	1 142	7 747	1 902
	1975.	18 680	5 802	1 678	22 804	—	1 970	20 834	11 275	1 184	8 375	1 977
Grčka	1965.	4 378	22	—	4 400	—	580	3 820	2 051	41	1 728	447
	1970.	9 820	41	19	9 421	—	840	8 581	5 110	46	3 425	965
	1974.	14 196	79	36	14 239	—	1 062	13 177	7 931	46	5 200	1 471
	1975.	15 151	108	97	15 162	—	1 148	14 010	7 897	46	6 067	1 561
Italija	1965.	80 655	331	—	80 986	565	8 102	72 319	47310	3 346	21 663	1 402
	1970.	117 423	4 672	707	116 807	9 820	105 637	67 381	67 381	4 106	32 445	1 968
	1974.	142 266	4 214	1 921	144 559	2 231	11 366	130 962	80 298	4 526	46 138	2 366
	1975.	140 785	5 080	2 540	143 361	2 229	12 000	129 132	76 450	3 850	48 832	2 314
Holandija	1965.	23 657	34	—	29 691	—	1 150	22 181	13 363	741	8 077	1 805
	1970.	40 869	27	368	38 807	—	2 075	36 732	18 139	922	15 970	2 821
	1974.	53 222	10	1 489	51 743	. . .	2 672	49 071	24 531	. . .	. . .	3 624
	1975.	51 924	53	312	51 665	—	2 421	49 244	23 159	. . .	. . .	3 608
Norveška	1965.	49 054	—	2 163	46 891	—	4 822	42 009	25 455	456	14 088	11 284
	1970.	57 204	807	1 641	56 370	—	5 370	51 000	31 915	543	18 497	13 236
	1974.	. . .	339	5 882	71 103	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	1975.	. . .	99	5 695	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Poljska	1965.	39 742	—	453	39 289	24	4 011	35 254	27 526	1 468	6 260	1 119
	1970.	64 530	1 500	1 506	59 925	163	5 346	54 416	34 411	2 820	10 136	1 675
	1974.	85 206	1 734	4 491	82 449	474	7 650	74 325	43 523	3 833	26 969	2 206
	1975.	90 361	2 411	2 924	89 848	550	8 586	80 712	47 569	4 037	29 106	2 372
Rumunjska	1965.	17 215	—	331	16 884	—	3 383	13 501	10 366	326	2 809	710
	1970.	35 088	28	2 413	32 703	—	6 947	25 756	19 415	580	5 761	1 272
	1974.	46 115	785	3 140	43 760	—	4 249	39 271	28 548	1 002	9 721	1 867
	1975.	50 214	502	3 007	48 019	—	4 059	43 723	32 161	1 206	10 356	2 058
Španjolska	1965.	30 472	—	634	29 838	—	4 594	25 244	18 320	934	5 990	799
	1970.	53 904	213	1 727	52 390	267	6 875	43 301	27 934	1 253	. . .	1 341
	1974.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	1 240	. . .	. . .
	1975.	78 399	792	1 405	77 786	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Švedska	1965.	49 111	—	805	48 306	30	5 696	42 670	26 529	1 858	14 283	5 517
	1970.	60 646	6 613	2 555	64 704	78	7 989	56 637	33 257	2 079	21 301	7 086
	1974.	73 426	6 681	3 744	76 363	28	6 589	69 746	40 626	2 114	27 006	8 547
	1975.	78 584	8 313	5 369	79 528	23	7 524	71 981	38 718	2 040	31 223	8 778
Švicarska	1965.	24 462	—	1 650	22 812	499	2 265	20 048	8 346	1 671	9 875	3 372
	1970.	33 173	4 442	9 202	28 413	869	2 767	24 777	. . .	2 006	12 567	3 945
	1974.	37 410	6 274	9 505	34 179	1 541	3 071	29 567	11 331	1 974	16 262	4 563
	1975.	42 994	4 301	14 026	33 269	1 198	3 168	28 903	10 335	1 885	16 683	4 516
Turska	1965.	4 723	—	—	4 723	—	521	4 202	3 066	57	1 079	134
	1970.	8 617	—	—	8 217	—	35 109	470 100	349 400	210	2 322	208
	1974.	. . .	—	—	. . .	. . .	77 300	887 600	620 700	. . .	. . .	. . .
	1975.	14 780	96	—	14 876	. . .	82 200	945 100	656 800	128	4 322	339
SSSR	1965.	506 709	—	1 505	502 509	—	35 109	470 100	349 400	37 100	83 600	2 040
	1970.	740 726	—	5 200	735 726	. . .	58 236	667 400	488 400	. . .	134 600	2 790
	1974.	. . .	10 910	—	964 854	. . .	77 300	887 600	620 700	68 600	198 300	3 521
	1975.	. . .	11 300	—	1 027 325	. . .	82 200	945 100	656 800	74 200	214 100	3 718
Velika Britanija	1965.	184 230	102	—	184 332	616	15 303	168 413	77 557	2 361	88 495	3 035
	1970.	232 703	557	6	233 254	1 487	17 959	213 808	82 447	2 734	119 320	3 840
	1974.	254 477	225	175	254 527	896	18 424	235 207	86 974	2 713	145 520	4 205
	1975.	254 097	196	121	254 172	1 430	19 595	233 147	85 160	2 897	145 090	4 166
S A D	1965.	1 157 583	—	143	1 157 440	. . .	92 787	1 064 653	533 767	5 122	525 764	5 470
	1970.	1 638 010	5 633	3 414	1 640 229	. . .	128 920	1 511 309	685 800	4 966	822 009	7 383
	1974.	1 967 649	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	1975.	2 000 918	11 268	5 083	2 007 103	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
SR Njemačka	1965.	160 555	4 241	—	164 796	1 575	9 912	153 309	100 829	5 269	46 851	2 597
	1970.	242 606	14 075	6 324	234 670	2 119	13 975	218 576	116 707	7 928	78 866	3 600
	1974.	292 607	15 900	10 150	298 357	2 250	14 900	281 200	139 300	9 000	132 900	4 533
	1975.	282 598	17 630	9 791	290 437	1 939	14 772	273 880	131 716	8 857	133 247	4 429
Jugoslavija	1965.	14 880	395	—	15 275	—	2 016	13 257	8 612	178	4 466	679
	1970.	26 023	361	152	24 976	—	2 900	21 996	12 256	381	8 661	1 080
	1974.	37 672	625	625	37 672	—	3 757	33 916	19 315	804	13 797	1 604
	1975.	38 143	676	433	38 386	—	4 445	33 961	18 235	761	14 965	1 591

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Tablica 32

PROIZVODNJA UGLJENA, KOKSA, NAFTE I PLINA U SFRJ
u hilj. tona i mln* m³ [5]

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks ukupno	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Gazolin
1960.	1 283	9 628	11 801	22 712	1 103	53	944	277	74	354	396	13	6
1961.	1 313	9 494	13 266	24 073	1 111	69	1 431	294	59	405	409	13	5
1962.	1 189	9 320	14 186	24 695	1 125	95	1 525	322	81	532	492	15	5
1963.	1 286	9 945	16 191	27 422	1 107	191	1 611	344	89	618	480	17	6
1964.	1 262	10 715	17 534	29 511	1 177	274	1 799	386	98	701	683	23	10
1965.	1 169	10 509	18 279	29 957	1 267	330	2 063	546	82	809	1 148	36	15
1966.	1 133	10 080	18 080	29 292	1 237	402	2 222	788	94	1 142	1 764	49	17
1967.	909	9 023	16 535	26 467	1 226	461	2 374	886	94	1 389	1 816	54	18
1968.	835	9 508	16 389	26 732	1 236	584	2 494	935	119	1 380	1 847	68	23
1969.	681	9 992	16 373	26 496	1 226	730	2 699	1 003	146	1 722	1 967	78	23
1970.	643	8 989	18 790	28 422	1 309	977	2 854	1 233	163	2 092	2 509	95	25
1971.	707	9 333	20 862	30 902	1 297	1 151	2 961	1 472	215	2 665	2 930	105	28
1972.	599	9 184	21 157	30 940	1 299	1 242	3 200	1 394	211	2 495	2 989	196	28
1973.	576	9 145	22 729	32 451	1 318	1 329	3 332	1 528	251	2 558	3 480	210	24
1974.	601	9 380	24 444	33 582	1 315	1 447	3 458	1 627	315	2 725	4 317	206	14
1975.	598	9 430	25 509	35 537	1 351	1 554	3 692	1 745	331	2 817	4 276	264	14
1976.	587	9 110	27 147	36 845	1 786	1 730	3 880	1 923	325	2 969	4 800	230	14
1977.	511	8 960	29 611	39 082	1 765	1 897	3 951	2 231	345	3 450	5 818	259	12

Tablica 33

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U JUGOSLAVENSKOJ INDUSTRIJI
[5]

Godina	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin	Ukapljeni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³	u tis. t
1960.	5 449	131	1 341	1 607	5 682	5 706	155	189	25	. . .
1961.	5 979	136	1 350	1 624	6 280	8 032	180	195	35	. . .
1962.	6 580	128	1 337	1 821	6 098	7 783	203	225	58	. . .
1963.	7 858	134	1 334	1 514	6 746	9 409	235	255	151	. . .
1964.	8 423	132	1 344	1 953	7 288	10 855	346	376	228	. . .
1965.	9 267	146	1 342	2 006	7 055	10 868	458	594	267	. . .
1966.	10 012	142	1 336	1 906	6 562	11 379	444	898	337	. . .
1967.	10 598	139	1 317	1 830	6 455	11 226	436	1 168	404	. . .
1968.	11 613	148	1 279	1 880	6 598	11 210	486	1 443	516	. . .
1969.	12 783	165	1 274	1 951	6 746	10 627	545	1 603	660	. . .
1970.	13 815	143	1 360	2 110	7 065	12 829	555	1 952	893	. . .
1971.	15 287	132	1 454	2 200	6 496	15 253	678	2 237	1 039	. . .
1972.	17 002	161	1 681	2 130	6 346	16 661	646	2 549	1 111	. . .
1973.	18 184	179	1 718	2 258	6 935	18 711	845	3 038	1 199	. . .
1974.	20 509	179	1 858	2 152	6 726	19 244	825	3 227	1 300	. . .
1975.	21 466	176	1 793	2 224	6 697	21 240	906	3 444	1 500	. . .
1976.	22 381	155	1 692	2 819	7 129	22 390	867	3 766	1 454	. . .
Ukupno 1977.	23 493	102	430	189	2 429	1 680	522	3 414	1 563	218
Elektroprivreda	2 766	—	—	4,1	794	199	70	237	203	8,2
Proizvodnja uglja	628	—	0,0	0,4	38	192	25	1,1	—	—
Prerada uglja	110	—	—	—	—	151	—	—	—	—
Proizvodnja nafte i plina	34	—	—	—	—	—	7,2	—	—	—
Proizvodnja derivata nafte	341	—	—	—	—	—	32	277	194	25
Proizvodnja rude gvožđa	49	—	—	2,7	—	—	6,3	10	—	—
Crna metalurgija	4 023	30	236	24	29	80	6,4	431	145	23
Proiz. ruda obojenih metala	706	—	0,0	0,0	2,3	3,2	30	1,0	—	—
Proizvodnja obojenih metala	3 487	18	91	23	254	50	14	161	1,0	2,1
Prerada obojenih metala	353	—	0,0	—	—	0,3	4,6	15	—	0,2
Proizvodnja nemetala	104	—	0,1	—	1,5	3,5	15	4,2	4,5	—
Prerada nametala	476	—	5,3	0,3	19	89	53	158	88	54
Metaloprerađivačka djelatnost	1 043	1,3	24	4,1	23	22	37	35	41	16
Strojogradnja	231	—	1,8	0,2	2,7	19	12	16	7,4	2,0
Proizvod. saobraćajnih sredstava	364	—	1,0	2,2	16	1,5	8,5	23	6,9	1,6
Brodogradnja	90	—	0,0	0,4	1,0	1,0	4,8	3,3	—	0,0
Proiz. električ. mašina i aparata	479	—	2,6	3,1	9,5	3,0	7,5	32	1,5	3,0
Proizvod. kemijskih proizvoda	1 742	—	27	1,0	125	12	12	169	573	7,3
Prerada kemijskih proizvoda	286	—	0,1	0,8	17	6,7	14	56	1,4	—
Proizvodnja kamena i pijeska	116	—	—	—	12	17	17	12	—	7,7
Proizv. građevinskog materijala	1 233	52	0,0	88	258	147	25	855	170	7,2
Proizvod. rezane građe i ploča	344	—	—	0,2	43	5,1	3,2	55	2,1	—
Proiz. finalnih proiz. od drveta	362	—	—	0,2	11	8,2	9,1	24	2,5	—
Proizvodnja i prerada papira	1 336	—	—	19	192	321	4,5	147	52	0,2
Proizvodnja prediva i tkanina	967	—	—	—	199	63	4,1	141	11	0,4
Proizv. gotovih tekstilnih proizv.	273	—	0,0	2,7	27	14	12	65	7,7	0,1
Proizvodnja kože i krzna	68	—	—	3,0	35	19	0,2	35	—	—
Proizv. kožne obuće i galant.	61	—	—	0,9	2,4	4,1	2,1	3,7	0,2	0,0
Prerada kaučuka	177	—	—	0,2	22	3,1	1,2	59	—	—
Proizv. prehrambenih proizvoda	869	—	26	5,2	269	235	67	282	45	5,1
Proizvodnja pića	167	—	—	4,3	9,2	7,4	6,5	86	5,5	—
Proizvodnja stočne hrane	54	—	—	1,1	1,7	—	4,5	1,7	—	—
Proizvodnja i prerada duhana	41	—	—	0,6	4,8	2,2	3,0	13	—	—
Grafička djelatnost	96	—	0,2	0,2	3,9	1,5	2,2	3,9	1,0	55
Proizv. raznovrsnih proizvoda	15	—	—	0,0	1,5	0,0	1,0	2,0	0,6	0,0

Tablica 34

PROIZVODNJA UGLJENA, KOKSA, NAFTE I PLINA U SR HRVATSKOJ
u hilj. tona i mln* m³ [3]

Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks plinara	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Gazolin
1960.	802	358	1 190	2 530	9	34	770	198	67	256	261	11	1
1961.	832	522	1 068	2 422	10	52	1 125	216	54	287	271	15	1
1962.	810	535	902	2 247	10	59	1 157	225	71	355	267	15	1
1963.	852	514	757	2 124	9	82	1 158	249	79	427	285	17	1
1964.	784	424	743	1 951	10	135	1 285	310	90	535	476	15	1
1965.	751	468	738	1 957	10	156	1 414	467	73	714	805	24	3
1966.	765	403	603	1 771	8	189	1 545	681	78	1 019	1 340	51	8
1967.	611	280	411	1 302	8	232	1 702	749	76	1 176	1 399	45	10
1968.	506	283	384	1 174	2	330	1 818	755	97	1 108	1 253	54	13
1969.	381	191	344	916	—	404	1 934	667	114	1 076	703	48	13
1970.	363	81	274	718	—	476	2 057	826	122	1327	1 093	71	13
1971.	422	21	197	640	—	547	2 142	991	158	1 617	1 513	106	12
1972.	382	19	176	577	—	569	2 362	914	145	1 543	1 590	147	13
1973.	385	3	137	524	—	612	2 423	1 023	164	1 681	1 890	147	13
1974.	374	0	85	460	—	674	2 470	1 087	211	1 698	2 399	163	0
1975.	355	—	59	414	—	751	2 670	1 119	208	1 918	2 248	179	0
1976.	356	—	8	364	—	911	2 814	1 222	221	2 035	2 502	193	0
1977.	299	—	—	299	—	1 009	2 829	1 405	231	2 234	3 149	192	0

Tablica 35

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U INDUSTRIJSKIM PODUZEĆIMA I POGONIMA SR HRVATSKE[1]
[3]

Godina	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin	Ukapljeni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³	tis. tona
1960.	1 264	57	232	171	1 028	852	79	65	34	0,3
1961.	1 385	68	238	156	999	882	91	60	50	0,6
1962.	1 456	64	232	163	977	876	97	59	56	0,7
1963.	1 680	70	243	181	1 037	1 145	109	75	72	1,3
1964.	1 716	69	241	234	1 045	1 355	195	130	124	2,8
1965.	1 888	81	226	229	916	1 191	296	189	143	6,2
1966.	2 054	76	234	179	831	854	280	311	176	11,4
1967.	2 196	74	196	130	778	645	293	416	178	5,7
1968.	2 339	87	203	108	700	627	278	490	272	5,4
1969.	2 524	89	190	91	692	513	230	538	351	9,3
1970.	2 661	81	194	157	669	396	246	634	443	10,3
1971.	2 846	74	195	255	666	371	270	783	492	12,9
1972.	3 068	66	195	218	609	328	303	844	521	13,9
1973.	3 148	65	210	302	601	324	422	1 058	531	16,5
1974.	4 114	65	252	202	581	197	440	1 014	589	16,9
1975.	4 681	55	225	302	548	152	332*	1 078	632	17,5*
1976.[2]	4 708	49	234	323*	490	130	314	1 234	724	20,0*
1977.[2]	4 968	44	251	313	404	90	87	1 676	850	39,5
Elektroprivreda	392	—	—	267	161	—	7	765	94	—
Proizvodnja ugljena	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Proizvod. nafte i zemnog plina	26	—	—	—	—	—	7	—	106	—
Proizvod. derivata nafte	219	—	13	—	—	—	—	223	153	1,2
Crna metalurgija	436	4	187	—	12	—	4	52	47	0
Proizvod. ruda obojenih metala	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Proizvod. obojenih metala	1 201	—	—	—	—	—	1	1	1	—
Prerada obojenih metala	80	—	—	—	—	—	1	1	—	—
Proizvod. nemetalnih minerala	7	—	—	—	—	—	1	1	5	—
Prerada nemetalnih minerala	119	—	—	—	—	31	1	39	16	14,3
Metaloprerađivačka djelatnost	168	—	41	3	4	2	9	6	13	6,2
Strojogradnja	56	—	3	—	1	3	4	4	—	0,5
Proizvod. prometnih sredstava	16	—	—	—	—	—	1	1	4	0,1
Brodogradnja	73	—	—	—	—	1	3	3	—	—
Proizvod. elektr. stroj. i aparata	64	—	—	—	1	2	2	3	1	0,6
Proizvod. osn. kem. proizvoda	484	—	—	—	—	—	—	70	272	5,3
Prerada kemijskih proizvoda	85	—	—	—	2	—	7	9	1	3,7
Proiz. kamena, pijeska i šljunka	28	—	—	—	—	—	7	4	—	—
Proizvod. građevnog materijala	434	40	—	39	88	1	5	331	42	3,8
Proizvod. rez. građe i ploča	45	—	—	—	1	1	1	1	2	—
Proizvod. final. proizv. od drveta	80	—	—	—	—	—	2	3	2	—
Proizvod. i prerada papira	234	—	—	—	57	—	—	24	52	0,2
Proizvod. tekst. prediva i tkanina						—	1	27	8	0,1
Proizvod. gotovih tekstil. proizv.	50	—	—	—	4	1	3	10	2	—
Proizvod. kože i krzna	11	—	—	2	—	—	—	7	—	—
Proizvod. kož. obuće i galanterije	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Prerada kaučuka	40	—	—	—	—	—	—	4	—	—
Proizvod. prehramb. proizvoda	231	—	7	2	58	48	15	68	25	3,3
Proizvodnja pića	37	—	—	—	1	—	1	16	2	—
Proizvod. stočne hrane	15	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Proizvod. i prerada duhana	8	—	—	—	—	—	1	2	—	—
Grafička djelatnost	28	—	—	—	1	—	—	—	1	0,2
Proizvod. raznovrsnih proizvoda	4	—	—	—	—	—	—	1	1	—

[1] Uključivo količine goriva ko je su korištene za tehnološke svrhe.
[2] Nisu uključene bivše neindustrijske organizacije i zajednice koje su prema Jedinstvenoj klasifikaciji djelatnosti prošle u područje industrije i rudarstva.

Tablica 36

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Količine u 000 tona uvjetnog ugljena i u kg po jednom stanovniku

Zemlja	Godina	Proizvodnja					Potrošnja					
		ukupna energija	ugljen	sirova nafta	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energija	ukupno	čvrsta goriva	tekuća goriva	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energ.	po 1 stanovniku
Austrija	1965.	10 805	2 784	3 714	2 296	2 010	19 082	7 722	7 534	2 299	1 527	2 630
	1970.	10 657	1 835	3 639	2 528	2 655	25 303	7 037	12 535	3 752	1 976	3 424
	1974.	10 833	1 815	3 290	2 941	2 789	29 294	3 342	14 600	5 929	2 423	3 883
	1975.	10 908	1 699	3 994	3 294	2 921	27 836	5 573	14 086	5 816	2 362	3 700
Belgija	1965.	20 040	19 876	—	105	148	46 248	27 502	18 433	73	239	4 721
	1970.	11 581	11 362	—	71	149	59 647	23 351	29 935	5 972	389	5 955
	1974.	8 362	8 111	—	163	103	65 544	17 865	32 894	14 721	63	6 709
	1975.	8 427	7 479	—	61	887	54 698	13 223	27 748	12 945	782	5 584
Bugarska	1965.	13 411	12 797	298	67	250	21 022	15 635	5 071	67	250	2 563
	1970.	16 159	14 824	434	631	269	33 423	20 236	12 297	631	259	3 937
	1974.	13 127	12 306	312	240	370	36 404	18 607	16 687	240	870	4 195
	1975.	15 015	14 088	179	133	616	41 700	20 681	18 415	1 543	1 061	4 781
Čehoslovačka	1965.	73 494	71 554	250	1 134	587	80 216	71 914	6 453	1 128	721	5 665
	1970.	79 460	77 134	264	1 604	459	91 400	76 210	10 833	3 372	984	6 318
	1974.	79 475	77 395	224	1 299	557	100 245	76 262	17 262	5 616	1 106	6 826
	1975.	81 929	80 047	214	1 176	492	105 856	78 658	20 967	5 220	1 010	7 151
Francuska	1965.	69 904	52 961	4 303	6 724	5 916	144 427	67 096	64 166	7 127	6 037	2 952
	1970.	59 308	39 035	3 389	9 164	7 720	193 044	55 749	115 643	13 994	7 658	3 799
	1974.	47 164	25 348	2 952	10 160	8 704	228 174	44 835	151 276	23 382	8 681	4 342
	1975.	47 413	25 187	2 864	9 850	9 513	208 882	40 461	133 590	25 017	9 810	3 444
Mađarska	1965.	21 728	17 899	2 344	1 476	9	28 541	21 782	4 845	1 742	171	2 812
	1970.	23 211	15 900	2 500	4 621	11	33 111	19 323	8 465	4 887	435	3 212
	1974.	24 265	14 258	3 213	6 789	10	37 197	16 995	12 569	7 049	583	3 557
	1975.	23 710	13 721	3 285	6 684	20	38 200	16 690	13 333	7 650	527	3 624
Grčka	1965.	1 775	1 600	—	—	95	6 621	2 087	4 437	—	98	774
	1970.	2 865	2 534	—	—	329	11 195	2 953	7 910	—	332	1 274
	1974.	4 885	4 597	—	—	288	18 355	5 346	12 719	—	293	2 646
	1975.	6 156	5 909	—	—	247	18 9098	6 510	12 151	—	248	2 090
Italija	1965.	20 343	894	2 920	10 392	6 137	92 230	12 106	63 556	10 392	6 178	1 787
	1970.	26 391	991	1 956	17 544	5 900	144 096	12 678	107 478	17 544	6 396	2 685
	1974.	27 883	423	1 613	20 344	5 503	178 673	12 296	134 751	25 841	5 785	3 224
	1975.	27 033	437	1 582	19 061	5 953	168 088	12 837	119 986	28 994	6 271	3 012
Holandija	1965.	16 937	11 446	3 113	2 378	—	42 272	13 548	26 392	2 327	4	3 438
	1970.	48 989	4 334	2 495	42 114	46	66 188	7 155	31 781	27 240	3	5 000
	1974.	114 884	758	2 231	111 492	403	83 829	3 387	25 657	53 492	221	6 191
	1975.	111 790	. . .	2 342	109 038	440	78 962	3 387	25 332	49 865	378	5 784
Norveška	1965.	6 533	462	—	—	6 107	13 333	1 255	6 201	—	5 837	3 581
	1970.	7 642	484	—	—	7 158	18 708	1 534	10 121	—	7 053	4 823
	1974.	12 362	436	2 508	—	9 418	19 642	1 450	9 456	—	8 736	4 926
	1975.	23 557	389	13 636	—	9 532	18 458	1 303	8 315	—	8 841	4 607
Poljska	1965.	128 042	125 619	473	1 835	114	110 481	102 057	6 031	2 336	57	3 507
	1970.	157 656	149 921	586	6 902	236	138 913	119 943	10 493	8 235	243	2 278
	1974.	182 780	173 950	883	7 044	302	157 923	132 092	15 404	10 464	— 37	4 687
	1975.	192 417	183 585	871	7 669	293	170 338	141 857	17 639	10 612	230	5 007
Rumunjska	1965.	43 920	6 517	16 828	20 440	126	37 196	8 060	8 879	20 173	84	1 954
	1970.	59 347	11 065	17 887	30 049	347	56 772	13 968	12 973	29 782	48	2 803
	1974.	76 895	13 639	21 975	40 238	1 043	74 506	17 828	15 960	39 965	752	3 543
	1975.	80 659	13 884	21 145	43 599	1 071	80 797	18 699	17 994	43 341	763	3 803
Španjolska	1965.	16 881	14 329	91	—	2 461	32 029	16 076	13 571	—	2 382	1 009
	1970.	15 973	12 166	196	—	3 610	50 143	15 704	30 928	—	3 421	1 484
	1974.	19 322	11 809	2 914	1	4 598	72 673	15 629	51 258	1 316	4 470	2 063
	1975.	20 369	12 420	3 296	2	4 643	76 171	16 825	53 045	1 762	4 539	2 147
Švedska	1965.	5 924	46	73	—	5 805	34 852	3 004	26 144	—	5 704	4 806
	1970.	5 211	12	—	—	5 199	51 003	2 585	42 711	—	5 706	6 341
	1974.	7 299	—	—	—	7 299	47 368	2 215	37 493	—	7 660	5 804
	1975.	8 576	11	—	—	8 565	50 625	2 710	39 234	—	8 682	6 178
Švicarska	1965.	3 002	—	—	—	3 002	15 857	1 675	11 390	—	2 796	2 685
	1970.	3 973	—	—	—	3 973	21 594	719	17 501	—	3 377	3 445
	1974.	4 373	—	—	—	4 373	23 370	397	18 437	550	3 986	3 616
	1975.	4 974	—	—	—	4 974	23 407	292	18 386	822	3 908	3 642
Turska	1965.	7 675	5 411	1 992	—	271	10 887	5 417	5 199	—	271	349
	1970.	11 055	6 071	4 605	—	380	16 930	6 259	10 291	—	380	481
	1974.	12 157	6 703	5 042	—	412	24 045	6 589	17 045	—	412	628
	1975.	. . .	6 820	4 572	—	. . .	. . .	. . .	. . .	—	. . .	. . .
SSSR	1965.	928 885	432 900	315 754	170 051	10 179	832 795	414 496	238 778	169 529	9 992	3 612
	1970.	1 188 998	450 400	459 950	263 663	15 985	1 054 689	429 865	345 504	264 004	15 316	4 344
	1974.	1 533 035	494 101	674 654	347 057	17 224	1 323 715	474 077	489 507	344 153	15 978	5 252
	1975.	1 650 472	507 728	721 770	404 550	16 884	1 410 781	488 018	578 893	388 397	15 473	5 546
Velika Britanija	1965.	193 418	190 499	109	252	2 558	282 616	185 426	93 117	1 108	2 565	5 173
	1970.	163 653	144 564	203	15 000	3 887	299 362	152 255	127 040	16 101	3 966	5 362
	1974.	161 689	109 907	662	46 395	4 725	306 486	116 717	137 838	47 199	4 731	5 464
	1975.	183 989	128 389	2 364	48 895	4 340	295 329	124 820	116 039	50 101	4 349	5 265
S A D	1965.	1 633 260	476 195	526 696	604 992	25 104	1 790 302	425 203	723 245	616 765	25 088	9 200
	1970.	2 062 532	552 173	649 429	826 803	34 128	2 278 786	470 712	933 555	840 110	34 409	11 123
	1974.	2 105 807	543 777	729 221	781 259	51 549	2 433 476	500 145	068 822	811 398	53 111	11 485
	1975.	2 036 671	574 155	696 886	706 860	58 770	2 349 549	525 036	040 481	726 501	59 531	10 999
Zapadna Njemačka	1965.	133 681	167 198	10 260	4 288	1 935	250 180	147 215	96 287	4 212	2 465	4 237
	1970.	174 333	144 222	9 807	17 331	2 974	317 795	131 448	160 275	22 129	3 942	5 163
	1974.	172 928	133 039	9 122	27 085	3 692	353 490	114 498	177 531	57 043	4 419	5 698
	1975.	165 861	129 803	8 453	22 874	4 738	330 490	105 549	164 223	54 606	5 702	5 345
Jugoslavija	1965.	19 827	15 563	2 701	440	1 123	23 240	17 727	3 901	44	1 192	1 191
	1970.	21 417	14 532	3 741	1 301	1 843	29 337	16 430	9 737	1 301	1 869	1 440
	1974.	26 667	17 092	5 106	1 927	2 541	39 825	19 366	15 990	1 927	2 541	1 883
	1975.	. . .	18 069	5 451	2 070	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .