ENERGIJA

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

GODIŠTE 23. GODINA 1974.

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1974. GODINI

Studije i istraživanja

	Str.	Broj
Baranović B.: Izbor redoslijeda izgradnje elektrana	150	5—6
Baranović B.: Izbor hidroelektrana 200 MW za potrebe elektroprivrednog sistema SRH	391	11—12
Baranović B.: Problemi dugoročnog razvoja elektroprivrede Hrvatske	329	11—12
Boranić V.: Zagađivanje atmosfere kao posljedica spaljivanja goriva u stacionarnim objektima	219	7—8
Brkić H.: Velike termoelektrane kao izvor zagađivanja zraka	21	1—2
Bubnjević J. — Šicel A.: Neki aspekti organiziranog pristupa racionalnoj potrošnji i štednji električne energije	232	7—8
Crnčić M.: Prikaz elektrificiranosti naselja i kućanstava SR Hrvatske u 1973.	314	9—10
Čupin N.: Procesno računalo i vođenje distributivnog elektroenergetskog sistema	226	7—8
Edwin W. Kurt: O pitanju stohastičkih kvarova u tehnici električnih postrojenja	82	3—4
Hartl V. Osnove metodike proračuna sigurnosti shema elektrodistributivnih mreža	269	9—10
Jalšovec J.: Korekcioni faktor za razne slučajeve pogrešnog priključka brojila — određivanje konstante brojila	175	5—6
Jung M.: Utjecaj vodova visokog napona na naftovode	357	11—12
Knapp V.: Oplodni reaktori i perspektiva nuklearne energije	157	5—6
Lakota J.: Automatizacija u termoelektranama (I dio)	351	11—12
Lalević B.: Polaganje energetskih kablova preko mostova	364	11—12
Markovčić B.: Jalova snaga u elektroenergetskom sistemu i racionalizacija potrošnje električne energije	278	9—10
Matanić D.: Procesi i problemi izgaranja teških loživih ulja u ložištima generatora pare	28	1—2
Miličević A.: Serijske prigušnice za ograničenje struja kratkog spoja	241	7—8
Moser J.: Analiza strukture instaliranih kućanskih aparata u domaćinstvima i mogućnosti štednje električne energije promjenom navika korisnika kućanskih aparata	295	9—10
Nevešćanin J.: Iskustva i mogućnosti racionalizacije potrošnje električne energije distributivnih potrošača u specijalnim uvjetima	281	9—10
Nevešćanin J.: Iskustva i mogućnosti izvedbe efikasnog uzemljenja mreže seoske elektrifikacije u uvjetima loše vodljivosti tla	90	3—4
Ožegović M.: Uloga idealnog transformatora u ekvivalentnoj shemi mreže	141	5—6
Požar H.: Opskrba energijom i zaštita okoline	209	7—8
Požar H.: Pogled na buduću opskrbu Jugoslavije električnom energijom	342	11—12
Požar H.: Prikaz i analiza prilika u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u razdoblju kolovoz - prosinac 1973.	171	5—6
Sterpin E.: Primjena automatskog uključenja rezervnog napajanja kao mjera sigurnosti i kvalitete dobave električne energije u turizmu	372	11—12
Šodan M.: Predstavljanje transformatora u analizi elektroenergetskog sistema	1	1—2
Vagić N.: Program razvoja električne mreže 110 i 20 kV na području Samobor — Klara — Velika Gorica	9	1—2
Vuković V.: O sigurnosti nuklearnih elektrana	162	5—6
Zloković V.: Usmeravanje domaćinstva na sistem električnog grejanja koji se može povoljno odraziti na elektroenergetski sistem	113	3—4

	Str.	Broj
Pogonska problematika		
Crnčić M.: Kontrola i održavanje transformatorskog ulja i ostale električne opreme	251	7—8
Cvitan I. — Fiala M.: Kamenac na električnim grijačima — uzrok većeg utroška električne energije u bojlerima	314	9—10
Čorak D. — Ivančić S.: Proračunavanje tehničko-energetskih karakteristika bloka termoelektrana digitalno-procesnim računalom za uvjete termoelektrana Jugoslavije	73	3—4
Hangi V.: Zaštita visokonaponskih motora u termoelektranama na području SRH	360	11—12
Petrović M.: Najmanji mogući razmak vijaka kod dalekovodnih čelično-rešetkastih stupova	307	9—10
Petrović M.: Primjena drvenih stupova u niskonaponskoj mreži	97	3—4
Tropin K. A.: Brzo određivanje gubitaka energije u blok-transformatorima	254	7—8
Valenčić M.: Ocjena stanja i određivanje uzroka kvara izolacije u elementima električnih postrojenja primjenom kromografije	34	1—2
Savjetovanja i konferencije		
Hartl V.: Osvrt na II savjetovanje o izvorima opasnosti od električne struje i prevent. sredstvima zaštite	185	5—6
Krulc Z.: 12. međunarodna (Evropska) konferencija o zaštiti od munje	187	5—6
Markovčić B.: S kongresa UNIPEDE u Haau 1973.	120	3—4
Markovčić B.: II savjetovanje o prijenosnoj 380, 220 i 110 kV mreži Jugoslavije	128	3—4
Markovčić B.: VII redovna skupština i plenum JEK-a	397	11—12
Moser J.: I. savjetovanje o racionalnoj potrošnji električne energije i štednji u specijalnim uvjetima	262	7—8
Radman I.: II savjetovanje u Splitu o hidroelektranama i pumpno-akumulacionim elektranama	324	9—10
Tonković Z.: IV savjetovanje o energetskim kabelima	130	3—4
Valenčić M.: Savjetovanje u Liege-u	184	5—6
Vijesti iz poduzeća i elektroprivrede		
Despotović D.: TS 30/110 kV Zagreb I	264	7—8
——: Rad Instituta za elektroprivredu u 1973.	191	5—6
——: Statistički pregled elektroprivrede SRH u sklopu elektroprivrede Jugoslavije	49	1—2

GOD. 23 (1974) energija BROJ 1 — 2

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

PREDSTAVLJANJE TRANSFORMATORA U ANALIZI ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Milan Šodan, Zagreb

Opisan je način prikazivanja transformatora za potrebe proračuna elektroenergetskog sistema. Pri tom predstavljaju poseban problem regulacioni i tronamotajni transformatori. Obrađeno je prikazivanje pomoću serijskog spoja II sheme i idealnog transformatora, kao i pomoću narinutih nadomjesnih struja.

DK 621.31:621.314

1. Uvod

U proračunu elektroenergetskog sistema transformator se predstavlja nadomjesnim otporom, odnosno kombinacijom otpora. Ako je prijenosni odnos transformatora jednak omjeru nazivnih napona mreža između kojih je uključen (nazivni naponi transformatora ne moraju biti jednaki nazivnim naponima mreža), dovoljno je otpor transformatora i otpore jedne mreže preračunati na napon druge mreže, množeći ih kvadratom prijenosnog odnosa. Kao što je poznato, preračunavanje se može provesti i, na bilo koji drugi računski napon. Isto se postupa, ako se prijenosni odnos transformatora razlikuje od omjera nazivnih napona mreža koje on spaja.

Ako se između dvije mreže nalaze dva transformatora postupak je jednak prethodno opisanom, kada su im prijenosni odnosi jednaki. Poteškoće se javljaju kad prijenosni odnosi nekih transformatora, spojenih između dviju mreža, nisu jednaki, a to je redovno kod regulacionih transformatora u visokonaponskim mrežama.

Posebno se ističe problem kad se proračun obavlja računskim strojem, kada bi za svaku promjenu prijenosnog odnosa regulacionog transformatora valjalo mijenjati matricu admitancija, odnosno impendancija mreže. U tom slučaju se postupa tako da se na mjestima regulacionih transformatora mreža razdvoji i proračun provede primjenom lančane matrice, ili pak, da se odstupanje prijenosnog odnosa transformatora od nazivnog, kompenzira uvođenjem nadomjesnih struja. Posljednje rješenje je često u upotrebi.

2. Nadomjesna shema dvonamotnog transformatora

Dobro poznato prikazivanje dvonamotnog transformatora pomoću T-sheme prikazano je na sl. 1. Lijevo na shemi a) prikazani su djelatni i jalovi otpori odvojeno, dok su na desnoj shemi b) otpori prikazani kao kompleksne veličine. Stezaljka p neka označuje primarnu stranu, a stezaljka s sekundarnu stranu transformatora. Pretpostavlja se da je redukcija izvršena na primarnu stranu. Ostale oznake su vidljive iz slike.

Nadomjesna T-shema može se preslikati (transfigurirati) u nadomjesnu Π-shemu, koja je također dobro poznata i prikazana na sl. 2. U proračunu sistema redovno se upotrebljava nadomjesna Π-shema jer sadrži jedan čvor manje, a i zbog jednoobraznosti, jer se i drugi elementi mreže (vodovi) predstavljaju nadomjesnom Π-shemom. Promjena T-sheme (zvijezda) u Π-shemom (trokut) postiže se slijedećim međusobnim odnosima pripadajućih karakterističnih veličina obiju shema:

$$Z_k = Z_p + Z'_s + \frac{Z_p Z'_s}{Z_o} \approx Z_p + Z'_s \qquad (1)$$

$$Z_{op} = Z_p + Z_o \left(1 + \frac{Z'_s}{Z_p}\right) \approx Z_p + 2Z_o \approx 2Z_o \qquad (2)$$

$$Z_{os} = Z'_s + Z_o \left(1 + \frac{Z_p}{Z'_s}\right) \approx Z'_s + 2Z_o \approx 2Z_o \qquad (3)$$

$$Z_{op} \approx Z_{os} \approx 2Z_o \qquad (4)$$

$$\frac{Y_o}{2} = \frac{1}{2Z_o}.$$

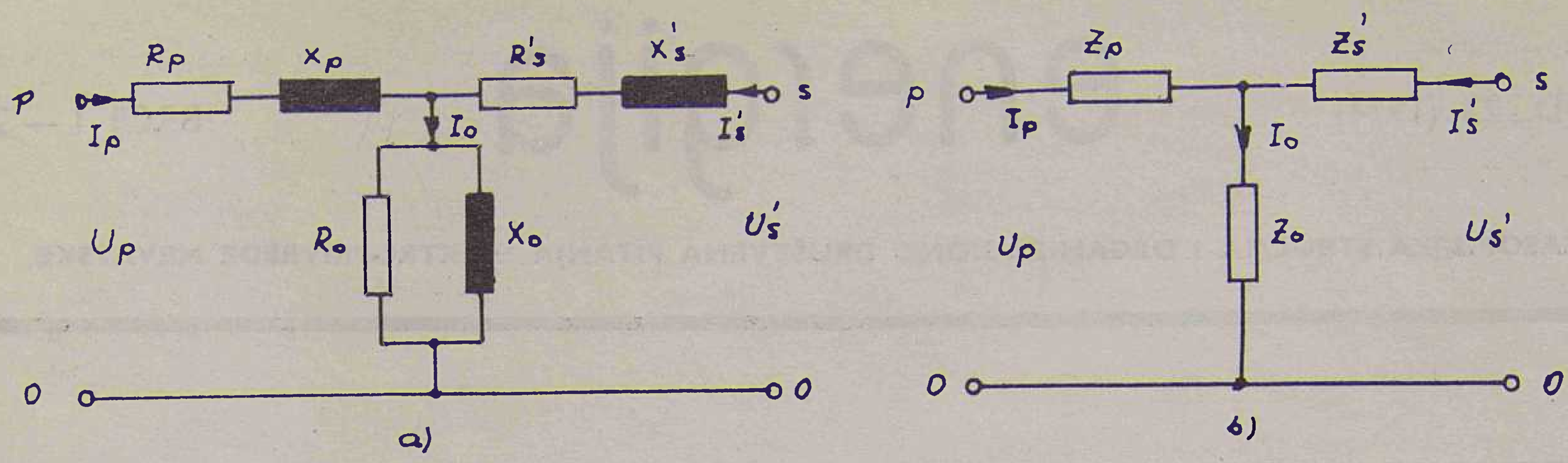
Naime, član $\frac{Z_p Z'_s}{Z_o}$ u jednadžbi (1) može se zanemariti u odnosu na prva dva člana, pa je Z_k u stvari impedancija kratkog spoja, koja se određuje prema izrazu:

$$Z_k = \frac{U_{utp}^2}{S_n}\left[\frac{P_{cu}}{S_n} + j\sqrt{U_k^2 - \left(\frac{P_{cu}}{S_n}\right)^2}\right]. \qquad (6)$$

Slično se u izrazima (2) i (3) može zanemariti Z_p odnosno Z_s', pa se vodljiva vrijednost poprečnih grana određuje iz podataka pokusa praznog hoda

$$Y_o = \frac{S_n}{U_{utp}^2}\left[\frac{P_{Fe}}{S_n} - j\sqrt{\left(\frac{I_o}{I_n}\right)^2 - \left(\frac{P_{Fe}}{S_n}\right)^2}\right]. \qquad (7)$$

Oznake u jednadžbama (6) i (7) su slijedeće:



Sl. 1 a i 1 b Nadomjesna T-shema dvonamotnog transformatora

U_{ntp} — nazivni napon transformatora na primarnoj strani
S_n — nazivna snaga transformatora
P_{cu} — gubici u bakru (gubici kratkog spoja)
P_{Fe} — gubici u željezu (gubici praznog hoda)
u_k — relativni napon kratkog spoja
I_n — nazivna struja transformatora
I_o — struja magnetiziranja (praznog hoda).

3. Nadomjesna shema regulacionog transformatora

Sada nije moguće transformator predstaviti samom Π-shemom već joj je potrebno, kako je vidljivo iz sl. 3, dodati idealni transformator prijenosnog odnosa t. Naime, kada je t konstantan onda je moguće otpore jedne mreže, npr. one na sekundarnoj strani, reducirati na primarnu stranu. Ako je pak t promjenljiv, valjalo bi stalno preračunavati promjene u funkciji prijenosnog odnosa. Umjesto toga može se pridodati idealni transformator čiji se prijenosni odnos t mijenja dok iznosi otpora u Π-shemi ostaju nepromijenjeni.

Nadomjesna Π-shema postavlja se na stranu onog namota na kojem se ne vrši regulacija, i dogovorno neka je to uvijek stezaljka p, jer se na taj način znatno smanjuje pogreška zbog pretpostavke da je Z_k konstantan, tj. da nije funkcija prijenosnog odnosa t, odnosno promjene broja zavoja na namotu, gdje se obavlja regulacija.

Prijenosni odnos t regulacionog transformatora valja zamisliti sastavljenog od nazivnog prijenosnog odnosa t_n i regulacionog prijenosnog odnosa t_r, tako da vrijedi

Nazivni prijenosni odnos t_n jednak je omjeru nazivnog napona transformatora na primarnoj strani (neregulaciona strana) i nazivnog napona transformatora na sekundarnoj strani (regulirana strana), tj.:

$$t = t_n \cdot t_r \tag{8}$$

$$t_n = \frac{U_{ntp}}{U_{nts}}. \tag{9}$$

Regulacioni prijenosni odnos t_r u principu je kompleksni broj, jer napon rgeulacionog dijela namota ne mora biti u fazi s naponom osnovnog namota. Taj dodatni napon dijela regulacionog namota imat će iznos $\frac{rU_o}{t_n}$, i zatvara određeni kut φ s naponom osnovnog namota, kako se to vidi iz vektorskog prikaza na sl. 3. lijevo, gdje je r relativni iznos regulacionog namota u odnosu na osnovni namot, ili relativna regulacija. Prema tome regulacioni prijenosni odnos je:

$$t_r = \frac{\frac{U_o}{t_n}}{\frac{U_o}{t_n}(1+r)e^{j\varphi}} = \frac{1}{(1+r)e^{j\varphi}}, \tag{10}$$

a ukupni prijenosni odnos transformatora

$$t = t_n \cdot t_r = \frac{U_{ntp}}{U_{nts}} \quad \frac{1}{(1+r)e^{j\varphi}}, \tag{11}$$

Iz slike 3 može se pisati za struju I_p:

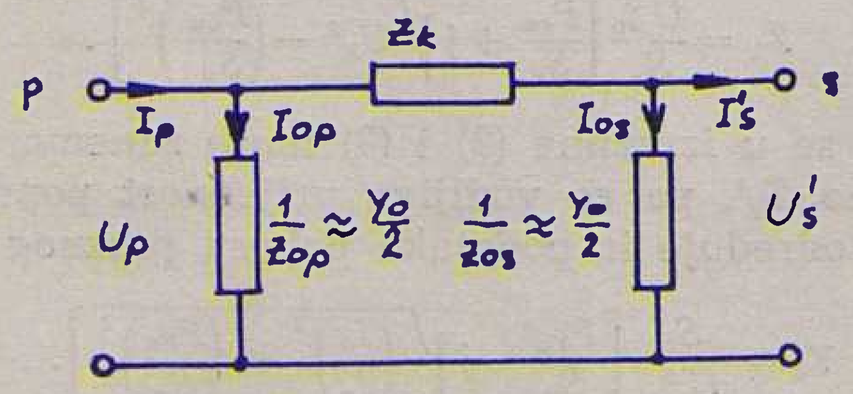
$$I_p = \frac{1}{Z_k}(U_p - U_o) + \frac{1}{2} Y_o U_p, \tag{12}$$

a za struju kroz primarni namot idealnog transformatora

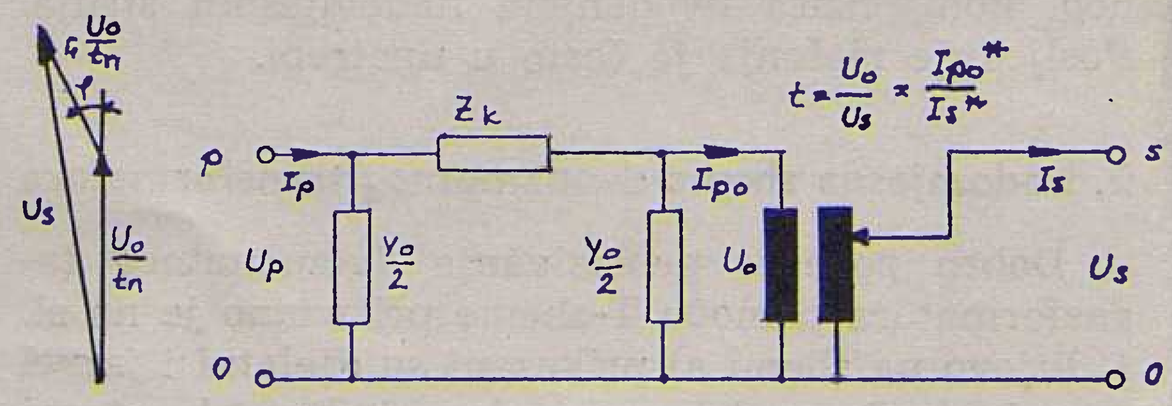
$$I_{po} = \frac{1}{Z_k}(U_p - U_o) - \frac{1}{2} Y_o U_o, \tag{13}$$

Za prijenosni odnos transformatora vrijedi na temelju sl. 3.

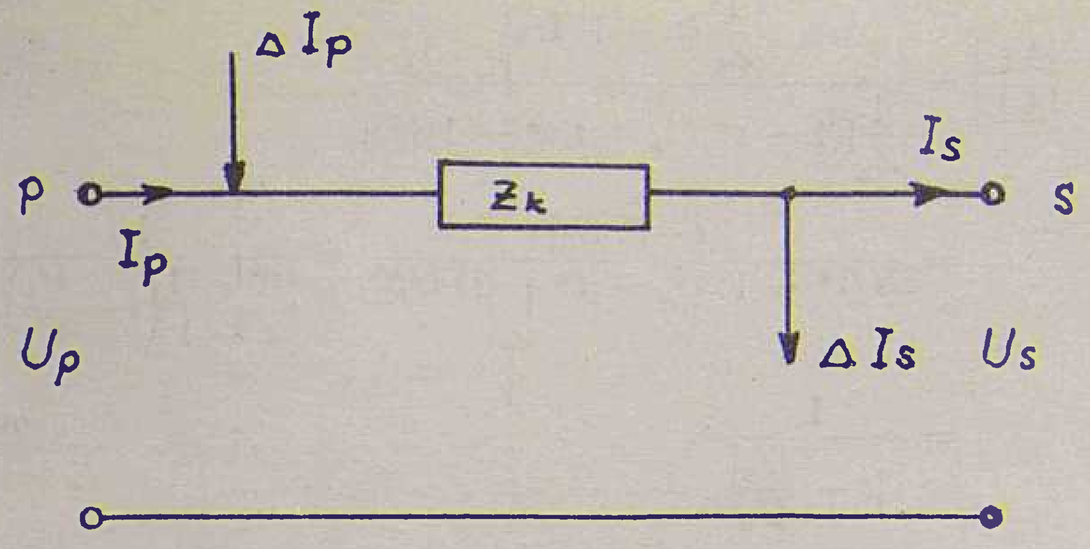
$$t = \frac{U_o}{U_s}, \tag{14}$$



Sl. 2 Nadomjesna π-shema dvonamotnog transformatora



Sl. 3 Nadomjesna shema regulacionog transformatora



Sl. 4 Pretstavljanje regulacionog transformatora nadomjesnim strujama

Isto tako zbog invarijantnosti snage idealnog transformatora vrijedi

$$U_o \cdot I_{po} = U_s \cdot I_s , \tag{15}$$

odakle pomoću (14) slijedi

$$t = \frac{I_s^*}{I_p^*} \tag{16}$$

odnosno

$$t^* = \frac{I_s}{I_{po}} . \tag{16'}$$

Uvrste li se jednadžbe (14) i (16) u (12) i (13) dobiju se izrazi za primarnu i sekundarnu struju:

$$I_p = \frac{1}{Z_k}(U_p - t\ U_s) + \frac{1}{2} Y_o\ U_p \tag{17}$$

$$I_s = t^* \left[\frac{1}{Z_k}(U_p - t\ U_s) - \frac{1}{2} Y_o\, t U_s\right] \tag{18}$$

što se može pisati u matričnom obliku kao:

$$\begin{bmatrix} I_p \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{t_k} + \frac{1}{2} Y_o & -t\frac{1}{Z_k} \\ t^* \frac{1}{Z_k} & -tt^* \left(\frac{1}{Z_k} + \frac{1}{2} Y_o\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_p \\ U_s \end{bmatrix}. \tag{19}$$

4. Predstavljanje regulacionog transformatora pomoću nadomjesnih struja

Cilj je da se transformator predstavi jednim Π-četveropolom istim za sve prijenosne odnose, a da se uloga idealnog transformatora, koja se sastoji u korekciji struje i napona na regulacionoj strani nadomjesti narinutim strujama ΔI_p na strani p i ΔI_s na strani s prema sl. 4. Promjenom prijenosnog odnosa stvarnog transformatora neće se mijenjati (preračunavati) impendancija Z_k već će se mijenjati nadomjesne struje ΔI_p i ΔI_s. Kao rezultat slijedi da se neće mijenjati ni matrica Y mreže, što donosi znatno skraćenje vremena proračuna mreže.

Iznos nadomjesnih struja ΔI_p i ΔI_n treba da bude takav da struja I_p i I_s te napon U_p i U_s u ovoj nadomjesnoj shemi bude jednak onima iz prijašnje sheme na sl. 3, tj. stvarnim strujama i stvarnim naponima transformatora.

Za struje na stradn p i s iz sl. 4 vrijede izrazi:

$$I_p = \frac{1}{Z_k}(U_p - U_s) - \Delta I_p \tag{20}$$

$$I_s = \frac{1}{Z_k}(U_p - U_s) - \Delta I_s \tag{21}$$

Izjednače li se jednadžbe (17) i (20) te (18) i (21) dobije se iznos nadomjesnih struja na strani p i s:

$$\Delta I_p = -\frac{1}{2} Y_o\ U_p + \frac{1}{Z_k}(t-1)U_s \tag{22}$$

$$\Delta I_s = \frac{1}{Z_k}(1 - t^*)\, U_p + \left[\frac{1}{Z_k}(t\, t^* - 1) + \frac{1}{2} t\, t^* Y_o\right] U_s . \tag{23}$$

Prethodne jednadžbe napisane u matričnom obliku glase:

$$\begin{bmatrix} \Delta I_p \\ \Delta I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} Y_o & \frac{1}{Z_k}(t-1) \\ \frac{1}{Z_k}(1-t^*) & \frac{1}{Z_k}(t\ t^* - 1) + \frac{1}{2} tt^* Y_o \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_p \\ U_s \end{bmatrix},$$

Ako se zanemare poprečne grane u π-shemi transformatora (što se često čini), onda bi za struje ΔI_p i ΔI_s umjesto izraza (22) i (23) vrijedili slijedeći izrazi:

$$\Delta I_p = \frac{1}{Z_k}(t-1)\, U_s \tag{22}$$

$$\Delta I_s = \frac{1}{Z_k}(1 - t^*) U_p + \frac{1}{Z_k}(t\, t^* - 1)\, U_s . \tag{23}$$

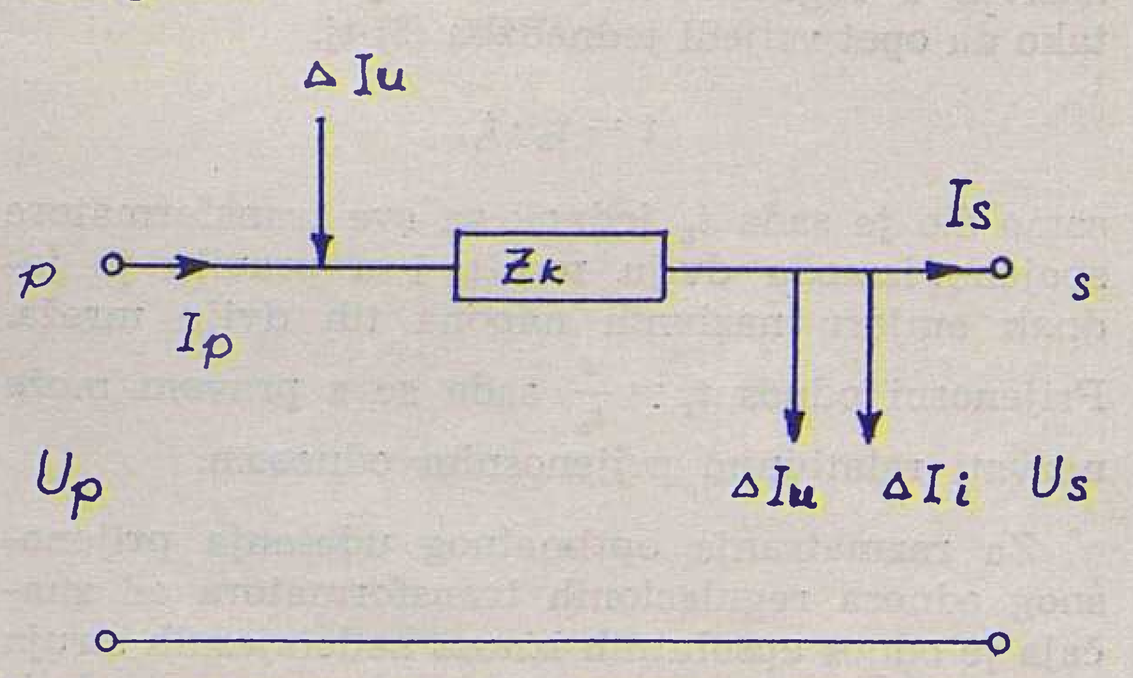
Iz jednadžbe (22') slijedi

$$\Delta I_p = \frac{1}{Z_k}(tU_s - U_s) = \frac{1}{Z_k}(U_o - U_s), \tag{22'}$$

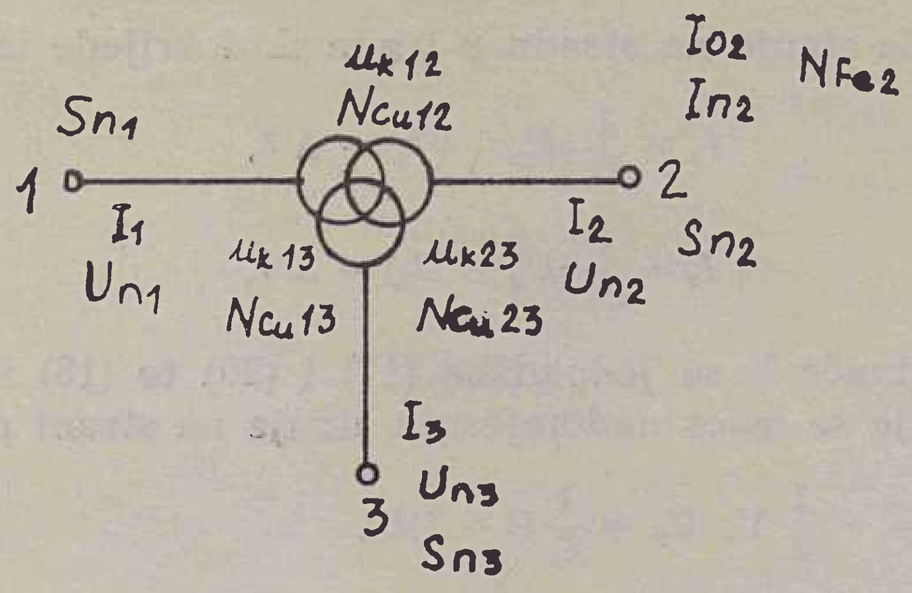
a to znači da struja ΔI_p na impendenciji Z_k izaziva pad napona (U_o—U_s), a to je upravo promjena napona koju je uzrokovao idealni transformator na sl. 3. Dakle, nadomjesna struja ΔI_p nadomješta naponsku razliku koju je inače davao idealni transformator, pa tu struju možemo nazvati nadomjesnom strujom naponske razlike i označiti je indeksno u i pisati:

$$\Delta I_u = \Delta I_p = \frac{1}{Z_k}(t-1)\, U_s \tag{24}$$

Iz sl. 4. se zaključuje da se struja ΔI_s sastoji iz ΔI_p i još jedne preostale komponente, nazovimo je ΔI_i, pa se može pisati za slučaj da nema poprečnih grana



Sl. 5 Nadomjesne struje za naponsku i strujnu razliku



Sl. 6 Jednopolna shema tronamotnog transformatora

$$\Delta I_S = \Delta I_u + \Delta I_i, \tag{25}$$

odnosno

$$\Delta I_i = \Delta I_S - \Delta I_u = \frac{1}{Z_k}[(1 - t^*)\, U_p + t\,(t^* - 1)\, U_S]. \tag{26}$$

Napravi li se razlika struje I_p i I_s iz jednadžbi (17) i (18) zanemarujući i opet poprečne grane dobije se

$$I_p - I_s = \frac{1}{Z_k}[(1 - t^*)\, U_p + t\,(t^* - 1)\, U_S]. \tag{27}$$

Vidi se da su izrazi (26) i (27) jednaki, pa je prema tome ΔI_i razlika struje na strani p i s, tj. struja ΔI_i nadomješta strujnu razliku, koju je inače u sl. 3 davao idealni transformator. Na temelju toga može se regulacioni transformator prikazati kao na sl. 5.

Valja napomenuti da se na taj način mogu prikazati i neregulacioni transformatori, samo što je tamo prijenosni odnos konstantan, pa nema potrebe za stalnom promjenom faktora redukcije. Međutim, ako se između dva naponska nivoa u mreži nalaze transformatori s nejednakim prijenosnim odnosom, onda će ovakav način prikazivanja biti prikladan.

Ovim nadomjesnim strujama može se nadomjestiti ukupan prijenosni odnos transformatora t. Međutim, iznos nadomjesnih struja u tom bi slučaju bio relativno velik i one bi u proračun unosile nestabilnost. Stoga se postupa tako da se ukupni prijenosni odnos transformatora dijeli na nazivni i regulacioni (sada bolje reći dodatni), tako da opet vrijedi jednadžba (8) tj.

$$t = t_n \cdot t_r,$$

samo što je sada t_n jednak za sve transformatore spojene između dviju mreža i u pravilu je jednak omjeru nazivnih napona tih dviju mreža. Prijenosni odnos $t_r = \frac{t}{t_n}$ sada se s pravom može nazvati relativnim prijenosnim odnosom.

Za razmatranja optimalnog udešenja prijenosnog odnosa regulacionih transformatora od značaja je odnos apsolutnih iznosa nadomjesnih struja ΔI_u i ΔI_i. Za taj omjer vrijedi

$$\frac{|\Delta I_u|}{|\Delta I_i|} = \frac{\left|\frac{1}{Z_k}(t-1)\, U_S\right|}{\left|\frac{1}{Z_k}[(1-t^*)U_p + t(t^*-1)U_s]\right|} = \frac{|(t-1)\, U_S|}{|t\,(t^*-1)\, U_s - (t^*-1)\, U_p|} = \frac{1}{\left|\frac{t^*-1}{t-1}\left(t - \frac{U_p}{U_s}\right)\right|}$$

$$= \frac{1}{\left|t - \frac{U_p}{U_n}\right|}, \tag{28}$$

odakle se zaključuje da je ΔI_u za jedan red veličina veća po iznosu od ΔI_i, pa će se ova druga u izvjesnim slučajevima optimizacije moći zanemariti u odnosu na prvu.

5. Predstavljanje tronamotnog transformatora

Na sl. 6 prikazana je jednopolna shema tronamotnog transformatora, na kojoj su označene sve njegove karakteristične veličine. Poznato je da je potrebno provesti tri pokusa kratkog spoja i bar jedan pokus praznog hoda.

Iz nazivnih vrijednosti transformatora i podataka kratkih spojeva i praznog hoda određuju se impendancije

$$Z_{12} = \frac{U_n^2}{S_{n12}}\left[\frac{N_{cu12}}{S_{n12}} + j\sqrt{u_{n12}^2 - \left(\frac{N_{cu12}}{S_{n12}}\right)^2}\right] \tag{29a}$$

$$Z_{13} = \frac{U_{n2}^2}{S_{n13}}\left[\frac{N_{cu13}}{S_{n13}} + j\sqrt{u_{k13}^2 - \left(\frac{N_{cu13}}{S_{n13}}\right)^2}\right] \tag{29b}$$

$$Z_{23} = \frac{U_{n2}^2}{S_{n23}}\left[\frac{N_{cu23}}{S_{n23}} + j\sqrt{u_{k23}^2 - \left(\frac{N_{cu23}}{S_{n23}}\right)^2}\right] \tag{29c}$$

i admitancija poprečne grane

$$Y_o = \frac{S_{n2}}{U_{n2}}\left[\frac{N_{Fe\,2}}{S_{n\,2}} - j\sqrt{\left(\frac{I_{o2}}{I_{n2}}\right)^2 - \left(\frac{N_{Fe\,2}}{S_{n2}}\right)^2}\right] \tag{29d}$$

Sve ove veličine reducirane su na napon U_{n2}. Impendacije Z_{12}, Z_{13} i Z_{23} ne mogu se bez daljnjeg unijeti u jednu ekvivalentnu shemu, jer one vrijede diskontinuirano za otpor između dviju odgovarajućih stezaljki tronamotnog transformatora. Naime, ne bi bilo ispravno ove tri impendancije spojiti u trokut između stezaljki 1, 2 i 3.

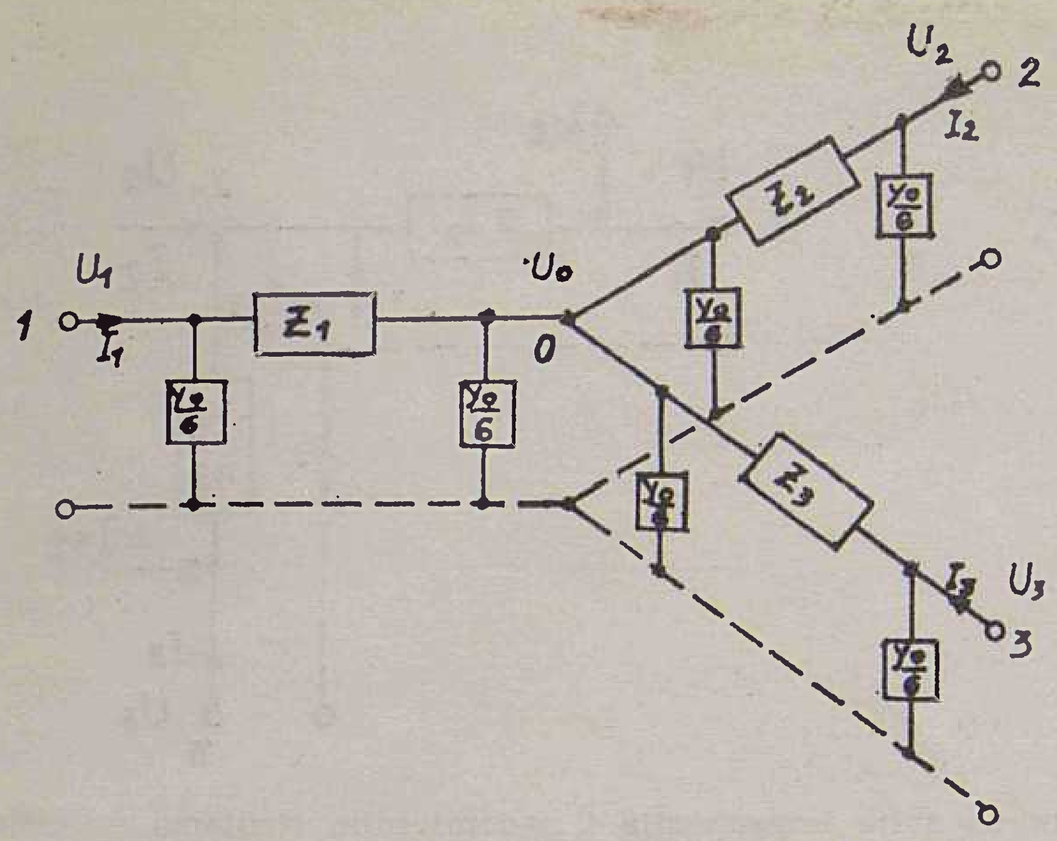
Tronamotni se transformator najčešće prikazuje s ekvivalentnom shemom prema sl. 7 pomoću tri impendancije Z_1, Z_2 i Z_3, koje se dobiju iz impendancija Z_{12}, Z_{13} i Z_{23} pomoću izraza:

$$Z_1 = \frac{1}{2}(Z_{12} + Z_{13} - Z_{23}) \tag{30a}$$

$$Z_2 = \frac{1}{2}(Z_{12} + Z_{23} - Z_{12}) \tag{30b}$$

$$Z_3 = \frac{1}{2}(Z_{13} + Z_{23} - Z_{12}) \tag{30c}$$

Poprečna grana se može smjestiti u sredinu u čvorište O u punom iznosu Y_o, ili s iznosom $\frac{Y_o}{3}$ u sva tri čvorišta 1, 2 i 3 ili pak s iznosom $\frac{Y_o}{6}$



Sl. 7 Ekvivalentna shema tronamotnog transformatora (zvijezda)

prema sl. 7. Prednost ovog posljednjeg načina predstavljanja je u tome što se dobiju tri π-sheme pa se mogu učitati u računalo prema već postojećoj šabloni za π-četveropole.

Tronamotni transformator može se predstaviti i sa tri impedancije spojene u trokut prema sl. 8. Poprečna se grana i sada dijeli na šest dijelova tako da se dobiju tri π-sheme. Radi se, naime, o pretvorbi zvijezde (Sl. 7) u trokut (Sl. 8). Za impendancije spojene u trokut vrijede izrazi:

$$Z_{12t} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3} = Z_{12} + \frac{1}{2}\frac{Z_{12}^2 - (Z_{13} - Z_{12})^2}{-Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$$

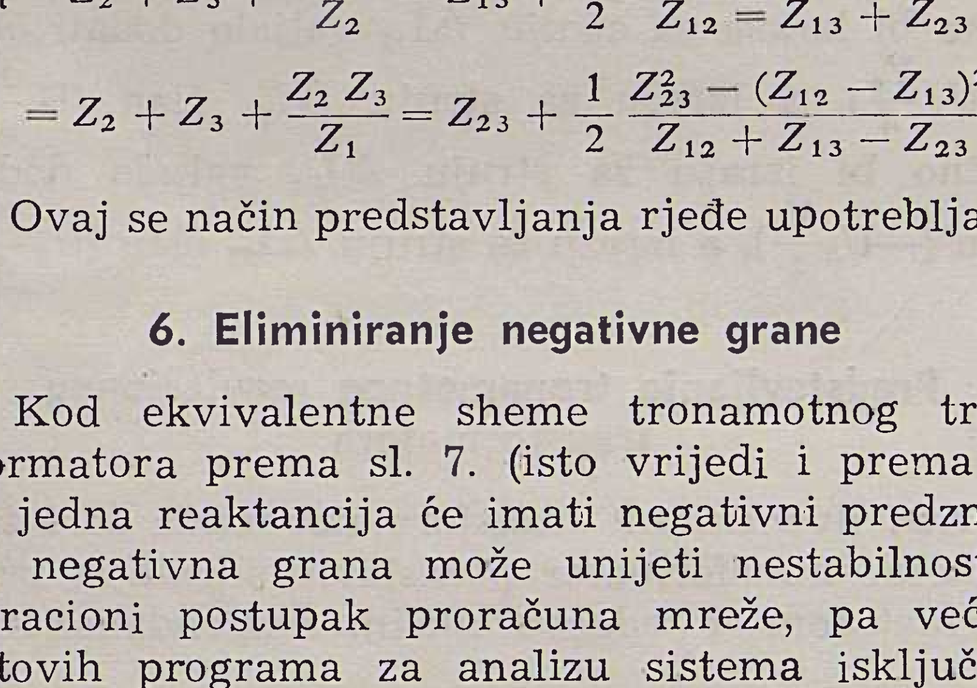
$$Z_{13t} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2} = Z_{13} + \frac{1}{2}\frac{Z_{13}^2 - (Z_{12} - Z_{23})^2}{Z_{12} = Z_{13} + Z_{23}}$$

$$Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = Z_{23} + \frac{1}{2}\frac{Z_{23}^2 - (Z_{12} - Z_{13})^2}{Z_{12} + Z_{13} - Z_{23}}$$

Ovaj se način predstavljanja rjeđe upotrebljava.

6. Eliminiranje negativne grane

Kod ekvivalentne sheme tronamotnog transformatora prema sl. 7. (isto vrijedi i prema sl. 8), jedna reaktancija će imati negativni predznak. Ta negativna grana može unijeti nestabilnost u iteracioni postupak proračuna mreže, pa većina gotovih programa za analizu sistema isključuju



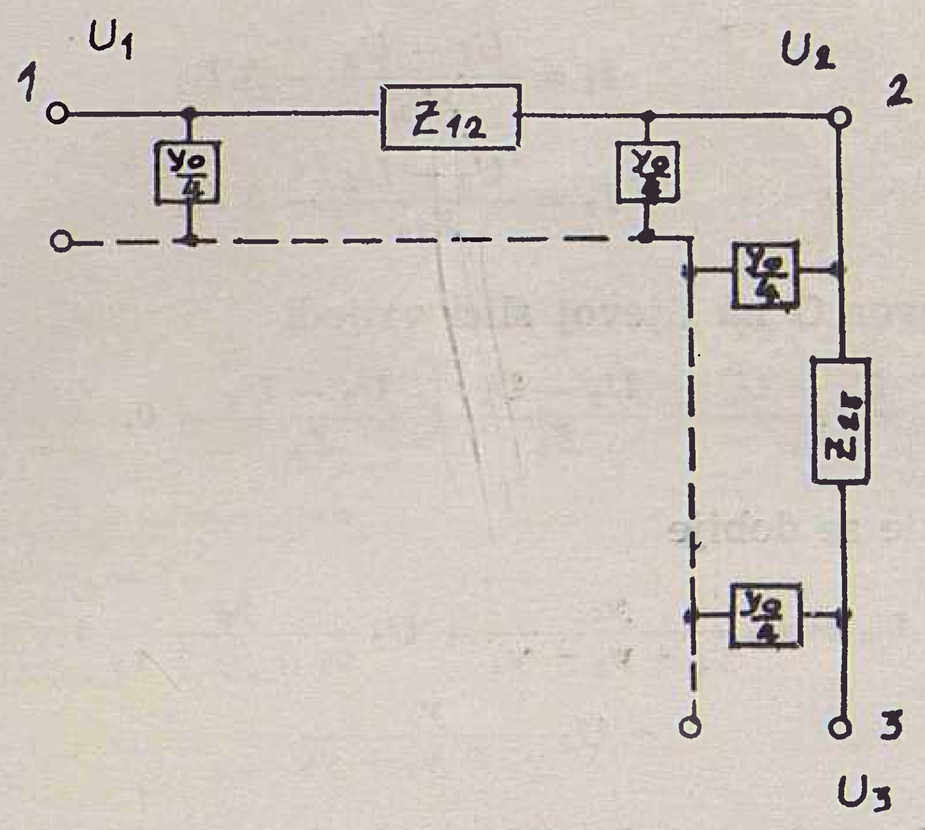
Sl. 8 Ekvivalentna shema tronamotnog transformatora (trokut)

mogućnost da jedna grana mreže ima negativan otpor, što onemogućuje da se bez daljnjeg vrši proračun mreže s tronamotnim transformatorima. Ima nekoliko načina da se eliminira grana s negativnim predznakom, ali se svi zasnivaju na pojednostavljenju, tj. nisu egzaktni. Od raznih mogućnosti prikazane su tri:

— ako je iznos negativne grane relativno malen jednostavno se ta grana eliminira (zanemari),

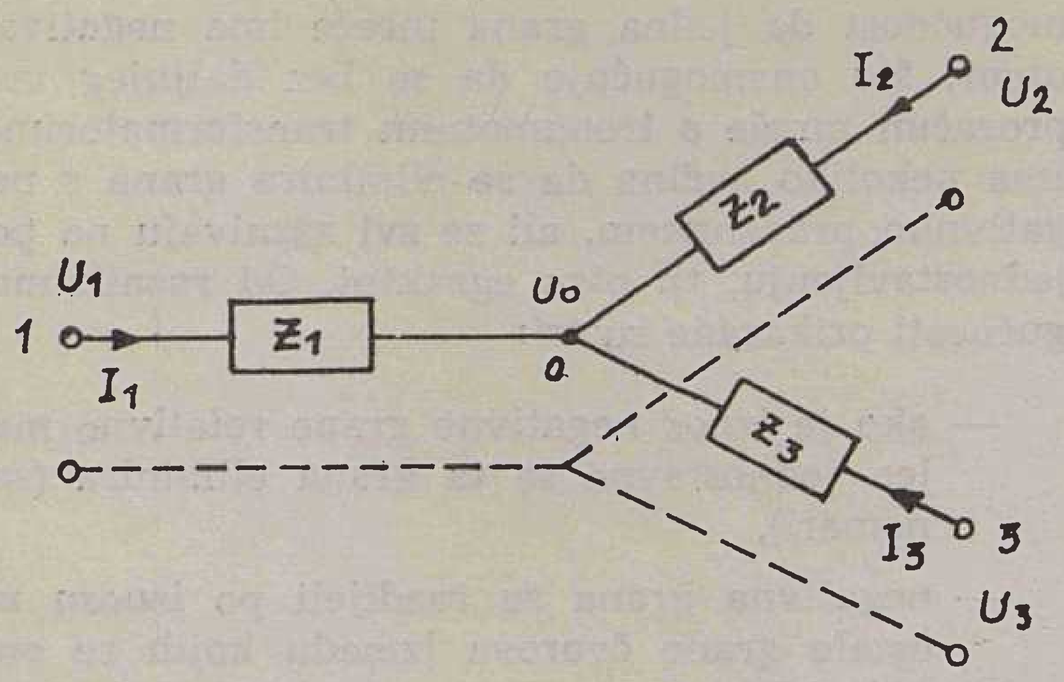
— negativna grana se razdijeli po iznosu na ostale grane čvorova između kojih se ona nalazi,

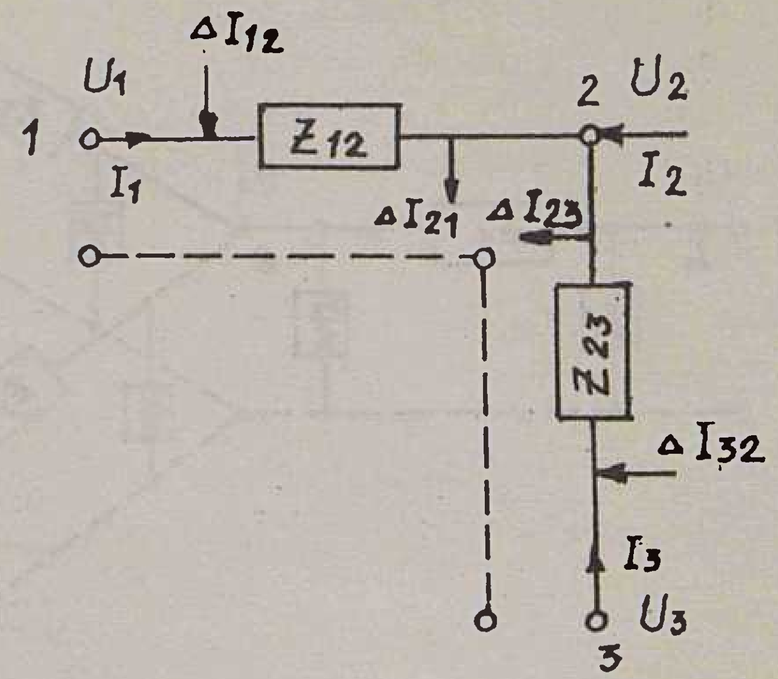
— kod tronamotnog transformatora se primijeni L-shema, prema sl. 9, gdje su uzete samo impendancije Z_{12} i Z_{23}. Može se pokazati da ovaj način predstavljanja tronamotnog transformatora unosi relativno malu pogrešku u proračun i stoga što je negativna grana relativno malena i što je snaga tercijara redovno nekoliko puta manja od snage primarnog i sekundarnog namota. Naravno da pogreška ovisi o opterećenosti pojedinih namota, ali uglavnom ne prelazi iznos od 1%.



Sl. 9 Nadomjesna shema tronamotnog transformatora sa dvije π sheme

Da bi se eliminirala negativna impendancija, redovno je to Z_2, može je se nadomjestiti odgovarajućim narinutim strujama. Korisno je poći od L-sheme koja sadrži Z_{12} i Z_{23} prema sl. 10. Ukoliko su opterećena sva tri čvora, onda lijeva slika predstavlja stvarne prilike na stezaljkama tronamotnog transformatora. Na desnoj slici bez nadomjesnih struja prilike na stezaljkama su netočne (približne), jer npr. struja I_1 teče kroz impedanciju $Z_{12} = Z_1 + Z_2$, ali kroz jedan njen dio Z_2 teče još i struja I_3, što će dati dodatni pad napona. Da bi se taj pad napona dodatno prouzročio narinut će se nadomjesna struja $\Delta I_{12} = \Delta I_{21}$ onolikog iznosa da na impendanciji Z_{12} izazove pad napona jednak padu napona što ga na impendenciji Z_2 izaziva dodatno struja I_3.





Sl. 10 a i 10 b Pretstavljanje tronamotnog transformatora sa dvije impedancije i nadomjesnim strujama

Za lijevu sliku vrijedi

$$I_1 = \frac{U_1 - U_o}{Z_1} \tag{32}$$

$$I_2 = \frac{U_2 - U_o}{Z_2} \tag{33}$$

$$I_3 = \frac{U_3 - U_o}{Z_3}, \tag{34}$$

a za desnu

$$I_1 = \frac{U_1 - U_2}{Z_{12}} - \Delta I_{12} \tag{35}$$

$$I_3 = \frac{U_3 - U_2}{Z_{23}} - \Delta I_{32} \tag{36}$$

Za čvor O ná lijevoj slici vrijedi

$$\frac{U_1 - U_o}{Z_1} + \frac{U_2 - U_o}{Z_3} + \frac{U_3 - U_o}{Z_3} = 0, \tag{37}$$

odakle se dobije

$$U_0 = U_1 \frac{y_1}{y_1 + y_2 + y_3} + U_2 \frac{y_2}{y_1 + y_2 + y_3} + U_3 \frac{y_3}{y_1 + y_2 + y_3} \tag{38}$$

Izjednači li se jednadžba (32) sa (33) a jednadžba (34) sa (36), te uvrsti li se izraz za U_0, dobije se

$$\Delta I_{12} = U_1 \left((y_{12} - y_1 + \frac{y_1^2}{y_1 + y_2 + y_3} \right) + U_2 \left(\frac{y_1 y_2}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{12} \right) + U_3 \frac{y_1 y_2}{y_1 + y_2 + y_3} \tag{39}$$

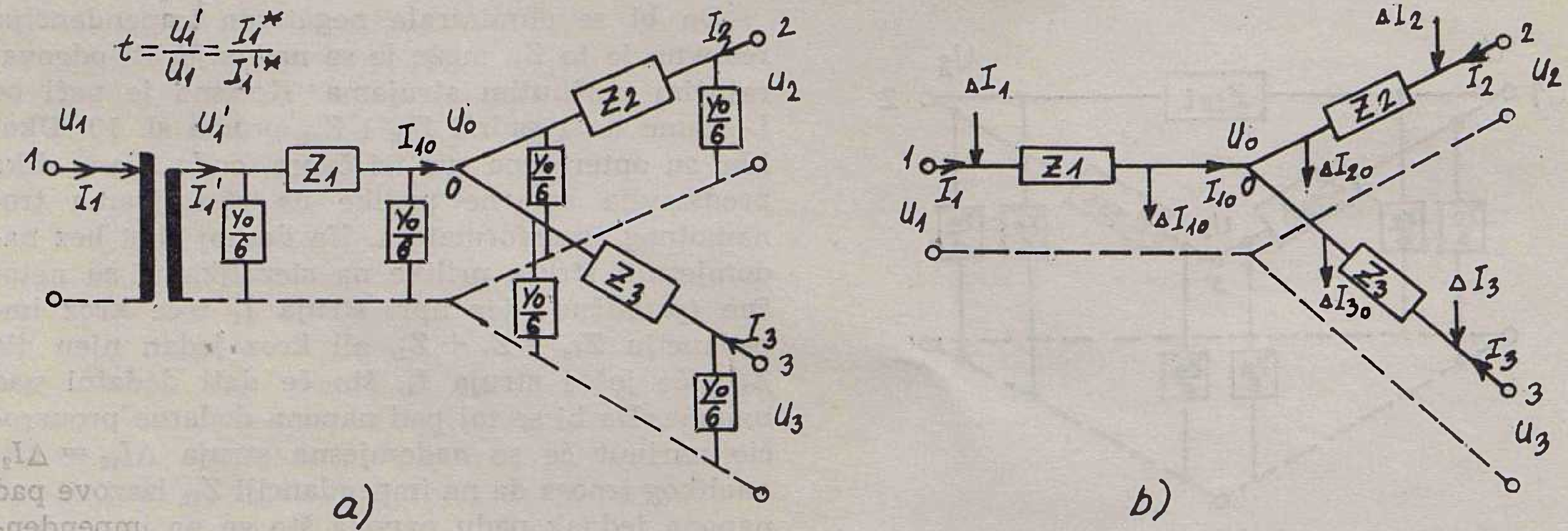
$$\Delta I_{32} = U_1 \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} + U_2 \left(\frac{y_2 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{23} \right) + U_3 \left(y_{23} - y_3 + \frac{y_3^2}{y_1 + y_2 + y_3} \right). \tag{40}$$

Budući da je po definiciji $\Delta I_{12} = \Delta I_{21}$ i $\Delta I_{32} = \Delta I_{23}$, time su sve nadomjesne struje određene.

Pri ovom razmatranju zanemarene su poprečne grane. Međutim, one ne unose nikakve dodatne poteškoće, jer su jednake u oba slučaja i može ih se nadomjestiti odgovarajućim strujama. Tako bi izrazu za struju ΔI_{12} valjalo dodati član $(-U_1 \frac{Y_o}{4})$, a izrazu za struju ΔI_{21} član $(U \frac{Y_o}{4})$. Slično bi izrazu za struju ΔI_{32} valjalo dodati član $(-U_3 \frac{Y_o}{4})$, a izrazu za struju ΔI_{23} član $(U_2 \frac{Y_o}{4})$.

Predstavljanje tronamotnog regulacionog transformatora

Kao dvonamotni transformator može se i tronamotni transformator predstaviti idealnim transformatorom i odgovarajućim impendancijama,



Sl. 11 a i 11 b Predstavljanje tronamotnog regulacionog transformatora

kako je to učinjeno na Sl. 11 a). Isto tako može se idealni transformator nadomjestiti narinutim strujama prema Sl. 11 b). U oba je slučaja tronamotni transformator predstavljen sa tri π-sheme, a poprečne grane su razdijeljene prema slici a).

Za sliku a) vrijedi

$$\frac{I_1}{t^*} - U_1 t \frac{Y_0}{6} = (U_1 t - U_0)\frac{1}{z_1} \tag{41}$$

$$I_{10} = (U_1 t - U_0)\frac{1}{z_1} - U_0 \frac{Y_0}{6} \tag{42}$$

$$I_2 - U_2 \frac{Y_0}{6} = (U_2 - U_0)\frac{1}{z_2} \tag{43}$$

$$I_3 - U_3 \frac{Y_0}{6} = (U_3 - U_0)\frac{1}{z_3}. \tag{44}$$

Jednadžbe (41) i (42) glase nakon sređivanja:

$$I_1 = U_1 t t^* \left(\frac{Y_0}{6} + y_1\right) - U_0 t^* y_1 \tag{41'}$$

$$I_{10} = U_1 t y_1 - U_0 \left(\frac{y_0}{6} + y_1\right). \tag{42'}$$

Za sliku b) vrijedi:

$$I_1 = -\Delta I_1 + (U_1 - U_0) y_1 \tag{45}$$

$$I_{10} = -I_{10} + (U_1 - U_0) y_1 \tag{46}$$

Izjednačavanjem (41′) i (42′) sa (45) i (46) dobije se

$$\Delta I_1 = U_1 \left[y_1 (1 - t t^*) - t t^* \frac{y_0}{6}\right] + U_0 y_1 (t^* - 1) \tag{47}$$

$$\Delta I_{10} = U_1 y_1 (1 - t) + U_0 \frac{y_0}{6}. \tag{48}$$

Nadomjesne struje ΔI_2, ΔI_{20}, ΔI_3 i ΔI_{30} proizlaze samo iz poprečnih grana i njihov je iznos određen izrazima:

$$\Delta I_1 = U_2 \frac{y_0}{6} \tag{49}$$

$$\Delta I_{20} = U_0 \frac{y_0}{6} \tag{50}$$

$$\Delta I_3 = U_3 \frac{y_0}{6} \tag{51}$$

$$\Delta I_{30} = U_0 \frac{y_0}{6}. \tag{52}$$

što je lako uvidjeti.

Time se tronamotni transformator ponovo svodi na tri π-sheme sa uzdužnim granama Z_1, Z_2 i Z_3 neovisnim o položaju regulacione sklopke transformatora, jer je regulacioni prijenosni odnos nadomješten narinutim strujama.

Ako je Z_2 negativno i želimo ga eliminirati, primijenit ćemo π-shemu prema Sl. 12 b). Iz Sl. 12 a), koja se od Sl. 11 a) razlikuje samo po rasporedu poprečnih grana, može se pisati za struje odgovarajućih stezaljki:

$$I_1 = U_1 t t^* \frac{y_0}{4} U_1 t t^* y_1 - U_0 t^* y_1 \tag{53}$$

$$I_2 = U_2 y_2 = U_2 \frac{y_0}{2} - U_0 y_2 \tag{54}$$

$$I_3 = U_3 y_3 + U_3 \frac{y_0}{4} - U_0 y_3 \tag{55}$$

$$I_{10} = U_1 t y_1 - U_0 y_1 \tag{56}$$

$$I_{20} = U_2 y_2 - U_0 y_2 \tag{57}$$

$$I_{30} = U_2 y_3 - U_0 y_3. \tag{58}$$

Isto tako vrijedi za čvor O:

$$I_{10} + I_{20} + I_{30} = 0 = U_1 t y_1 + U_2 y_2 + U_3 y_3 - U_0 (y_1 + y_2 + y_3), \tag{59}$$

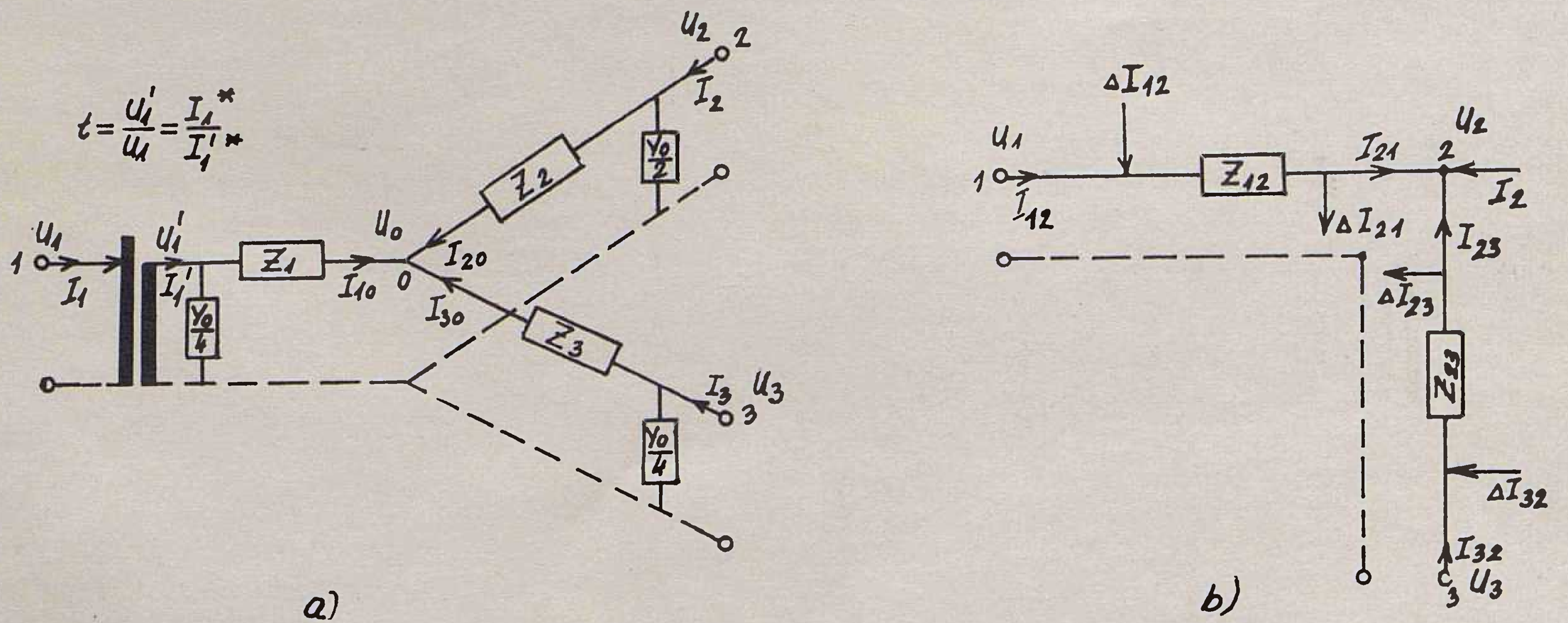
odakle slijedi

$$U_0 = U_1 t \frac{y_1}{y_1 + y_2 + y_3} - U_2 \frac{y_2}{y_1 + y_2 + y_3} + U_3 \frac{y_3}{y_1 + y_2 + y_3}. \tag{60}$$

Slično se može pisati na temelju Sl. 12 b):

$$I_{12} = U_1 y_{12} - U_2 y_{12} - \Delta I_{12} \tag{61}$$

$$I_{32} = U_3 y_{23} - U_2 y_{23} - \Delta I_{32}. \tag{62}$$



Sl. 12 a i 12 b. Predstavljanje tronamotnog regulacionog transformatora pomoću L-sheme i nadomjesnih struja

Izjednačivši jednadžbe (53) i (55) sa (61) i (62) i supstituiravši jednadžbu (60) dobije se

$$\Delta I_{12} = U_1 \left[y_2 + t t^\star \left(\frac{y_1^2}{y_1 + y_2 + y_3} - y_1 - \frac{y_0}{4} \right) \right] +$$

$$+ U_2 \left(t^\star \frac{y_1 y_2}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{12} \right) + U_3 t^\star \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} \qquad (63)$$

$$\Delta I_{32} = U_1 t \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} + U_2 \left(\frac{y_2 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{23} \right) +$$

$$+ U_3 \left(\frac{y_3^2}{y^\circ + y_2 + y_3} + y_{23} - y_3 - \frac{y_0}{4} \right). \qquad (64)$$

Struje ΔI_{32} i ΔI_{23} bile bi jednake da nema poprečnih grana. Jer je pretpostavljeno da je u čvoru 2 smještena admitancija $\frac{y_0}{2} = 2\,\frac{y_0}{4}$, to će struja ΔI_{23} nadomjestiti admitanciju $y_0/4$, a struja ΔI_{21} također admitanciju $y_0/4$. Dakle, izbaci li se iz izraza za struju ΔI_{32} (64) član $(-U_3 \frac{y_0}{4})$ i doda član $(U_2 \frac{y_0}{4})$ dobit će se izraz za struju ΔI_{23} kako slijedi:

$$\Delta I_{23} = U_1 t \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} U_2 \left(\frac{y_2 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{23} + \frac{y_0}{4} \right)$$

$$+ U_3 \left(\frac{y_3^2}{y_1 + y_2 + y_3} + y_{23} - y_3 \right). \qquad (65)$$

Prema Sl. 12 b) može se dalje pisati:

$$I_{21} = U_1 y_{12} - U_2 y_{12} - \Delta I_{21} \qquad (66)$$

$$I_{23} = U_3 y_{23} - U_2 y_{23} - \Delta I_{23} \qquad (67)$$

$$I_2 = I_{21} - I_{23}. \qquad (68)$$

Uvrste li se vrijednosti za I_{21}, I_{23} i ΔI_{23} u izraz (68) i izjednači li se sa izrazom (54) dobije se izraz za ΔI_{21} kako slijedi:

$$\Delta I_{21} = U_1 \left(y_{12} + t y_1 \frac{y_3 + y_2}{y_1 + y_2 + y_3} \right) + U_2 \left(y_2 - y_{12} - y_2 \right.$$

$$\left. \frac{y_2 + y_3}{y_1 + y_2 + y_3} + \frac{y_0}{4} \right) + U_3 \left(y_3 - y_3 \frac{y_2 - y_3}{y_1 + y_2 + y_3} \right). \qquad (69)$$

Nadomjesne struje mogu se prikazati u matričnom obliku kako slijedi:

$$\begin{bmatrix} \Delta I_{12} \\ \Delta I_{21} \\ \Delta I_{32} \\ \Delta I_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{12} + t\,t^\star \frac{y_1^2}{y_2 + y_2 + y_3} - y_1 - \frac{y_0}{4} & t^\star \frac{y_1 y_2}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{12} & t^\star \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} \\ y_{12} + t y_1 \frac{y_3 + y_2}{y_1 + y_2 + y_3} & y_2 - y_{12} - y_2 \frac{y_2 + y_3}{y_1 + y_2 + y_3} + \frac{y_0}{4} & y_3 - y_3 \frac{y_2 + y_3}{y_1 + y_2 + y_3} \\ t \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} & \frac{y_2 y_3}{y_1 + y_2 + y_2} - y_{23} & \frac{y_2 y_3}{y_1 + y_2 + y_2} + y_{23} - y_3 - \frac{y_0}{4} \\ t \frac{y_1 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} & \frac{y_2 y_3}{y_1 + y_2 + y_3} - y_{23} + \frac{y_0}{4} & \frac{y_3^2}{y_1 + y_2 + y_3} + y_{23} - y_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}. \qquad (70)$$

Zaključak

Predstavljanje transformatora sadrži uvijek u sebi određeno pojednostavljenje. Kod tronamotnih transformatora to je jače izraženo. Svrha je da odstupanja od stvarnog stanja budu unutar razumnih granica, npr. 1%, što se prikazanim načinima predstavljanja i postiže. Učinjena istraživanja za sprečavanje nestabilnosti iterativnog postupka kod proračuna predstavlja jedan mogući put.

Naslov pisca: Milan Šodan, dipl. ing., Zagreb
Elektrotehnički fakultet

PROGRAM RAZVOJA ELEKTRIČNE MREŽE 110 i 20 kV NA PODRUČJU SAMOBOR — KLARA — VELIKA GORICA

Nikola V a g i ć, Zagreb

Prikazan je i analiziran dosadašnji razvoj i postojeće stanje konzuma, pojnog sistema i mreže 30 i 10 kV na području Samobor — Klara — Velika Gorica. Zatim su analizirane i procijenjene elektroenergetske potrebe konzuma u perspektivi, prikazano je idejno rješenje njegovog napajanja električnom energijom i smjernice za etapni razvoj planirane mreže 110 i 20 kV.
Za izneseni program razvoja dani su osvrti na snage kratkog spoja u mreži i aproksimativni troškovi izgradnje planirane mreže.

DK 621.311.4

1. Prikaz postojećeg stanja i dosadašnjeg razvoja konzuma

Prema postojećoj teritorijalnoj podjeli područje obuhvaćeno razradom pripada općinama Samobor, Velika Gorica i Zagreb — s vanjskim južni dijelom općine, te manjim dijelom općina Sisak, Jastrebarsko i Karlovac. Elektroenergetski ovo područje pokrivaju distributivne stanice 30/10 kV Samobor, Kalinovica, Vel. Gorica, Mala Mlaka, i manjim dijelom Botinec. One su vezane na širi elektroenergetski sistem u TS 110/30 kV Rakitje i TS 110/30 kV Klara.

Proces elektrifikacije na ovom području obuhvatio je sva naselja, a privodi se kraju i u kućanstvu.

Prema sl. 2. i tablici 1 područje razrade se prostire na površini od 1057 km², i na njemu je 1970. g. u 225 naselja živjelo oko 103.500 stanovnika.

Elektroenergetske potrebe konzuma, iznosile su u 1969. g. oko 18,6 MW i oko 63,3 GWh/g. na prosječnu gustoću opterećenja od oko 18 kW/km²

Iz dosadašnjeg demografskog razvoja onog područja, zapaženo je da broj stanovnika opada u gotovo svim naseljima u unutrašnjosti, a raste jedino u industrijskim i urbano razvijenijim centrima područja i naseljima u njihovoj bližoj okolici.

Industrjski i komunalni pogoni i poduzeća, razvijaju se uglavnom na razvijenijim dijelovima područja ili u njihovoj bližoj okolici.

Obradom se došlo do zaključka da ovakva kretanja uvjetuju ekonomske prilike, koje karakterizira nerazvijenost privređivanja praćeno migracijom radne snage iz unutrašnjosti u razvijenije centre i naselja u njihovoj bližoj okolici ili u inozemstvo.

Proces elektrifikacije područja razrade priveden je kraju u razdoblju 1967/1969. uz prirast od 5,6%/g. i pri kraju je najintenzivniji bio na području PO — Velika Gorica.

Analiza konzuma područja, razrade danog na sl. 2. i tab. 2, ukazuje u razdoblju 1967/1969. g. na progresivan trend njegova razvoja.

Zbog potpunijeg uvida u ove odnose navodimo da su elektroenergetske potrebe konzuma zagrebačkog područja (u njega je uključeno i područje Samobor — Klara — V. Gorica) u razdoblju od 1957. do 1968. g. rasle progresivno:

u snazi sa oko 10%/g., a u energiji sa oko 14%/g.

Analizom strukture konzuma područja zahvaćenog razradom uočeno je da su u 1969. g. u ukupnoj potrošnji od: oko 63,3 GWh/g. učestvovali:

— potrošači napajani iz mreže niskog napona sa oko 30 GWh ili sa oko 48%, a
— potrošači napajani direktno iz mreže 30 i 10 kV sa oko 33,3 GWh/g, ili sa oko 52%.

Specifična potrošnja konzuma područja obrade dosegla je u 1969. g. iznose od oko:

— kod potrošača napajanih iz mreže niskog napona

u kućanstvu	230 kWh/st. g.
u ostaloj potrošnji	101 kWh/st. g.
Ukupno . . .	331 kWh/el. kuć. g.

— kod potrošača napajanih direktno iz mreže 30 i 10 kV

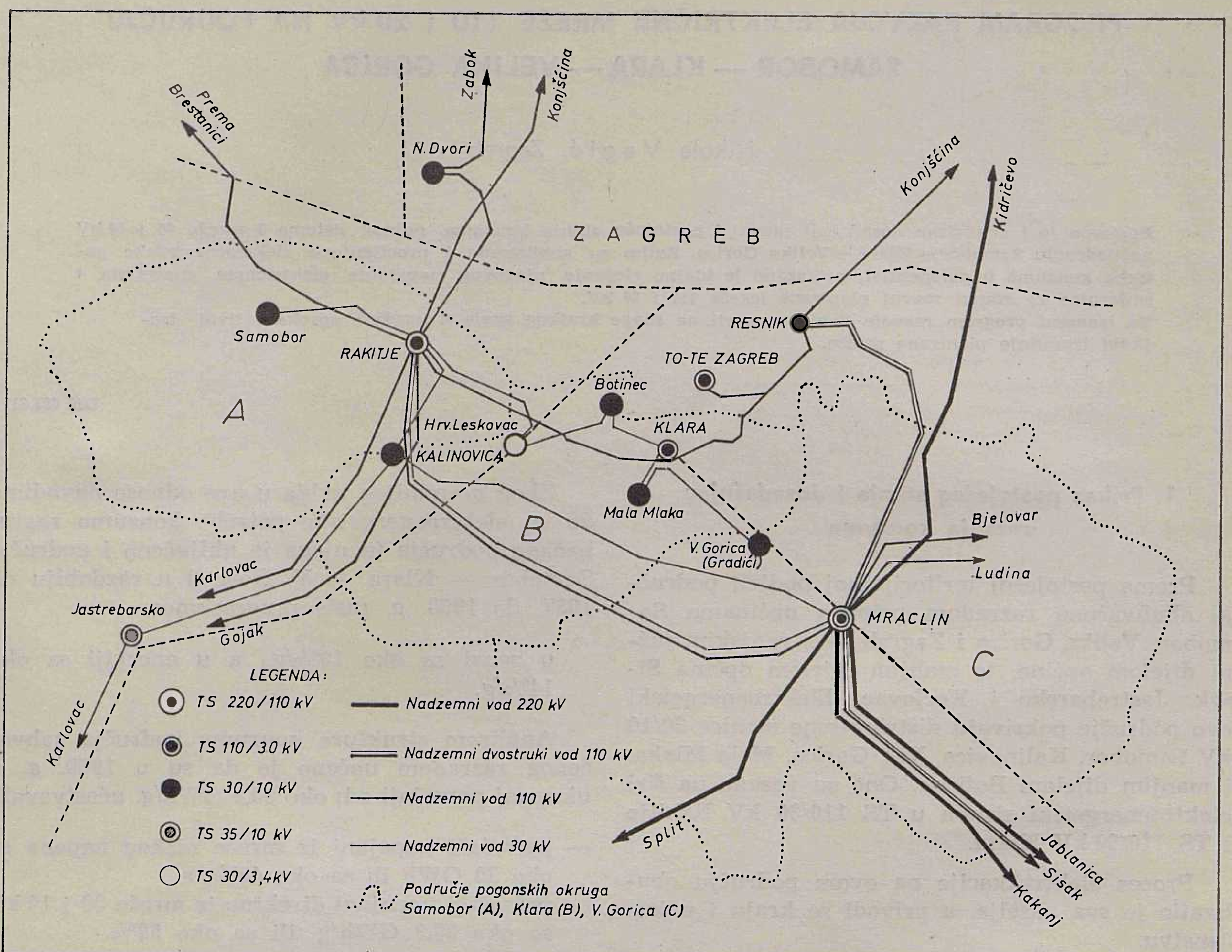
Ukupno . . .	303 kWh/g.
— Sveukupna potrošnja	634 kWh/g.

Daljnjom analizom podataka, zapaženo je da su 1969. g. u potrošnji potrošača napajanih iz mreže niskog napona učestvovali:

— kućanstva sa oko 20,6 GWh/g. ili sa 69%
— ostali potrošači sa oko 9,1 GWh/g. ili sa 31%.

Elektroenergetske potrebe potrošača napajanih direktno iz mreže 10 i 30 kV, u 1969. g. su iznosile:

u snazi oko 9 MW i energiji oko 30,7 GWh/g. i oko 19,7 GVArh/g.



Sl. 1 Situacija postojeće područne mreže 220, 110 i 30 kV

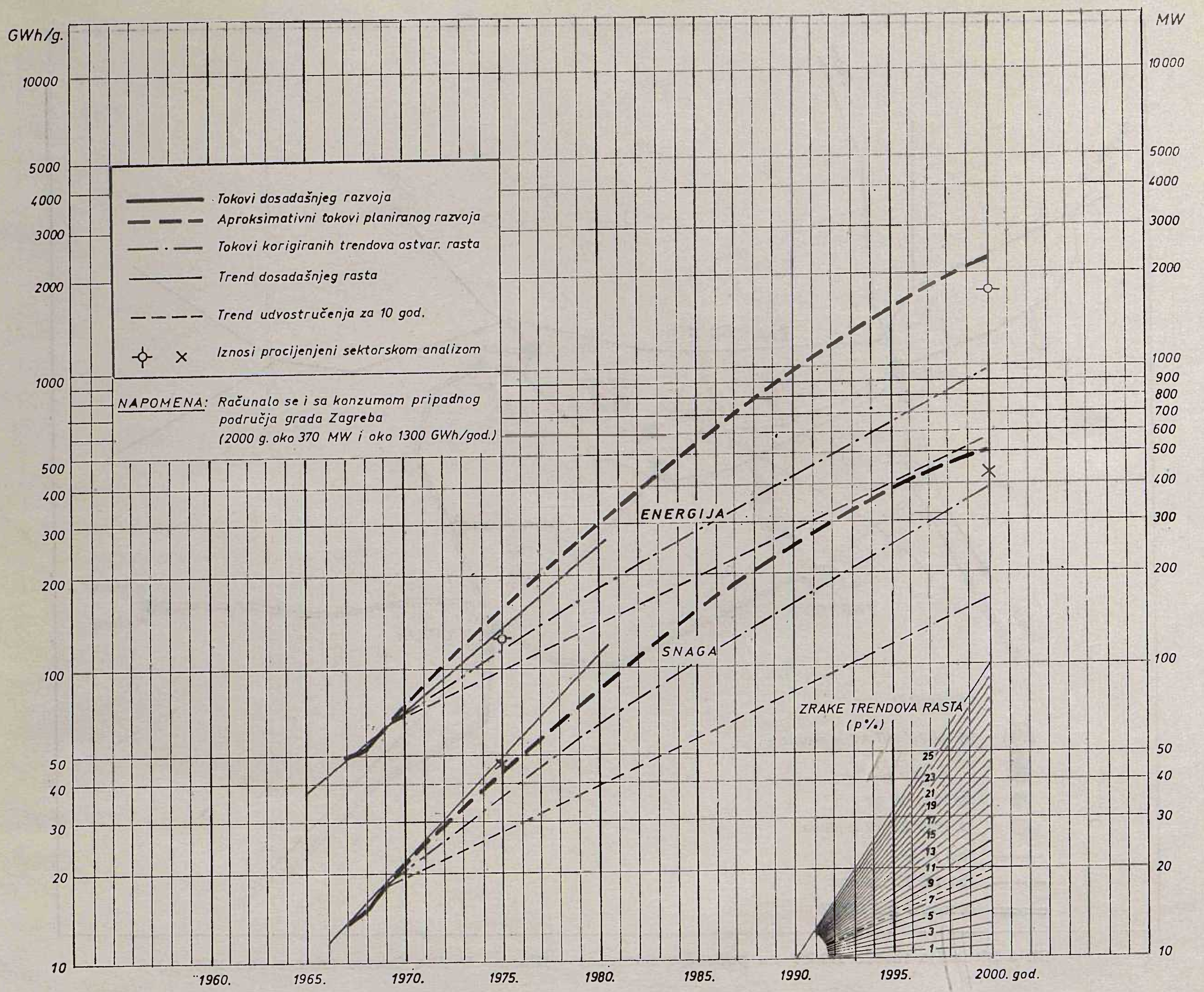
Da bi se upotpunio uvid u konzum kućanstva područja obuhvaćenih razradom, provedena je analiza inkasatorskih podataka:

— skupine kućanstava u urbaniziranim naseljima, koja reprezentiraju *postojeći najviši standard* potrošnje el. energije u kućanstvu ovog područja s prosječno 2510 kWh/dom. g.
— skupine kućanstava u naseljima uz magistralne saobraćajnice, koje reprezentiraju *postojeći srednji standard* potrošnje el. energije u kućanstvu ovog područja s prosječno 548 kWh /dom. g.
— skupine kućanstava u naseljima u unutrašnjosti, koje reprezentiraju *postojeći najniži standard* potrošnje el. energije u kućanstvu ovog područja s prosječno 254 kWh/dom. g.

Prikaz globalnih konzumografskih podataka područja razrade Tablica 1

Naziv područja	Površina	Broj naselja	Demografsko stanje 1070. g.*			Elektroenergetske potrebe 1969. g.		
			Broj stanovnika	Broj kućanstava		Ukupna potrošnja	Ukupno vršno opterećenje	Površinska gustoća opterećenja
	(km²)			Ukupno	Elektri .	(MWh/g)	(MW)	(kW/km²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
PO — Samobor	288	92	35.900	9.520	7.858	21.894	6,6	23
PO — Klara	221	37	29.800	8.400	7.812	24.613	7	32
PO — V. Gorica	548	96	37.800	10.750	8.590	16.610	5,0	11
Ukupno	1.057	225	103.500	28.670	23.220	63.317	18,6	18

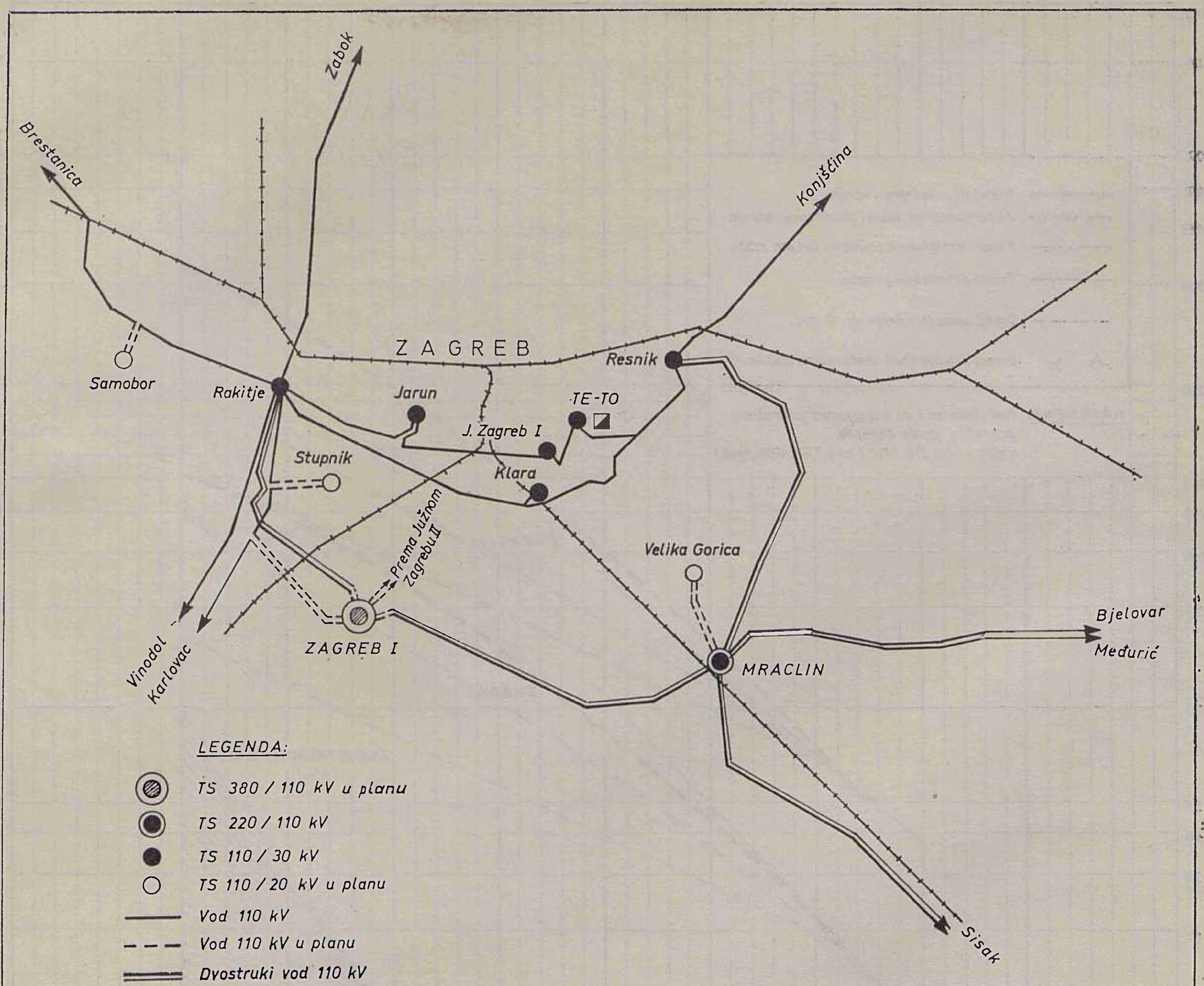
* Informativan podatak



Sl. 2 Tokovi razvoja sumarnih elektroenergetskih potreba konzuma područja razrade

Pregled dosadašnjeg razvoja elektroenergetskih potreba konzuma na području razrade Tablica 2

Naziv područja	Godina	Broj stan. u el. kuć.*	Broj el. kuć.	Maksim. potrebe u snazi na nivou TS 30/10 kV (MW)*	Potrošnja potrošača napajanih iz mreže niskog napona						Sveukupna potroš.	
					kućanstva			ostali potrošač				
					Ukupno (MWh/g.)	po kuć. (kWh kuć. g.)	po stan. (kWh/st. g.)	Ukupno (MWh/g)	po kuć. (kWh/ kuć. g.)	po stan. (kWh/st. g.)*	Ukupno (MWh/g.)	po stan. (kWh/st. g.)*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PO — Samobor	1967.	—	7099	5,2	5076	715	172	3016	425	102	17158	490
	1968.	35820	7406	5,8	5684	767	184	3614	488	118	20010	560
	1969.		7722	6,6	7232	936	225	3925	512	123	21894	600
Progresivni prirast (%/g)												
	1967/69.		4,4	12,7	19,4	14,5	—	14,2	10,1	—	13,1	6,1
PO — Klara	1967.	—	5055	5,2	3929	777	208	1452	287	77	21711	570
	1968.	25120	6736	4,7	5707	848	227	1438	214	56	21926	580
	1969.	—	6968	7,0	7315	1050	270	1902	273	72	24613	650
Progresivni prirast (%/g)												
	1967/69.		**	16,2	36,5	16,2	—	14,5	— 2,5	—	6,4	—
PO — V. Gorica	1967.	—	8577	3,3	5055	589	159	3069	358	97	10733	290
	1968.	37460	7955	4,0	4909	617	167	2969	373	100	11012	300
	1969.	—	8527	5,0	6114	718	194	3230	379	102	16610	445
Progresivni prirast (%/g)												
	1967/69.		**	23,2	10,1	10,5	—	2,6	2,9	—	24,4	—
Područje obrade ukupno	1967.	—	20731	13,7	14060	678	175	7537	363	94	49602	510
	1968.	98400	22097	14,5	16300	737	190	8021	364	94	52948	540
	1969.	—	23217	18,6	20661	888	230	9057	390	101	63317	634
Progresivni prirast (%/g)												
	1967/69.		5,6	16,7	21,3	14,5	—	9,7	3,7	—	13,0	—



Sl. 3 Situacija mreže 110 kV na području Samobor — Klara — Velika Gorica (stanje oko 1975. g.)

Razrada ovih podataka pokazala je da:

— u urbaniziranim naseljima oko 20% kućanstava troši manje od 1000 kWh/kuć. g., a oko 50% manje od 2500 kWh/kuć. g.,.

— u naseljima uz magistralne saobraćajnice oko 20% kućanstava troši manje od 200 kWh/kuć g., a oko 70% manje od 550 kWh/kuć. g.,

— u naseljima u unutrašnjosti oko 20% kućanstava troši manje od 100 kWh/kuć. g., a oko 30% manje od 250 kWh/kuć. g.

Pregledom podataka za stanice — 110 kV koje napajaju konzum područja obrade utvrđeno je:

Za TS 110/30 kV Rakitje:

— *da je u pogonu od 1952. g.,*
— da je izvedena za transformaciju do 2 x 25 MVA i
— da ima mogućnost opremanja još jednog vodnog polja 110 kV (namijenjeno za vod prema budućoj stanici 110 kV Podsused) i tri vodna polja 30 kV.

Za TS 110/30 kV Klara:

— da je u pogonu od 1946. g.,
— da je izgrađena u provizornoj formi,
— da je izvedena za transformaciju do 1 x 35 MVA, i
— da ima mogućnost opremanja još 3 vodna polja 30 kV.

Pregledom podataka za vodove 110 kV kojima su TS 110/30 kV Rakitje i TS 110/30 kV Klara vezani na širi elektroenergetski sistem utvrđeno je:

2. Prikaz postojećeg stanja i dosadašnjeg razvoja mreže

Iz prikaza na sl. 1 može se zaključiti da je elektroenergetski konzum područja obuhvaćenog razradom orijentiran na sistem 220 kV posredstvom TS 220/110 kV Mraclin, a na sistem 110 kV pomoću TS 110/30 kV Rakitje i TS 110/30 kV Klara.

Za TS 220/110 kV Mraclin se zna da je u pogonu od 1962. g. i da u 110 kV dijelu postrojenja ima mogućnost formiranja još četiri opremljena vodna polja.

— da su vodovi Rakitje—Brestanica i Rakitje—Klara izgrađeni 1943. i da su izvedeni na drvenim stupovima i Ač vodičima 3 x 150 mm²,
— da su vodovi Mraclin—Resnik, Mraclni—Sisak i Resnik—TE TO Zagreb izgrađeni 1957. g., Mraclin—Rakitje 1966. g. i da su izvedeni u formi dvostrukih vodova sa željezno-rešetkastim stupovima i Ač vodičima 2(3 x 240) mm².
— da su vodovi Rakitje—Vinodol i Rakitje—Karlovac izgrađeni 1951, odnosno 1956. g. i da su izvedeni na betonskim stupovima i Ač vodičima 3 x 240 mm².

U zaokruženoj ocjeni stanja postojeće pojne mreže na području koje se obrađuje ističe se:

— da je vod 110 kV Rakitje—Brestanica dotrajao i da je duže vrijeme izvan pogona,
— da je TS 110/30 kV Klara predviđena za rušenje i da se s njom u planovima razvoja mreže ne može računati,
— da su ostala postrojenja 110 kV na ovom području u dobrom stanju i da se u planovima razvoja mreže s njima može računati.

Iz podataka na sl. 1 i 2 vidi se da se sadašnji elektroenergetski konzum područja razrade na nivou mreže 30 kV napaja iz 6 stanica 30 kV a na nivou mreže 10 kV iz 262 stanice 10/0,4 kV.

U mreži 30 kV ugrađeno je 66,7 km vodova 30 kV, a u mreži 10 kV više od 365 km vodova 10 kV.

TS 30/10 kV Samobor, Kalinovica, V. Gorica i djelomično Botinec napajaju distributivni konzum preko mreže 10 kV, a TS 30/10 kV M. Mlaka postrojenja vodova u Maloj Mlaki i EVP 30/3,4 kV Hrvatski Leskovac postrojenja električne vuče na pruzi Zagreb—Karlovac.

Pregledom podataka za vodove 30 kV, na području razrade utvrđeno je:

— da je vod Rakitje—Kalinovica izgrađen 1930. i da je izveden na betonskim stupovima i vodičima 3 x 50 mm² Cu,
— da je vod 30 kV Kalinovica—V. Gorica izgrađen 1932. i da je izveden na drvenim portalnim stupovima i vodičima 3 x 35 mm² Cu,
— da je vod Klara—V. Gorica izgrađen 1950, da je izveden na na drvenim portalnim stupovima i vodičima 3 x 70 mm² Cu i da je u njega 1964. interpolirana TS 30/10 kV Mala Mlaka i njeni pojni vodovi izvedeni također na drvenim portalnim stupovima i vodičima 3 x 70 mm² Cu,
— da je 1956. izgrađen vod Rakitje—Samobor i da je izveden na betonskim stupovima i vodičima 3 x 50 mm² Cu,
— da su 1966. izgrađeni vodovi Klara—Botinec, Botinec—H. Leskovac i Rakitje—Hrv. Leskovac, da su izvedeni na željezno-rešetkastim stupovima na dionicama Klara—Botinec i Botinec—Hrv. Leskovac sa vodičima 3 x 120 mm² Ač, a na dionici Rakitje—Hrv. Leskovac sa vodičima 3 x 95 mm² Ač.

Iz podataka za stanice 30 kV na području razrade utvrđeno je:

— da je TS 30/10 kV Samobor izvedena za transformaciju 2 x 4 MVA, da je opremljena transformacijom (3 + 2,5) MVA i da nema neopremljenih polja ni u 30 ni u 10 kV dijelu postrojenja,
— da je TS 30/10 kV Kalinovica rekonstruirana za transformaciju 2 x 4 MVA, da je opremljena transformacijom (4 + 1,6) MVA i da nema neopremljenih polja ni u 30 ni u 10 kV dijelu postrojenja,
— da je TS 30/10 kV V. Gorica rekonstruirana za transformaciju (4 + 2) MVA i da nema neopremljenih polja ni u 30 ni u 10 kV dijelu postrojenja,
— da je TS 30/3,4 kV Hrv. Leskovac izvedena za transformaciju 2 x 2400 kVA i da je opremljena u planiranom obujmu,
— da je TS 30/10 kV M. Mlaka izvedena za transformaciju 2 x 2140 kVA, i da u 10 kV dijelu postrojenja ima neopremljena 3 polja.

Podaci o ulasku u pogon stanica 30 kV su pokazali, da je Kalinovica u pogonu od 1939, Velika Gorica od 1940. Samobor od 1956, M. Mlaka od 1964, g., a Hrv. Leskovac i Botinec od 1966. g.

Podaci o mreži 10 kV pokazali su da je 1970. g. u pogonu bilo više od 365 km vodova 10 kV i 262 stanice 10/0,4 kV sa instaliranom transformacijom većom od 40 MVA.

Razrada podataka mreže 10 kV pokazala je da se izgradnja TS 10/0,4 kV i povećanje instalirane transformacije 10/0,4 kV po desetljećima u posljednjih 30 godina odvijalo sa prosječnim prirastom:

izgradnja stanica	sa 5,7 do 10,2%/g.
povećanje transformacije	sa 7,0 do 10,9%/g.

S obzirom na način izvedbe u primjeni su:

— stanice na stupu	sa 57%	— na drvenim stupovima	82%
		— rešetkastim stupovima	18%
— zidane stanice	sa 38%	— toranj	44%
		— kabelske	56%
— montažne limene stanice	sa 5%		

Karakteristično je da se stanice na stupu i zidane-toranj stanice izvode u osnovi kao krajnje, a zidane kabelske i montažne limene stanice kao prolazne stanice.

Na drvenim stupovima se izvode stanice s jednim transformatorom do 160 kVA, a na željezno-rešetkastim stupovima stanice sa jednim transformatorom do 250 kVA (može i do 400 kVA). Na njihovoj strani niskog napona mogu se opremiti četiri vodna polja.

Zidane toranj-stanice se izvode za transformaciju do 400 kVA, a na strani niskog napona se može opremiti do 5 vodnih polja.

Zidane kabelske stanice se izvode za transformaciju do 500 kVA ugrađuje se i trafo do 630 kVA), a na strani niskog napona može se opremiti do 8 vodnih polja.

Posebno se ističe da instaliranu transformaciju u postojećim stanicama 10/0,4 kV karakterizira zastupljenost niza od 25 po veličini različitih jedinica od 4,5/9 kVA do 630 kVA. U ovom nizu zastupljene su jedinice od 100 kVA sa 24%, od 50 kVA sa 16,4%, od 30 kVA sa 12,2%, od 250 kVA sa 11%, od 160 kVA, sa 8,8%, od 400 kVA sa 8%, a ostale jedinice u znatno manjim postocima.

U 1970. u pogon je ušla 21 TS 10/0,4 kV sa prosječnom instaliranom snagom od 190 kVA po stanici.

Iz podataka o mreži 10 kV uočeno je da se izgradnja vodova 10 kV u razdoblju 1940/70. g. odvijala uz prosječan prirast duljine sa 6,9%/g. i da je 1/3 ukupne duljine mreže izvedena u razdoblju 1960/70. g.,

Analizom je utvrđeno da u strukturi postojeće mreže vodova 10 kV od preko 365 km imamo:
U nadzemnoj izvedbi oko 96%, ili oko 352 km vodova.

— u izvedbi sa Cu vodičima oko 86 km ili 25% — sa 16 mm² 61 km ili 71%, sa 25 mm² 14 km ili 16%, sa 35 mm² 11 km ili 13%,
— u izvedbi sa Ač vodičima oko 265 km ili 75% — sa 25 mm² 208 km ili 79%, sa 35 mm² 51 km ili 19% i sa 50 mm² 6 km ili 2%.

U kabelskoj izvedbi oko 4% ili oko 14 km vodova;

— u izvedbi sa Cu vodičima ok 6 km ili 43% — sa 10 mm² 0,18 km, sa 16 mm² 0,25 km, sa 25 mm² 3,65 km, sa 35 mm² 1,29 km, sa 50 mm² 0,08 km i sa 95 mm² 0,76 km,
— u izvedbi sa Al vodičima oko 8 km ili 57% — sa 50 mm² 4 km, sa 70 mm² 0,6 km i sa 120 mm² 2,2 km.

U posljednjih 10 godina u mreži vodova 10 kV prosječno je dograđivano oko 13,7 km. vodova godišnje.

Ukratko možemo reći:

— da je u postojećoj mreži vodova 10 kV područja zastupljen niz presjeka:

U nadzemnoj izvedbi:

sa Ač vodičima 25, 35 i 50 mm²
sa Cu vodičima 16, 25 i 35 mm²

U kabelskoj izvedbi:

sa Cu vodičima 10, 16, 25, 35, 50 i 95 mm²
sa Al vodičima 50, 70 i 120 mm².

— da trajnost drvenih stupova ugrađenih u nadzemnu mrežu varira u granicama 3 do 8 god. (na području PO—V. Gorica imamo 58% od ukupne duljine nadzemne mreže cijelog područja razrade. Prema podacima s terena, ovdje je 90% od ukupnog broja stupova dospjelo za zamjenu), i
— da su presjeci postojećih vodova 10 kV područja zahvaćenog razradom u osnovi preniski.

U provedenoj analizi opterećenja i propusnih mogućnosti mreže utvrđeno je:

Za mrežu 110 kV:

— da je TS 110/30 kV Rakitje, 2 x 25 MVA, osigurana dobava energije u iznosima znatno većim od potrebe njenog konzumnog područja, koje u špici seže do oko 56 MVA, i
— da je TS 110/30 kV Klara, 1 x 35 MVA, osigurana dobava energije u iznosima znatno većim od potreba njenog konzumnog područja (u špici seže do 37 MVA), ali samo u slučaju normalnog stanja na vodu Rakitje—Klara—TE TO—Resnik.

Iz iznesenih podataka proizlazi da potrebe za snagom konzuma pojnih stanica 110 kV područja razrade prelaze granicu nominalnih snaga instaliranih transformatora 110/30 kV, i da konzumu područja razrade u cjelini nije osigurana pouzdana dobava potrebne energije.

Za mrežu 30 kV:

— da je uz dužine postojećih vodova 30 kV na području razrade u normalnom pogonu za ocjenu propusne moći vodova mjerodavan kriterij dozvoljenog termičkog opterećenja,
— da su registrirana vršna opterećenja vodova 30 kV gotovo dosegla ekonomske granice opterećenja, a kod voda Klara—Botinec i prerasla za više od dvostruko (u izvanrednom pogonu),
— da su registrirana opterećenja vodova 30 kV dosegla granice dozvoljenih termičkih opterećenja:

na vodu Rakitje — Samobor	sa 31%
na vodu Rakitje — Kalinovica	sa 46%
na vodu Klara — M. Mlaka — V. Gorica	sa 38%
na vodu Rakitje — Hrv. Leskovac	sa 27%
na vodu Klara — Botinec	sa 80% u izvanrednom pogonu

— da su elektroenergetske potrebe konzuma distributivnih TS 30/10 kV dosegle instalirane snage transformacije:

u TS 30/10 kV Samobor	sa 79%
u TS 30/10 kV Kalinovica	sa 80%
u TS 30/10 kV V. Gorica	sa 80%
u TS 30/10 kV M. Mlaka	sa 36%

— da je u slučaju kvara na pojnim vodovima 30 kV u redovnom pogonu moguće osigurati dobavu energije samo TS 30/10 kV V. Gorica, TS 30/10 kV Botinec, TS 30/10 kV Kalinovica i EVP 30/3,4 kV Hrv. Leskovac,
— da u slučaju kvara na jednom transformatoru 30/10 kV u bilo kojoj stanici 30 kV njenu konzumu nije moguće osigurati u cjelini potrebnu energiju.

Za mrežu 10 kV:

— da je s obzirom na duljine razvoda za ocjenu propusne moći mreže mjerodavan kriterij dozvoljenog pada napona ($\triangle U = 8\%$ Un) kod svih vodova osim kod voda Kalinovica — TOP i Samobor — Fotokemika, gdje je mjerodavan kriterij dozvoljenog termičkog opterećenja,
— da su registrirana vršna opterećenja u mreži 10 kV područja razrade prerasla dozvoljena granična opterećenja uvjetovana dozvoljenim padom napona kod vodova duljih od 7,5 km,
— da se značajnije povećanje opterećenja može dozvoliti samo na vodovima:

Kalinovica — TOP	za 1000 kVA
Kalinovica — Samobor	za 790 do 1580 kVA
Kalinovica — Ventilator	za 600 do 1190 kVA
Samobor — Fotokemika	za 1830 kVA

— da aproksimativni stupanj iskorištenja instalirane transformacije u TS 10/0,4 kV područja razrade iznosi:

u prosjeku oko 0,46

i da se kreće od najmanjeg 0,26 na vodu Samobor — Bregana, do najvećeg 0,76 na vodu Samobor — Samobor,
— da u pravilu u slučaju kvara na pojnim vodovima 10 kV ili na jednom transformatoru 10/0,4 kV nije moguće osigurati dobavu energije potrebne konzumu kvarom pogođenog voda ili stanice (iznimni slučajevi su TOP, PLIVA i sl.).

3. Analiza i procjena budućeg konzuma

Buduća izgradnja područja obuhvaćenog ovom razradom definirana je Prostornim programom razvoja Zagrebačke regije (napravljenim u Urbanističkom institutu SR Hrvatske, Zagreb, 1970. g.), Generalnim urbanističkim planom grada Zagreba (napravljenom u Zavodu za urbanizam grada Zagreba, 1970. g.) i nadopunama ovih planova dobivenim anketiranjem stručnih organa uprave i privrednih organizacija s područja razrade.

U osnovi ovim je planovima predviđeno da se područje zahvaćeno razradom do oko 2000. g. razvije u snažno privredno područje sa oko 274.000 stanovnika.

Analizom teritorijalnog razmještaja budućeg konzuma područja razrade (tab. 4) zapaženo je da planeri računaju da će 62% stanovništva živjeti na prostoru zahvaćenom granicom gradskog područja Zagreba (sa gustoćama stanovanja 70 st./ha, na području Strmec — Rakitje, 80 st./ha na području Stupnik — Zadvarsko i 80 st./ha na području V. Mlaka — Mičevec), na području mjesta Samobora i V. Gorice 21% (sa gustoćom stanovanja 38 do 161 st./ha) i 17% u svim ostalim naseljima (sa gustoćom naseljenosti od 0,6 st./ha).

Planovi predviđaju porast zaposlenih u zoni Samobora na oko 8200 zaposlenih, u zoni Nedjelje na oko 2500 zaposlenih, u zoni Stupnika na oko 15.000 zaposlenih, u zoni Jakuševac na oko 30.000 zaposlenih i u zoni V. Gorice na oko 2800 zaposlenih. Razvoj industrije i servisa je predviđen u, za tu svrhu rezerviranim, zonama: Samobora, Nedjelje, Stupnika, Jakuševca V. Gorice, u zoni riječne luke (na području Podotočja kod V. Gorice) i na individualnim prikladnim lokacijama u Kerestincu, Kalinovici i Turopolju.

Analizama uvjeta za razvoj turizma, procijenjeno je da na ovom području postoji opravdanje za izgradnju smještajnih kapaciteta:*

* H — hoteli, M — moteli, P — prenoćište i ostali ugostiteljski objekti, C_a — kampovi, P_s — privatne sobe, P_d — planinarski domovi.

Proračunske normativne elektroenergetske karakteristike konzuma na nivou TS 20/0,4 kV Tablica 3

Konzumno područje	Procijenjeni parametr				Napomena
	I. etapa (oko 1975. g.)		Daljnja perspektiva (oko 2000. g.)		
	W/stan.	kWh/st. g.	W/s*an.	kWh/st. g.	
1	2	3	4	5	6
A. *U naseljima gradskog tipa (3,2 st./kuć.)*					
— u grupi kućanstva	260	690	530	1560	
— u grupi široka potrošnja	350	800	780	2300	
B. *U naseljima uz magistralne putove (3,6 st./kuć.)*					
— u grupi kućanstva	120	240	350	860	
— u grupi široka potrošnja	170	340	560	1300	
C. *U naseljima u unutrašnjosti (4,6 st./kuć.)*					
— u grupi kućanstva	60	100	180	450	
— u grupi široka potrošnja	80	130	240	610	

Rekapitulacija pregleda konzumografskih podataka područja Samobor — Klara — Velika Gorica

(Prognoza za stanje oko 1975. i oko 2000. g.)

Tablica 4

Naziv područja (naselja)	Procijenjeno demokrafsko stanje (Broj stanovnika)		Procijenjene ukupne perspektivne elektroenergetske potrebe konzuma na nivou TS 20/10/0,4 kV				Napomena
			oko 1975. g.		oko 2000. g.		
	oko 1975.	oko 2000	kW	MWh/g.	kW	MWh/g.	
1	2	3	4	5	6	7	
Područje PO Samobor							
Bregana	5080	6200	1644	3659	4908	13862	
Galgovo	4740	5500	1226	3555	3870	12867	
Poklek	1510	900	123	199	426	1119	
Samobor — uže područje	9738	27647	11346	26450	44999	131162	
Samobor — vanjsko područje	11130	12600	2927	6765	7918	19284	
Sveta Nedelja	7920	5500	6266	19663	8570	27905	
Područje grada Zagreba	***	50000	***	***	100000	350000	
Područje PO Samobor	40118	108347	23532	60291	170696	556299	
Ukupno		uz φ = 0,85	20000	—	145000	—	
Područje PO Klara							
Brezovica	4960	1000	730	1310	755	1820	
Stupnik	9520	2400	8000	15140	1010	2560	
Klara	4410	u Zagreb	910	1830	**	**	
Odra	7000	u Zagreb	3820	14650	**	**	
Područje grada Zagreba	***	114000	***	***	270000	950000	
Područje PO Klara	25890	117400	13460	32930	271765	954180	
Ukupno		uz φ = 0,85	11500	—	230000	—	
Područje PO Velika Gorica							
Crnkovce	2990	1000	271	455	5192	30488	
Dubranec	3920	2730	325	531	775	1905	
Lekenik	4210	4640	591	1143	2191	9126	
Kravarsko	4600	3600	568	996	1342	3193	
Novo Čiče	3010	2900	1268	2457	1203	2852	
Veleševec	2180	1500	204	343	460	1115	
Velika Gorica	9940	24100	10168	26390	30246	86210	
Vukovina	6550	7700	3619	8605	27628	78382	
Područje grada Zagreba	***	4000	***	***	3100	10000	
Područje PO Velika Gorica	37400	48170	17014	40920	72137	291261	
Ukupno		uz φ = 0,85	14500	—	61000	—	
Područje obrade — sveukupno	103408	273917	54006	134141	514598	1729740	
— sveukupno		uz φ = 0,85	46000	—	430000	—	

* pokazuje da podatak nije definiran
** pokazuje da je podatak obuhvaćen u naselju označenom u koloni 4
*** pokazuje da je podatak obuhvaćen u naseljima prema naznaci u koloni 1.

— na području općine Samobor za oko 1130 lež. (H — 250, M — 200, P — 30, C_a — 400, — P_s 100, P_d — 150),
— na području Turopolja i Vukomeričkih Gorica za oko 520 lež. (M — 100, P — 20, C_a — 400).

Elektroenergetske potrebe planiranog konzuma definirane su u cjelini uvažavajući:

— planove razvoja područja razrade
— analitičku razradu dosadašnjeg razvoja iznosa i strukture elektroenergetskih potreba konzuma na ovom području, i
— primjenu stečenih iskustava i preporuka domaćih i stranih stručnjaka preuzetih iz stručne literature.

Razrada elektroenergetskih potreba provedena je u skladu s etapnim razvojem izgradnje područja predviđenim programima razvoja za I. etapu (oko 1975. g.) i za daljnji razvoj (oko 2000. g.) primjenom metoda:

— analize sektorskih potreba konzuma i
— analize globalnog trenda razvoja konzuma.

U razradi po metodi analize sektorskih potreba konzuma promatranja su svedena na dvije osnovne grupe konzumenata:

— konzumenti napajani iz distributivne mreže niskog napona (kućanstva i prateći objekti u naseljima i javna rasvjeta),
— konzumenti napajani direktno iz mreže srednjeg napona (izdvojeni značajniji prateći, privredni i komunalni objekti).

Analize dostignutih iznosa i tendencije razvoja elektroenergetskih potreba konzumenata napajanih iz mreže niskog napona pokazale su, da pri definiranju njihovih potreba u perspektivi, na nivou pojne TS 20/0,4 kV valja računati s normativnim veličinama danim u Tab. 3.

Elektroenergetske potrebe izdvojenih značajnijih privrednih, komunalnih i pratećih objekata i nedefinirana rezerva procijenjene su pojedinačno na osnovi podataka dobivenih u posebno provedenoj anketi.

Pojam »nedefinirane rezerve«, uveden je kao korektiv za normativne potrebe konzuma dane u Tabl. 3.

Služeći se metodom analize sektorskih potreba konzuma i koristeći normativne podatke o elektroenergetskim potrebama konzumata napajanih iz mreže niskog napona, podatke iz planova razvoja područja razrade i materijalima posebno provedene ankete većih potrošača, izračunate su veličine i teritorijalna razdioba elektroenergetskih potreba u perspektivi očekivanog konzuma područja obuhvaćenog razradom.

Rezultati razrade konzuma po ovoj metodi su pokazali da elektroenergetske potrebe budućeg konzuma valja očekivati u redu veličine (tab. 4):

na cijelom području razrade:

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 46 MW i oko 134 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 430 MW i oko 1730 GWh/g.

na području PO—Samobor

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 20 MW i oko 60 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 145 MW i oko 556 GWh/g.

na području PO—Klara

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 11,5 MW i oko GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 230 MW i oko 954 GWh/g.

na području PO—V. Gorica

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 14,5 MW i oko 41 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 61 MW i oko 291 GWh/g.

Rezultati analize globalnog trenda razvoja budućeg konzuma, dani na sl. 2. pokazuju, da njegove ukupne elektroenergetske potrebe valja očekivati u iznosima:

na cijelom području razrade:

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 36 MW i oko 120 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 400 MW i oko 1000 GWh/g.

Detaljnijom razradom se dobilo, da raspodjelu ovog konzuma po pogonskim okruzima možemo očekivati u slijedećim iznosima:

na području PO—Samobor:

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 13 MW i oko 42 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 120 MW i oko 370 GWh/g.

na području PO—Klara:

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 15 MW i oko 36 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000.g.)
oko 170 MW i oko 190 GWh/g.

na području PO—V. Gorica

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 11 MW i oko 40 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 135 MW i oko 610 GWh/g.

Usporedba rezultata razrade budućeg konzuma po metodi sektorske analize i po metodi zaokruženog trenda pokazuje, da se dobiveni rezultati na nivou područja razrade (i na nivoima područja pogonskih okruga) nalaze u istom redu veličine i da se u osnovi mogu nadomjestiti aproksimiranim tokom razvoja elektroenergetskih potreba planiranog konzuma, na sl. 2 naznačeno debelim isprekidanim linijama. Aproksimirani tok pokazuje da ukupne elektroenergetske potrebe budućeg konzuma valja očekivati.

na cijelom području razrade:

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 43 MW i oko 150 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 520 MW i oko 2400 GWh/g.

Detaljna razrada je pokazala da raspodjelu ovog konzuma po pogonskim okruzima možemo očekivati u slijedećim iznosima.

na području PO—Samobor

— u I. etaip razvoja (oko 1975. g.)
oko 16 MW i oko 52 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 180 MW i oko 720 HWh/g.

na području PO—V. Gorica

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 15 MW i oko 50 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 250 MW i oko 1000 GWh/.

na području PO—V. Gorica

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.)
oko 13 MW i oko 40 GWh/g.
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.)
oko 75 MW i oko 280 GWh/g.

Analizom rezultata razrade došlo se do zaključka da se dobiveni pokazatelji prognoze konzuma po metodi sektorske analize mogu uzeti kao osnova za razradu mreže, a pokazatelji dobiveni aproksimiranim tokovima razvoja kao korektiv koji će valjati imati na umu posebno pri razradi mreže 110 kV.

Svođenjem ukupnih potreba budućeg konzuma u električnoj snazi na ukupnu površinu područja na koje se te potrebe odnose, dobivaju se slijedeće površinske gustoće elektroenergetskog konzuma:

na cijelom području razrade:

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.) oko 40 kW/km²
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.) oko 500 kW/ /km²

na području PO—Samobor

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.) oko 57 kW/km²
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.) oko 620 kW/ /km²

na području PO—Klara

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.) oko 68 kW/km²
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.) oko 1100 kW/ /km²

na području PO—V. Gorica

— u I. etapi razvoja (oko 1975. g.) oko 24 kW/km²
— u daljnjem razvoju (oko 2000. g.) oko 137 kW/ /km².

Iznosi sektorskom analizom utvrđenih elektroenergetskih potreba perspektivnog konzuma po mjestima područja razrade raspodijeljeni su bilansiranjem na razdjelne stanice 20/0,4 kV,

Ova bilansiranja su provedena vodeći računa o:

— prilikama na terenu (reljef i manjena zemljišta)
— stanju postojeće mreže
— vrsti i veličini konzuma
— odabranom nizu standardne transformacije od 30, 50, 100, 160, 250, 400, 630, 2 x 400 i 2 x x 630 kVA.

Raspodjela konzuma na pojne stanice 110/20 kV, rezultirala je iz rezrade razdjelne mreže i uzimanjem u račun konzuma onih područja ili rezervata, gdje konzum nije bio definiran u onoj mjeri u kojoj bi ga bilo moguće bilansirati na nivou stanica 20/0,4 kV.

4. Izbor pojnog sistema i rješenje buduće mreže

Razradom postojećeg stanja i razvojnih mogućnosti elektroenergetskog sistema i razdjelne mreže, iznosa i karaktera elektroenergetskih potreba očekivanog područnog konzuma u budućnosti, forme područne aglomeracije konfiguracije terena, klimatskih prilika, geološkog sastava i namjene tla, te uvedene standardizacije i unifikacije u izgradnji mreže, došlo se do zaključka da budući konzum na području zahvaćenom ovom razradom u napajanju valja u cjelini orijentirati na elektroenergetski sistem na nivou mreže 110 kV.

U traženju najpovoljnijeg rješenja pojne mreže, sistema napajanja konzuma i rješenja razdjelne mreže, razrađeno je više varijanti uz primjenu slijedećih zahtjeva:

Na nivou mreže 110 kV:

— da se osigura potpuno napajanje konzuma u slučaju kvara na jednom neposrednom dovodu energije i u slučaju ispada jednog transformatora, a da opterećenje vodova i transformatora preostalih u pogonu ne prijeđu granicu dozvoljene termičke opteretivosti i pad napona od 12% Un;
— da se rješenje zasnuje sa standardnim unificiranim elementima mreže.

Na nivou mreže 20 kV:

— da se osigura potpuno napajanje značajnijeg konzuma u slučaju kvara na neposrednom dovodu energije i u slučaju ispada jednog transformatora uz uvjet, da opterećenja vodova i transformatora preostalih u pogonu ne prijeđu granicu dozvoljene termičke opteretivosti i pad napona od 12% Un;
— da se rješenje zasnuje na standardnim unificiranim elementima mreže.

Međusobnim uspoređivanjem eliminirane su manje vrijedne varijante i došlo se do zaključka da rješenje izbora sistema napajanja konzuma područja razrade ne može bitno utjecati na izbor rješenja mreže 110 kV. Rezultati usporedbe potrebnih investicija razrađenih rješenja mreže područja PO-Vel. Gorica pokazali su da bi razvoj mreže po sistemu 110—20—0,4 kV bio najpovoljniji (u odnosu na postojeći sistem područja u cjelini za oko 36%), i da ga valja primijeniti na područja PO-Vel. Gorica.

Kad se pogleda što i kako se radi drugdje, onda se zapaža da u novije vrijeme u svijetu sve više prevladava mišljenje da je u mreži opravdan samo jedan srednji napon u sistemu između 110 i 0,4 kV.

Napravljene ekonomske računice pokazuju:

— da je u gradovima s kabelskom mrežom ekonomičan srednji napon X = 10 do 20 kV, a u unutrašnjosti s nadzemnim vodovima srednji napon X = 15 do 30 kV (ovisno o površinskoj gustoći opterećenja),
— da će u perspektivi za većinu gradova i područja u unutrašnjosti, u Evropi, odgovarati omjer visokog i srednjeg napona približno 5 : 1 i time srednji napon

110/5 = 20 kV,

Iz rezultata analize postojećeg stanja konzuma i mreže, razrade razvojnih mogućnosti područnog konzuma, namjene tla, prilika na terenu i prethodno postavljenih zahtjeva, došlo se do zaključka da rješenje buduće mreže područja razrade valja razraditi:

Na nivou mreže 110 kV:

— Nadzemne vodove 110 kV s vodičima 240 mm² Ač i željezno-rešetkastim stupovima.
— Transformatorske stanice 110 kV sa standardnim snagama 20, i 40 (60) MVA.

Na nivou mreže 20 kV:

— Nadzemne vodove s vodičima iz alučela i u pravilu:
magistralne vodove s vodičima 95 mm² Ač i željezno-rešetkastim ili betonskim stupovima, a periferne vodove i odcjepe s vodičima 35 mm² Ač i drvenim stupovima s betonskim nogarima.
— Kabelske vodove s vodičima iz bakra (ili ekvivalentni presjek aluminija) i u pravilu:
magistralne vodove s vodičima 95 mm² Cu, a periferne vodove i odcjepe s vodičima 35 mm² Cu.
— Transformatorske stanice 20/0,4 kV sa standardnim snagama transformatora 30, 50, 100, 160, 250, 400, 630.

Definiranje ovim zahtjevima neobuhvaćenih elemenata mreže (industrijske stanice i stanice specijalne namjene, te vodovi za njihovo napajanje) prepušteno je naknadnoj razradi i korisniku.

U izboru elemenata za razradu mreže 110 kV za nadzemne vodove i stanice primjenjena je u Elektroprenosu — Zagreb, već uvedena unifikacija.

Definiranje elemenata mreže 20 kV izvedeno je uzimajući u obzir postojeće stanje mreže, konzumografske karakteristike (postojeću i očekivanu učestalost pojave određenog razreda konzuma), zahtjeve o sigurnosti i unifikaciji elemenata mreže, rezultate analize struja kratkog spoja i rezultate analize izbora presjeka vodova i preporuka dobivenih od stručnog osoblja Elektre — Zagreb i Dalekovoda — Zagreb.

Dinamika etapnog razvoja mreže razrađena je u skladu s očekivanom dinamikom razvoja konzuma (prema toč. 3.) i postojećim stanjem područne mreže u dvije etape.

U I. etapi razvoja (do oko 1975. g.) prema Sl. 3 i računa se:

— s izgradnjom pojnih stanica 110/20 kV Samobor (2 × 20 MVA), Stupnik (2 × 20 MVA) i Vel. Gorica (2 × 20 MVA) i njihovim vezanjem na područni sistem 110 kV, te
— sa rekonstrukcijom postojeće mreže 10 kV u 20 kV i njenim prijelazom na redovan pogon sa 20 kV.

Kod transformacije 110/20 kV računa se sa prespojivom izvedbom sekundara u formi 2 × 10 kV, koja će u toku rekonstrukcije mreže srednjeg napona omogućiti normalan pogon s naponom 10 kV i kasnijim prespajanjem njen prijelaz na pogon s naponom 20 kV.

U gradnji novih elemenata mreže planirana je primjena 20 kV opreme u skladu s ovdje navedenom unifikacijom.

U daljnjem razvoju (do oko 2000. g.), planirana je:

— zamjena u I.etapi uvedene transformacije 110/20 kV, 2 × 20 MVA jedinicama 3 × 40 i izgradnja novih TS 110/20 kV; Novaki (3 × 40 MVA), Zadravsko (3 × 40 MVA), Jakuševac (3 × 40 MVA) i Mičevec (3 × 40 MVA) i njihovo vezanje u područni sistem 110 kV;
— izgradnja novih elemenata mreže 20 kV na području razrade, posebno na onim dijelovima područja na kojima konzum još nije ni urbanistički potpuno definiran.

5. Proračun snaga kratkog spoja

Prema dobivenom zadatku u proračun kratkog spoja ušlo se s ciljem da se ukaže na veličine očekivanih snaga i struja kratkog spoja u perspektivnoj mreži područja razrade i na taj način dobije osnova za izbor parametra pojedinih elemenata planirane mreže.

Kao ishodište za proračun uzeti su elementi predviđenog razvoja perspektivne mreže i veličine očekivanih struja i snaga kratkog spoja na sabirnicama 110 kV u stanicama Mraclin, Klara i Rakitje, dane u radovima Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

U skladu s ovim postavkama u I. etapi razvoja mreže (oko 1975.) u pojnim stanicama mogu se očekivati struje i snage kratkog spoja dane u tablici 5.

Očekivane struje i snage kratkog spoja na sabirnicama 110 kV u stanicama, Mraclin, Klara i Rakitje

Tablica 5

Naziv stanice	Struja kratkog spoja (kA)			Snage kratkog spoja (MVA)	
	I_{ud}	I''_k	I_{kt}	P''_k	P_{kt}
1	2	3	4	5	6
Mraclin	71,45	27,02	16,3	5350	3100
Klara	35,85	14,10	9,5	2680	1800
Rakitje	51,20	20,16	12,6	3840	2400

U nedostatku razrade daljnjeg razvoja kratkog spoja u regionalnoj elektroenergetskoj mreži, a na osnovi grube analize procijenjeno je, da će u mreži područja razrade u daljnjoj perspektivi (oko 2000. g.) snaga kratkog spoja biti ograničena, i da će u pojnim stanicama 110 kV na sabirnicama 110 kV moći doseći iznose od

$$P''_k = 7500 \text{ MVA i } P_{et} = 4350 \text{ MVA}.$$

Iz rezultata provedene razrade došlo se do zaključka, da bi snage kratkog spoja u planiranoj mreži 20 kV uz paralelan rad transformatora 110/20 kV mogle doseći granicu do blizu 700 MVA.

Iz iznesenih podataka uočljivo je da će se pitanje ograničenja snage i struja morati posebno razraditi. Ovdje se kao rješenje za ograničenje struja kratkog spoja predlaže smanjenje vremena iskapčanja kvara ili sekcioniranje rada transformatora.

Grubom analizom u tablici 6 danih rezultata razrade kratkog spoja došlo se do zaključka, da bi s obzirom na struje kratkog spoja u budućoj mreži 20 kV, područja razrade na početnim dionicama vodova bilo dobro primijeniti ove presjeke:

Rezultati proračuna presjeka vodova u mreži 20 kV uvjetovanih strujama kratkog spoja Tablica 6

Vrsta voda	Vrijeme (t-sek)	Proračunski presjeci vodova 20 kV (mm^2)							
		Uz paralelan rad transformatora U TS 110/20 kV				Uz odvojen rad transformatora U TS 110/20 kV			
Transformacija stanice (MVA)		2 × 20	2 × 31,5	2 × 40	2 × 60	2 × 20	2 × 31,5	2 × 40	2 × 60
Cu-kabeli	1,0	97	133	164	175	46	70	88	93
	0,5	68	94	115	123	32	50	62	66
Al-kabeli	1,0	145	200	246	262	68	105	133	141
	0,5	103	141	174	185	48	75	94	100
Cu-nadzemni vodovi	1,0	75	103	127	136	36	55	69	73
	0,5	53	73	90	96	25	39	49	52
Ač-nadzemni vodovi	1,0	121	165	200	220	57	87	110	117
	0,5	85	117	144	154	43	62	78	83

za kabelske vodove: 95 mm^2 Cu ili 150 mm^2 Al
za nadzemne vodove: 70 mm^2Cu ili 95 mm^2 Ač

S obzirom na činjenicu da su prigušenja struja kratkog spoja u vodovima vrlo velika (300 do 500 metara voda priguši ih na polovinu) periferni i odcjepni vodovi se mogu izvoditi:

— u kabelskoj zvedbi sa vodičima 35 mm^2 Cu (50 mm^2 Al)

— u nadzemnoj izvedbi sa vodičima 35 mm^2 Ač.

6. Aproksimativni troškovi izgradnje planirane mreže

Provedeni računi su pokazali da ukupne investicije u planirani razvoj mreže područja Samobor — Klara — Velika Gorica valja očekivati u svoti od 334. 10^6 d.

— u I etapi razvoja (do oko 1975. g.) oko 113 . 10^6 d ili 34%, a u daljnjem razvoju (do 2000.) oko 221 . .10^6 d ili 66% od ukupno predviđene sume. Investicije u mreži 110 kV valja očekivati u redu veličine od oko 120 . 10^6 d ili 36% (u I. etapi oko 36 . 10^6 d ili 30%, a u mreži 20 kV oko 214 . 10^6 d ili 64% (u I. etapi oko 77 . 10^6 d ili 36%) od ukupno predviđene sume.

Naslov pisca: Nikola Vagić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA
I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA
KARLOVAC

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

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

VELIKE TERMOELEKTRANE KAO IZVOR ZAGAĐENJA ZRAKA

Hrvoje Brkić, Zagreb

Eksplozivni porast stanovništva, kao i porast specifične potrošnje toplinske energije po stanovniku, imaju za posljedicu, pored ostaloga i naglo povećanje zagađenosti zraka. U mnogim zemljama doneseni su propisi o zaštiti. Oni pred proizvođače toplinske energije postavljaju nove probleme i dovode do daljnjeg poskupljenja proizvodnje. Prikazane su mjere što se mogu poduzeti u sadašnjim uvjetima.

DK 621.311.22.004

Posljednjih godina se na stručniim skupovima mnogo raspravlja o ugroženosti ljudi i prirode otpacima koji nastaju kao produkt svakodnevnih ljudskih aktivnosti. Isto tako se govori o zagađivanju zraka pri proizvodnji toplinske i električne energije. Izlučivanje štetnih otpadaka usko je vezano i s brojem stanovništva koji naseljava našu planetu, s porastom njihovog standarda i s vrstama sirovina koje se obrađuju ili prerađuju.

Stručnjaci za ocjenu populacije predviđaju upravo eksplozivni porast stanovnika, naročito u nerazvijenim zemljama. Procjenjuje se da na zemlji živi oko 4 milijarde stanovnika a da će se u 2000. godini taj broj popeti na oko 7,5 milijarde.

Porast potrošnje primarne energije (a time i onečišćenje okolice) trebao bi rasti brže od porasta stanovništva. Naime, uz porast stanovništva valja očekivati i porast specifične potrošnje energije, naročito u nerazvijenim zemljama, pa bi mogao iznositi, kako je to prikazano u tablici 1.

Ocjena potrošnje primarne energije u svijetu

(izražena u milijunima ekv. tona ulja za loženje)

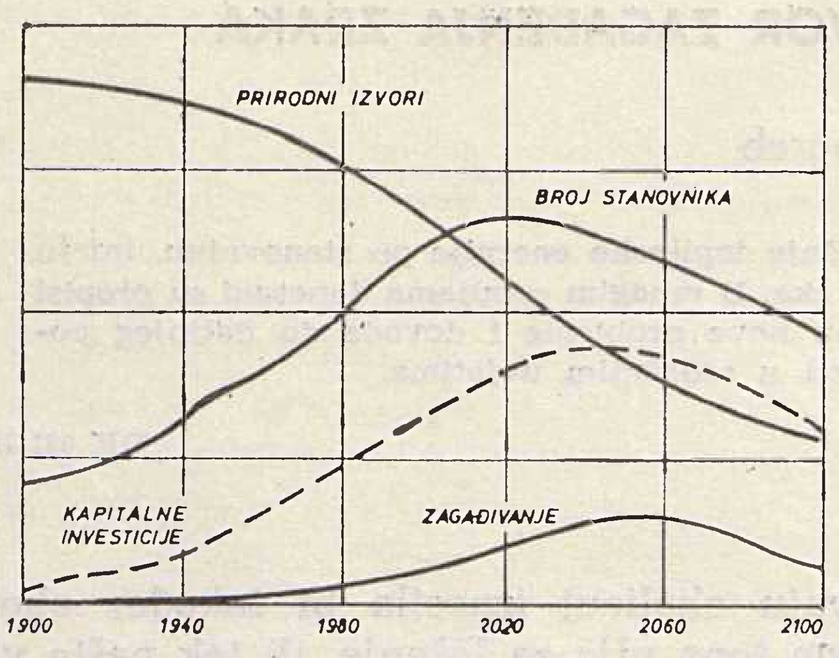
Tablica 1

Godina	Kruto gorivo	Tekuće gorivo	Ostalo	Ukupno	Porast (1929 = 1)
1929.	992	197	64	1253	1,0
1937.	913	274	85	1272	1,0
1950.	1107	540	220	1867	1,5
1956.	1315	720	460	2495	2,0
1961.	1410	975	885	3100	2,5
1966.	1610	1450	1020	4080	3,2
1980.				8200	6,5
2000.	3150	6650	11200	21000	16,7

Iz tablice 1 se vidi da bi se potrošnja ukupne primarne energije u svijetu trebala povećati u 2000. godini u odnosu na 1929. godinu za oko 17 puta, a u odnosu na 1972. godinu za oko 3,5 do 4 puta. Pri tome je uočljivo da bi potrošnja ugljena morala rasti relativno lagano, potrošnja tekućeg goriva osjetno brže, dok bi najbrže trebale rasti ostale vrste energije, tj. plin, hidroenergija, a naročito nuklearna energija. Potrošnja plina u 2000. godini mogla bi iznositi oko 5600 ekvivalentnih tona ulja za loženje, što u velikoj mjeri ovisi o zalihama koje su otkrivene i koje bi se tek trebale otkriti. Ako se ova predviđanja ostvare, ukupna energija dobivena iz nuklearnih i hidro izvora (dakle onih koji prema sadašnjem gledanju ne ugrožavaju okolicu) iznosila bi također oko 5600 milijuna tona ulja za loženje, ili tek nešto više od jedne četvrtine ukupno proizvedene energije. Uz to valja napomenuti da se danas intenzivno troše upravo ona goriva koja sadrže male količine sumpora. Ovakva će goriva uskoro biti potrošena, pa će za budućnost preostati samo one lošije i opasnije vrste goriva.

Izvjesne količine izlučenih štetnih tvari može kompenzirati i sama priroda (npr. konzumacija u zemljište, obaranjem u rijeke i oceane itd.). No, još uvijek će ostati velike količine onečišćenja u zraku koje će se difuzijom i turbulencijom atmosfere raširiti, pa će biti ugroženi i oni dijelovi zemaljske kugle koji su još sada čisti. Pri tome bi veće onečišćenje zraka trebalo ranije nastupiti na sjevernoj polukugli, jer se na njoj nalaze područja s razvijenijom industrijom. Predviđanja o uvjetima života u budućnosti tema je mnogih istraživanja u inozemstvu, a mnogi su rezultati (modeli) dobiveni obradom elektroničkim računalima. Bez obzira u kojoj će se mjeri predviđanja ispuniti, rezultati svih kalkulacija upozoravaju na osjetno povišenje zagađenosti okolice. Na slici 1 prikazan je jedan od takvih modela uz pretpostavku razvoja perspektivnog iskorištenja sirovinskih izvora bez posebnih interventnih mjera.

Ova razmatranja ukazuju ne samo na problem onih tvari koje su danas poznate kao štetne, već i onih koje se još ne smtraju štetnima, kao što je to npr. ugljični dioksid. Cijeni se, da se sada oko dvije trećine stvorenog ugljičnog dioksida troši za asimilaciju bilinstva (čija masa je u povećanju) i za stvaranje karbonatnih sedimenata u morima, pa se ukupna masa ugljičnog dioksida u atmosferi neprekidno povećava. Od početka ovog stoljeća ona je porasla sa 290 ppm na 320 ppm. Sada se povećava za oko 1 ppm godišnje. Do 2000. godine mogle bi se povećati za oko 400 do 500 ppm. Povećanje ugljičnog dioksida u atmosferi djeluje u smislu smanjenja isijavanja zemlje, slično kao i staklo u ostaklenim prostorijama. Stoga bi se mogli očekivati poremećaji ravnoteže ugrijavanja i ohlađivanja zemlje, postupno povećavanje temperature s mnogostrukim posljedicama, kao i topljenje leda na polovima. Međutim, suprotno očekivanom, temperatura zemljine atmosfere je u posljednje vrijeme nešto pala. To bi moglo biti posljedica većeg izlučivanja leteće prašine koja uzrokuje i veće stvaranje oblačnosti i povećanu refleksiju sunčeve energije u svemir. No, iako ovaj problem barem



Sl. 1 Model perspektivnog zagađivanja okoline bez posebnih interventnih mjera

za sada, izgleda nerješiv, još uvijek nije aktualan, pa se ostavlja budućim generacijama da ga riješe.

Stanje s ostalim štetnim tvarima u zraku postaje svakim danom sve gore.

U sadašnjoj praksi industrijskih zemalja Evrope zaštitne mjere su poduzete samo u smislu smanjenja izlučivanja leteće prašine i sumpornog oksida. Jedino su u Sjedinjenim Američkim Državama već doneseni propisi da bi se smanjila izlučivanja i nekih drugih štetnih tvari u dimnim plinovima toplinskih postrojenja. To se odnosi u prvom redu na smanjenje izlučivanja dušičnih oksida, iako još ne postoje zadovoljavajuće tehničke i ekonomski prihvatljive mjere za njihovo smanjenje. U doglednoj budućnosti valja očekivati pronalaženje prihvatljivih rješenja i zakona koji će propisati njihovu primjenu i u evropskim zemljama.

Za razmatranja problema zagađivanja zraka proizvodima sagorijevanja karakteristične su i energetske bilance zemalja sa dobro razvijenom industrijom. U tablici 2 dana je energetska bilanca

Potrošnja primarne energije u Sjevernoj Americi (SAD i Kanada)

Tablica 2

	Godina				
	1950.	1960.	1964.	1970.*	1980.*
	milijuna ekv. tona ulja za loženje				
Ukupne potrebe	855	1150	1341	1680	2400
Ugljen	341	265	298	370	540
Nafta	332	510	580	710	935
Prirodni plin	164	345	428	550	725
Vodna energija	18	30	34	40	55
Nuklearna energija	—	—	1	10	145
(Uvoz nafte)	44	99	118	145	186
	odnosi u %				
Ugljen	39,9	23,0	22,2	22,0	22,5
Nafta	38,8	44,4	43,3	42,3	39,0
Prirodni plin	19,2	30,0	31,9	32,7	30,2
Vodna energija	2,1	2,6	2,5	2,4	2,3
Nuklearna energija	—	—	0,1	0,6	6,0
(Uvoz nafte)	5,1	2,6	8,8	8,6	7,7

* procjena

zemalja Sjeverne Amerike (SAD i Kanada), a u tablici 3 energetska bilanca Savezne Republike Njemačke. Podaci u gornjem dijelu tablice 2 i 3 izraženi su milijunima ekvivalentnih tona ulja za loženje, a podaci u donjem dijelu tablice izraženi su u postocima.

Potrošnja primarne energije u SR Njemačkoj

Tablica 3

	Godina				
	1960.	1965.	1969.	1975.	1980.
	milijuna ekv. tona ulja za loženje				
Ukupne potrebe	151,5	189,6	224,8	294,0	371,0
Ugljen	113,4	104,1	93,7	80,5	73,5
Nafta	32,9	77,9	116,3	175,0	220,5
Prirodni plin	0,6	2,4	9,1	25,9	38,5
Nuklearna energija	—	—	1,1	7,0	31,5
Ostalo	4,6	5,2	4,6	5,6	7,0
	odnosi u %				
Ugljen	74,9	54,9	41,7	27,4	19,8
Nafta	21,7	41,1	51,7	59,5	59,4
Prirodni plin	0,4	1,3	4,0	8,8	10,4
Nuklearna energija	—	—	0,5	2,4	8,5
Ostalo	3,0	2,7	2,1	1,9	1,9

Pri razmatranju ovih podataka valja imati na umu, da su spomenute zemlje bogate ugljenom. Kako se vidi iz obje energetske bilance, relativni udio ugljena u ukupnom udjelu se osjetno smanjuje, a u SR Njemačkoj se ugljen smanjuje i u apsolutnom udjelu. Potrošnja nafte u obje zemlje apsolutno naglo raste, dok udio nuklearne energije u obje bilance ostaje do 1980. godine ispod 10%.

U pogledu potrošnje primarne energije za proizvodnju električne energije odnosi se osjetno mijenjaju. Elektroprivredni objekti, najčešće velikog kapaciteta, s većom slobodom izbora lokacije u odnosu na ostalu industriju, vezani mrežama najviših napona, imaju i osjetnu veću mogućnost prilagođivanja općim zahtjevima, pa tako i zahtjevima zaštite okoline. Stoga se u perspektivnim bilancama predviđa i daleko veći udio nuklearne energije u odnosu na ostale energetske potrošače. Tako se predviđa da će udio nuklearne energije za proizvodnju električne energije i u SAD i u SR Njemačkoj u 1980. godini iznositi 40 do 45%. Skora budućnost će nam pokazati u kojoj će se mjeri predviđanja zaista i ostvariti.

Elektroprivredna poduzeća u svim zemljama imaju uglavnom velike proizvodne jedinice, često i jako grupirane, raspolažu dovoljnim brojem stručnog osoblja i imaju, manje ili više, monopolistički položaj u državi. Stoga su ona i u mogućnosti da se lakše prilagode oštrim zahtjevima novih propisa u pogledu zaštite zraka od zagađivanja. Međutim, ostala industrija, naročito ona sitnija, suočena s oštrom konkurencijom unutrašnjeg i vanjskog tržišta, dolazi primjenom novih propisa o zaštiti oko-

lice često u znatne poteškoće. Oštra ograničenja s obzirom na kvalitetu goriva, način sagorijevanja, ograničenje ispuštanja zagađenih plinova, poskupljenja električne energije i prijevoza, pa i propisane obustave u lošim atmosferskim uvjetima, oštro mijenjaju uvjete privređivanja, jer se i cijene povoljnih ali deficitarnih goriva neprekidno podižu. Ugledni stručnjaci Faith i Atkisson ovako opisuju trenutno stanje u Sjedinjenim Američkim Državama:

»Osnovni ekonomski udar u Sjedinjenim Američkim Državama o zaštiti zraka pogađa onoga koji je odgovoran za emisiju. Primjena postrojenja i uređaja koji smanjuju emisiju iziskuje troškove (ponekad i više od osnovnog postrojenja koje je emitant) i rijetko nudi brzi povrat novca vlasniku. Stoga se oni žale da to (tj. donesena ograničenja op. p. ne mogu podnijeti, da će njihovi konkurenti dobiti nepoštenu prednost, da će morati obustaviti proizvodnju i otpustiti radnike. Ponekad su njihove jadikovke istinite, ponekad ne. U konačnici, društvo se suočava s poteškoćama zbog viših cijena, manjim prihodom od poreza, povišenjem nezaposlenosti ili nekim drugim ekonomskim posljedicama«.

I dok se neki unatoč toga zalažu za hitnu i oštru primjenu odlučnih mjera za zaštitu okolice, drugi ukazuju na teške posljedice preoštre ili preuranjene primjene ovakvih mjera, naročito stoga što još nisu pronađena odgovarajuća tehničko-ekonomska rješenja. U Senatu SAD kruži izvještaj kojim se upozorava » . . . da će biti nužno privremeno olakšati propisane granice sadržaja sumpora u gorivu, kako bi se osigurala neprekinuta opskrba električnom energijom u potrebnim količinama«. (Power, kolovoz 1972). Urednik stručnog mjesečnika Power u uvodniku od travnja 1972. poručuje: »Poslije više tjedana razgovora sa savjetodavnim inženjerima, rukovodiocima elektrana i industrije o donesenim propisima za sumporni dioksid, došao sam do zaključka da postoji jako suprotstavljanje očigledno prebrzim putovima prema cilju koji je karakterističan za naš SO_2 program«. Zatim: »Svi uviđaju potrebu zaštite okolice zbog sebe i što je još važnije — zbog generacija koje dolaze, ali to ne opravdava ludi juriš u bitku. Svi znamo i opće prihvaćamo činjenicu da će cijena proizvodnje električne energije i pare i dalje rasti. No, nemojno pokušati pretjerano smanjiti SO_2 u kratkom vremenskom razdoblju koji bitno povisuje troškove i neizbježno vodi pogreškama«. Energy International od studenog 1972. godine donosi članak pod naslovom: Nedostatak plina u slijedećem desetljeću, a isti časopis u veljači 1973: Nazad u mračna razdoblja, i raspravlja o nagovještajima predstojeće krize energije. Previđajući široku primjenu odsumporavanja mnogi se pitaju: »Kuda sa sumporom?« (Chem. Engng. 79/1972). Rasprave sa sličnim sadržajem mogu se naći gotovo u svakom časopisu koji obrađuje ovakvu problematiku.

Troškovi zaštite okolice rastu svakim danom sve više. Oni su u SR Njemačkoj procijenjeni u 1971. godini na 4,8 mrd DM a za 1975. se procjenjuju na oko 11 mrd DM. U SAD je u tu svrhu utrošeno 1970. godine oko 51 dolar po stanovniku, a za 1980, iznosit će 145 dolara.

Gledano u cjelini naša zemlja još nije toliko ugrožena koliko su ugrožene ostale industrijski razvijenije zemlje (iako to ne vrijedi za neka uža područja). Stoga, kod nas barem još za sada nisu nužni zahvati većih razmjera skopčani s osobito velikim troškovima društva. Prednost je što će naša zemlja, kada se za to pokažu potrebe, prihvatiti već gotova iskustva i tehnologiju koja se intenzivno traži i ispituje u industrijski razvijenim zemljama. Pri tome valja imati na umu da su sve zemlje svijeta povezane zajedničkim zračnim omotačem ograničenog kapaciteta, zajedničkim i ograničenim količinama vode u rijekama i morima i da samo zajednički napori svih zemalja mogu osigurati nesmetani razvoj života na našoj planeti.

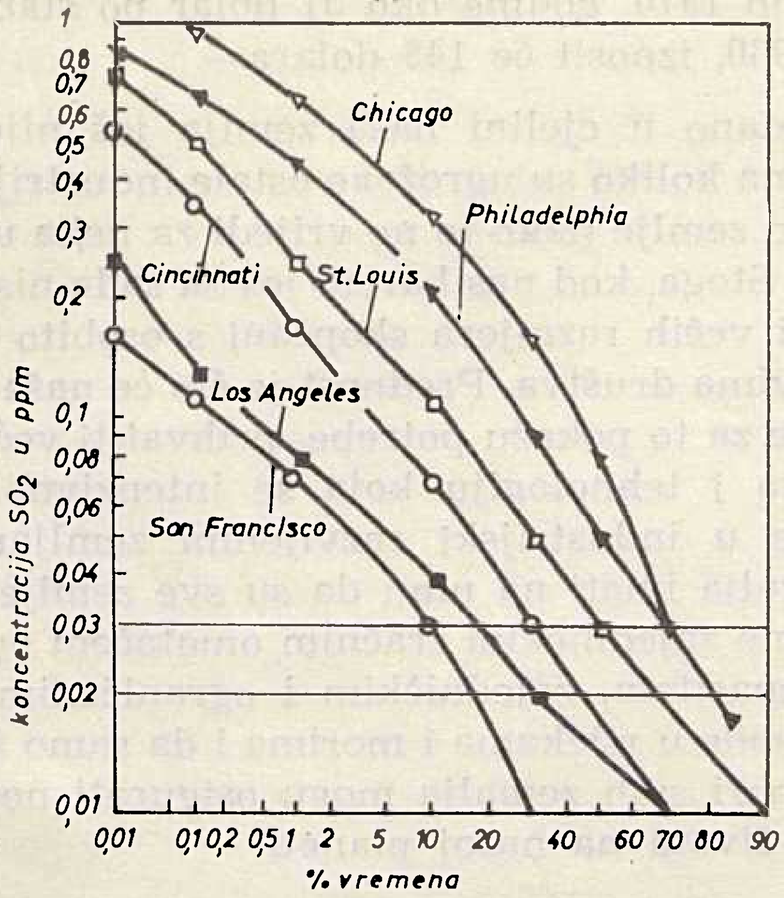
Zagađenost zraka nedvojbeno štetno utječe na neke materijale i biljke već i kod onih koncetracija koje se ne smatraju štetnim ili osobito štetnim za ljude. Neke od većih nesreća u bližoj povijesti (London, dolina Meuse, Donora itd.) dokazale su poguban utjecaj zagađenja zraka na ljude, pri višim koncentracijama. Međutim, pri nižim koncentracijama zagađenja, kao i u pogledu graničnih vrijednosti koje bi se trebale smatrati štetnim, još uvijek nije postignuta potpuna suglasnost. To se naročito odnosi na one vrste zagađivača zraka koji potječu iz dimnih plinova termoelektrana, pa će neki rezultati ispitivanja biti ovdje ukratko izneseni.

U području Ruhra (SR Njemačka) detaljno je ispitano 15 000 smrtnih slučajeva od bronhijalnog karcinoma od 1960. do 1968. godine. Ovim ispitivanjima utvrđena je ovisnost između zagađenosti zraka prouzrokovanog ispušnim plinovima automobila i gustoće stanovništva, međutim, nisu ustanovljene ovisnosti o sadržaju sumpornog dioksida i prašine.

Ispitivanja dišnih putova i disanje 8 000 stanovnika u Bocholtu (SR Njemačka) u razdoblju od 1963. do 1968. g. obuhvatila su imisione koncentracije lebdeće prašine između 0,01 i 0,4 mg/m³ i sumpornog dioksida između 0,03 i 0,3 ppm (0,075 i 0,75 mg/m³). Tom prilikom nađena je ovisnost o starosti, spolu i pušenju ali ne i ovisnost o emisiji u okolišnjem zraku.

Ispitivanja u Londonu od 1952. do danas su u početku pokazala jasnu ovisnost između smrtnosti i oboljenja s jedne strane i sadržaja sumpornih oksida i leteće prašine s druge strane. Međutim, rezultati posljednjih godina jedva da pokazuju ikakvu ovisnost, koja bi se prije mogla pripisati slučajnim kolebanjima. (Također valja napomenuti da je čistoća zraka u Londonu posljednjih godina poboljšana op. p.).

Osim ovakvih i sličnih rezultata ispitivanja novijeg datuma, postoje i izvještaji sa suprotnim rezultatima. Tako su ispitivanja provedena u Rotterdamu na oko 1000 školske djece u dva različito zagađena dijela grada pokazala ovisnost između za-



Sl. 2 Učestalost koncentracija SO_2 u 6 gradova SAD od 1962. — 1967.

gađenosti zraka i bronhitisa, ali ne i ovisnost s astmom ili volumenom udisaja. Nadalje, razmatranja broja smrtnosti u 3 gradska područja u Osaki (Japan) od 1962. do 1967. pokazala su primjetljivu vezu sa zagađenosti zraka, naročito u hladnijim danima. Pri tome se čini da je utjecaj sumpornog dioksida bio djelotvorniji od sadržaja leteće prašine, što bi trebalo biti u suprotnosti s opažanjima prilikom nesreća u Londonu 1952. i 1962. godine, a napose posljednjih godina.

Na osnovi takvih ispitivanja, čiji rezultati ponekad nisu potpuno suglasni, — doneseni su u raznim zemljama i propisi o dozvoljenim graničnim koncentracijama, koji se također međusobno razlikuju. Među najoštrije do sada donesene propise spadaju oni doneseni u Sjedinjenim Američkim Državama. Doneseni su u dva standarda. Primarnim standardom želi se zaštititi opće zdravlje ljudi, a sekundarnim se žele spriječiti i ostale manje važne posljedice.

Brojčani podaci graničnih koncentracija sumpornog dioksida i prašine dani su u mikrogramima po m^3 kako slijedi:

Primjetljiva je razlika između kratkotrajnih i dugotrajnih graničnih vrijednosti. Tako se godišnji prosjek u odnosu na 24-satni maksimum i opasni stupanj zagađenosti sa SO_2 odnosi kao 1 : 4,5 : 33.

	Sumporni dioksid	prašina
Godišnje (aritmetički prosjek)	80	
Godišnje (geometrijski prosjek)		75
24-satni maksimum	365	260
Sekundarni standard		
Godišnje (aritmetički prosjek)	60	
Godišnje (geometrijski prosjek)		60
24-satni maksimum	260	150
3-satni maksimum	1300	
Opasni stupanj (hazardous level)		
24-satni prosjek	2620	1000

Ovim propisima moći će se u SAD zadovoljiti tek uz odgovarajuće napore, jer su mnogi gradovi znatno zagađeni (vidi sliku 2).

Suprotno prethodno iznesenim propisima, u našoj zemlji i u nekim zemljama istočne Evrope propisane su granične vrijednosti u mikrogramima po Nm^3 kako slijedi:

	Trenutno	prosječno dnevno
Sumporni dioksid	500	150
Prašina netoksična	500	150
Čađa	150	50

U SR Njemačkoj propisi su još blaži, i dozvoljena koncentracija SO_2 iznosi trenutno 750, a trajno 500 mikrograma po kubičnom metru.

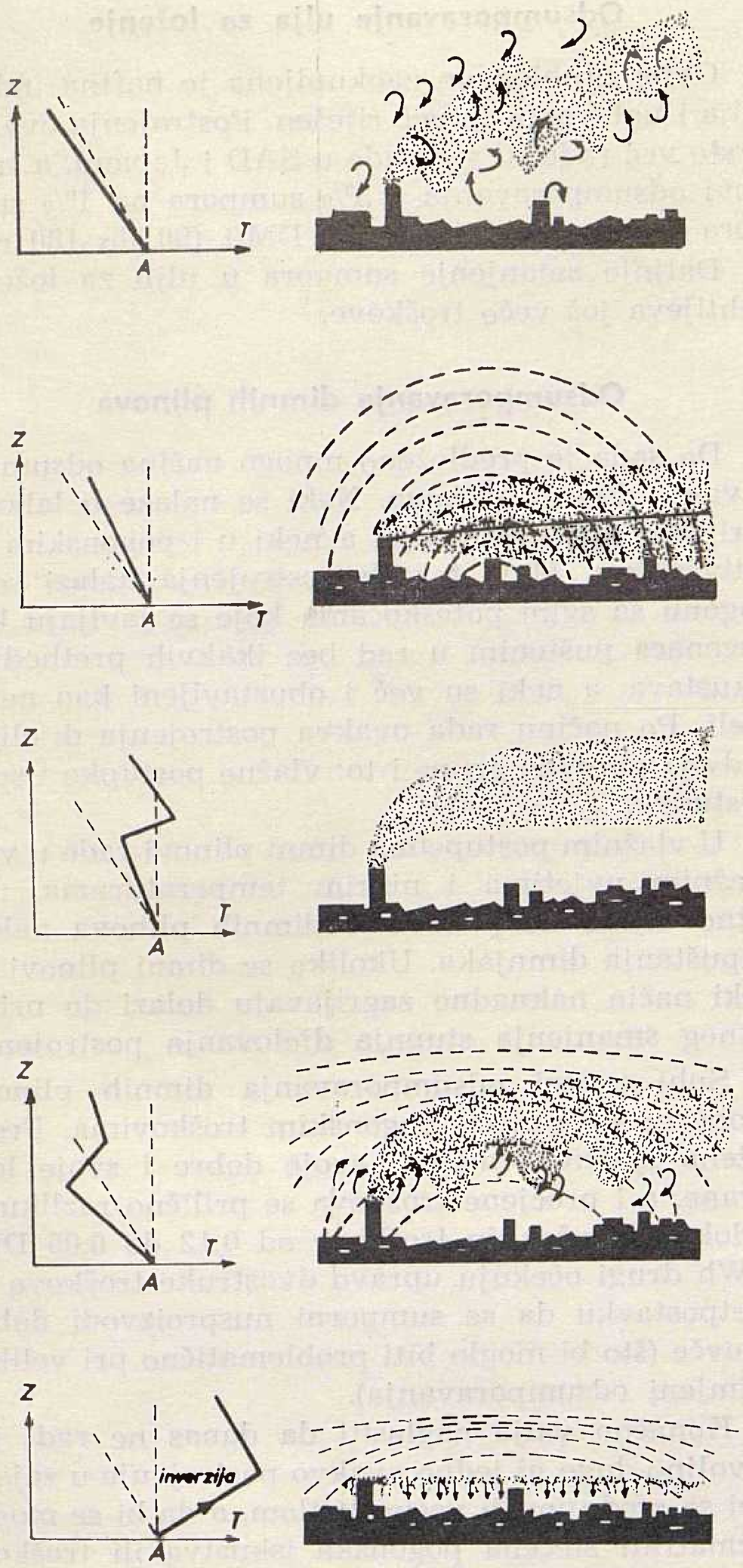
Bez obzira na još uvijek neusklađena mišljenja, prethodno iznesena, i na različito oštro donesene propise, za sada prevladava mišljenje koje se može ukratko sažeti u slijedećem:

— neki su ljudi umrli od posljedica zagađivanja zraka, što slijedi iz evidencija nesreća (London, Donora itd.). Neki od njih možda nisu umrli od zagađenja zraka, ali je zagađenje sigurno tome pridonijelo,
— koncentracije izvjesnih tvari u zraku izazivaju kod ljudi različite reakcije,
— koncentracije izvjesnih tvari u zraku pogoršavaju neke bolesti pluća, a vjerojatno i neke druge bolesti,
— koncentracije izvjesnih tvari u zraku nadražuju oči, nos i pluća ali je nadražaj kod ljudi različit,
— oboljenja uzrokovana ili pogoršana zagađenim zrakom mogu biti pogoršana i različitim drugim uvjetima, kao što su npr. prenapučenost, način stanovanja, radna okolina, prehrana, navike (pušenje i sl.) klima, itd.,
— vjerojatno je, iako nije konačno dokazano, da mješavina pojedinih zagađivača u zraku djeluje na ljude snažnije nego što bi se to moglo predvidjeti zbrajanjem djelovanja pojedinih zagađivača.

Postoje i smjelije procjene iz kojih slijedi:

— da bi se smrtnost od bronhitisa mogla smanjiti za 25 do 50% ovisno o položaju i zagađenju, kada bi se zagađenje svuda smanjilo na razinu onih gradskih područja s relativno čistim zrakom,
— da bi se smrtnost od raka plućiju smanjila za oko 25%, ako bi se zagađenje zraka smanjilo za 50%,
— da bi se smrtnost od bolesti srca i krvotoka smanjila za oko 20%, ako bi se zagađivanje smanjilo za oko 50%.

Ocjenjuje se da ukupnom zagađivanju zraka promet pridonosi oko 60%, domaćinstava do 20%, a industrija (uključivši elektroprivredu) preostalih 20%.



Sl. 3 — 7 Rasprostiranje dimnih plinova iznad gradskih područja u raznim meteorološkim uvjetima

Kako je već rečeno, većina evropskih zemalja je poduzela odgovarajuće korake kako bi se zagađivanje zraka prašinom i sumpornim oksidima iz termoelektrana svelo na podnošljivu mjeru. U toku su razmatranja u pogledu zagađivanja oksidima, dok su u SAD odgovarajući propisi već doneseni.

U daljnjem izlaganju bit će ukratko iznesene današnje mogućnosti smanjenja izlučivanja štetnih tvari plinovima iz termoelektrana, kao i troškovi koji tom prilikom neminovno nastaju.

Otprašivanje dimnih plinova

Otprašivanje dimnih plinova je postupak koji se redovito primjenjuje u pogonu termoelektrana loženih ugljenom, i jedini je od svih postupaka za smanjenje zagađivanja zraka koji je zadovoljavajuće tehnički i ekonomski riješen.

Srednji i veliki elektroprivredni objekti primjenjuju za otprašivanje dimnih plinova gotovo u pravilu elektrofiltere, a iznimno multiciklone ili ciklone i elektrofiltere vezane u seriju. Načini rada nekih vrsta otprašivača su poznati i ovdje neće biti opisani.

Primjena otprašivača dolazi u obzir gotovo isključivo iza kotlova loženih ugljenom, a samo iznimno su se do sada upotrebljavali iza kotlova loženih uljem za loženje.

Iza velikih kotlovskih jedinica postavlja se više elektrofilterskih jedinica, a s obzirom na ograničeni raspoloživi prostor ponekad se grupe elektrofiltera izvode i u dvije razine jedna iznad druge.

Pogonski troškovi elektrofiltera su razmjerno mali, a investicioni troškovi bitno ovise o stupnju otprašivanja i kreću se kako je to prikazano u tablici 4.

Tablica 4

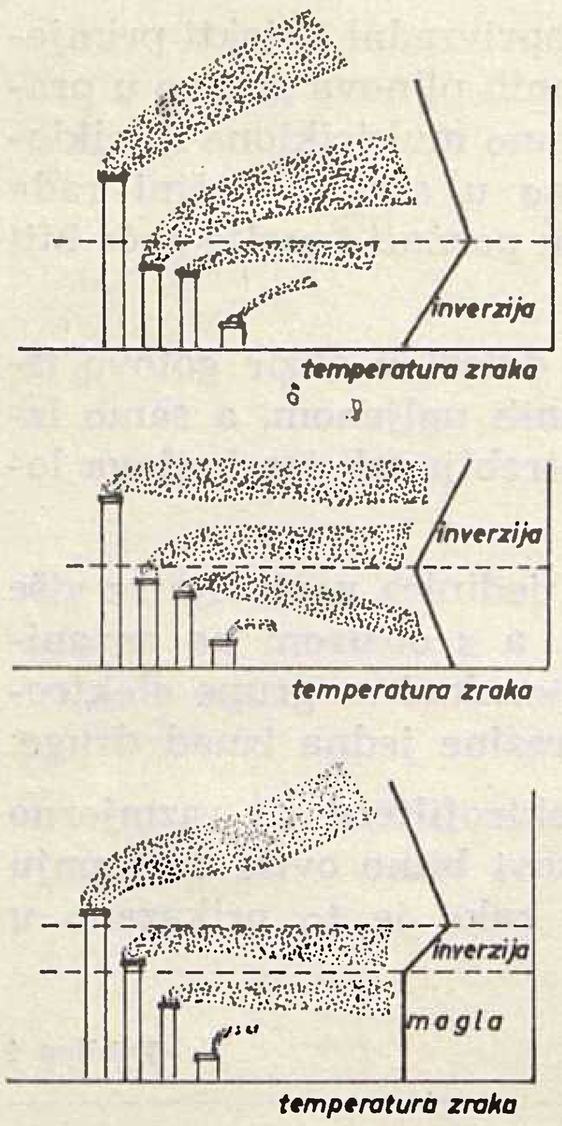
stupanj otprašivanja	Relativni porast troškova
90	1,0
95	1,3
97	1,5
98	1,7
99	2,0
99,75	2,6
99,9	4,7

Na stupnjeve otprašivanja ne utječe samo besprijekoran rad i održavanje elektrofiltera već i vrsta i pripreme ugljena (krupnoća meljave, mineralna i električna svojstva pepela, električna provodljivost, temperatura dimnih plinova, itd.).

Dimnjaci

Smanjenje prevelikih koncentracija zagađenja pri tlu bilo je moguće donedavno ostvariti jedino podizanjem visokih dimnjaka, pa se još i danas ova mjera najčešće primjenjuje. Najveće poteškoće javljaju se pri ispravnom određivanju visine dimnjaka, jer do sada ni jedna metoda proračuna ne daje potpuno zadovoljavajuće rezultate. Načini proračuna koji se osnivaju na isključivo teoretsko-računskoj osnovi ne mogu još obuhvatiti sve utjecajne faktore. Načini proračuna, koji se osnivaju isključivo na eksperimentalnoj osnovi, najčešće zadovoljavaju samo u slučaju sasvim sličnih uvjeta, a upravo sličnost uvjeta je dosta rijetka.

Za sada se najbolji rezultati postižu kombiniranjem prethodno navedenih metoda. Proračuni visine dimnjaka postaju još složeniji kada treba pored meteoroloških utjecaja obuhvatiti i utjecaje drugih emitenata zagađivanja i geografskih karakteristika, kao što su to brda, šume, pojedinačne visoke zgrade ili čitava naselja. Na slikama 3, 4, 5, 6 i 7 prikazano je rasprostiranje dimnih plinova u gradskim područjima u raznim meteorološkim uvjetima uz istovremeni prikaz promjene temperature zraka ovisno o visini.



Sl. 8 Rasprostiranje dimnih plinova iz raznim visina dimnjaka u ovisnosti o vrsti inverzije

U novije se vrijeme ovaj problem pokušava rješavati i promatranjima rasprostiranja dimnih plinova na vjernim (umanjenim) maketama ispitivanog područja uz prisilno uspostavljanje različitih meteoroloških uvjeta. Ako su modeli napravljeni ispravno, a meteorološki uvjeti dobro simulirani, mogla bi se ispravno predvidjeti u bilo kojoj točki promatranog područja ispravna koncentracija zagađivača za bilo koje meteorološko stanje.

Suvremene termoelektrane se najčešće izvode sa dimnjacima od 150 do 200, a one najveće, u ugroženijim područjima, i višim. Pri ovim visinama dimnjaka dimni plinovi prodiru iznad niižih inverzionih slojeva zraka, što bitno pridonosi smanjenju zagađivanja bliže okolice termoelektrane.

Rasprostiranje dimnih plinova u različitim visinama inverzije zraka i različitim visinama dimnjaka prikazano je na slici 8.

Nadalje, valja posebno naglasiti da su visoki dimnjaci ipak samo privremeno rješenje koje ćemo moći koristiti još određeni broj godina. Volumen raspoloživog zraka koji omata zemaljsku kuglu je ograničen, pa će se prije ili kasnije morati pristupiti i drugim mjerama zaštite zraka.

Odsumporavanje ugljena

Sumpor je u ugljenu vezan na dva načina i to u obliku organskog sumpora i pirita. Organski sumpor može se (barem za sada) izdvojiti samo uz tako visoke troškove, da ne dolazi u obzir daljnje razmatranje. Međutim, gustoća pirita se dovoljno razlikuje od osnovne substance ugljena, pa, u koliko nije srasao sa ugljenom i nije presitan, može se izdvojiti nakon pripreme. Ugljen se melje na krupnoću od 1 do 3 mm i nakon toga ispire u vodi, a pretpostavlja se da bi se moglo izdvojiti od 25 do 35% sumpora. Odsumporavanje ugljena se još uvijek nalazi u fazi istraživanja, pa i procjene troškova jako variraju.

Odsumporavanje ulja za loženje

Ovim problemom zaokupljena je naftna industrija i uglavnom je već riješen. Postrojenja ovakve vrste već rade ili se grade u SAD i Japanu, a troškovi odsumporavanja s 3% sumpora na 1% sumpora kreću se od 15 do 30 DM/t (90 do 180 d/t).

Daljnje smanjenje sumpora u ulju za loženje zahtijeva još veće troškove.

Odsumporavanje dimnih plinova

Do sada je predloženo mnogo načina odsumporavanja dimnih plinova. Neki se nalaze u laboratorijskoj fazi ispitivanja, a neki u i pogonskim ispitivanjima. Malo takvih postrojenja nalazi se u pogonu sa svim poteškoćama koje se javljaju kod prvenaca puštenim u rad bez ikakvih prethodnih iskustava, a neki su već i obustavljeni kao neuspjeli. Po načinu rada ovakva postrojenja dijelimo u dvije osnovne grupe i to: vlažne postupke i suhe postupke.

U vlažnim postupcima dimni plinovi rade u vrlo vlažnim uvjetima i niskim temperaturama, što bitno utječe na ponašanje dimnih plinova nakon napuštanja dimnjaka. Ukoliko se dimni plinovi na neki način naknadno zagrijavaju dolazi do primjetnog smanjenja stupnja djelovanja postrojenja.

Suhi načini odsumporavanja dimnih plinova skopčani su s višim pogonskim troškovima. Predložena rješenja imaju i svoje dobre i svoje loše strane, a i procjene troškova se prilično razlikuju. I dok neki očekuju troškove od 0,12 do 0,05 Dpf/kWh drugi očekuju upravo dvostruke troškove uz pretpostavku da se sumporni nusproizvodi dobro unovče (što bi moglo biti problematično pri velikoj primjeni odsumporavanja).

Konačno valja naglasiti da danas ne radi još dovoljno dugo ni jedno ovakvo postrojenje u zajednici sa srednjim ili većim kotlom, a da bi se mogla razmatrati stečena pogonska iskustva ili troškovi pogona. Nadajmo se da će budućnost dati zadovoljavajuća rješenja.

Dušikovi oksidi

Stvaranju dušikovih oksida pogoduju visoke temperature u ložištima kotlova. Kako do sada nije ponuđen ni jedan ozbiljan i predvidivo prihvatljiv projekt kojim bi se dušični dioksidi mogli izvojiti iz dimnih plinova (kao npr. prašina ili SO_2) to se ovaj problem pokušava rješavati sniženjem temperatura sagorijevanja u ložištu kotla. Provedena ispitivanja pokazala su smanjeno izlučivanje dušičnih oksida pri smanjenju tereta, pri višestepenom sagorjevanju ili pri recirkulaciji većih količina dimnih plinova. Međutim sva ova rješenja dovode do nižih temperatura plamena, manjih prijelaza topline u ložištu, većih ogrijevnih površina kotlova, većih volumena kotlova i konačno do viših cijena kotlova pare i električne energije. Primjena ovih mjera na postojećim kotlovima zahtijeva uglavnom rekonstrukciju, osim smanjenja kapaciteta.

Smanjeno izlučivanje dušičnih oksida ustanovljeno je u dimnim plinovima plinskim turbinama pa njihovi proizvođači u tome vide svoju šansu. Valja međutim napomenuti, da su i nakon nekoliko desetljeća razvoja, snage plinskih turbina ograničene do oko 100 MW, pouzdanost im je niža od parnih postrojenja, pa su samo iznimno prihvatljivi za elektroprivredu.

Zaključak

U bližoj budućnosti čovječanstvo treba očekivati nagli porast stanovništva i još veći porast potrošnje energije iz fosilnih goriva što će uzrokovati naglo povećanje zagađivanja zraka. U toku su višegodišnja istraživanja utjecaja zagađednosti zraka na ljude, životinje, bilje i materijale, na osnovi kojih su u pojedinim državama doneseni različito strogi propisi o dozvoljenim i graničnim zagađivanjima zraka. Primjena ovih propisa dovodi do povećanih troškova proizvodnje, ili čak obustave nekih pogona, pa se društvo suočava s manjim prihodima, nezaposlenošću ili nekim drugim nepovoljnim posljedicama. U borbi protiv zagađivanja zraka iz termoelektrana jedino je zadovoljavajuće riješeno otprašivanje dimnih plinova. Visokim dimnjacima se problem zagađenja samo odlaže, ali i ne rješava.

Odsumporavanje tekućeg goriva tehnološki je uspješno riješeno, ali uz previsoke troškove. Odsumporavanje krutih goriva i dimnih plinova nije riješeno, no postoje nade u skori uspjeh. Dušični oksidi se za sada ne mogu nikakvim postupcima izlučiti iz dimnih plinova, a rješenje se traži u novoj tehnologiji sagorijevanja, što opet dovodi do poskupljenja proizvodnje.

Literatura:

1. Faith, Atkisson: *Air Pollution*, New York 1972.
2. Detrie: *La pollution atmospherique*, Paris 1969.
3. Brocke, Schade: *DieLuftverunreinigung durch Abgase aus der Verbrennung von Brennstoffen in stationären Anlagen der BRD*. Staub — Reinhalt Luft Nr 12/71; Nr 1/72.
4. Crentz, Deurbrouk: *Coal and the sulfur problem*, 8. svj. energ. conferencija, Bukurest 2. srpnja 1971.
5. Katin: *Bericht über die 10. Sitzung der AIM Group der OEC*, 20—29 sept 72 Tokio, VGB 2, veljača 73.
6. Mittelstrass, B. i K. Knabe: *Entwicklungstendenzen der Rauchgasentschwefelung*, Energietechnik, svibanj 1972.
7. Jütgen, Knoblauch: *Neue Entwicklungstendenzen der Rauchgasentschwefelung in USA i BRD*, VGB, lipanj 1971.
8. —: *Energy policy, problems and objectives*, Paris, 1966.
9. Glubrecht: *Probleme der Gestaltung der Umwelt*,, Umwelt-Report Frankfurt/Main, 1972.
10. Bohn: *Probleme zukünftiger Energieversorgung*, BWK 24 (1972) № 10.
11. —: *2. Internationaler Luftreinhaltekongress der IUPPA*, Staub — Reinhalt. Luft 31 (1971) № 7.
12. Dreyhaupt: *Luftreinhaltung als faktor der Stadt — und Regionalplanung*, Köln, 1971.

Naslov pisca: Hrvoje Brkić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb.

PROCESI I PROBLEMI IZGARANJA TEŠKIH LOŽIVIH ULJA U LOŽIŠTIMA GENERATORA PARE

Dubravko Matanić, Zagreb

U članku se razmatranjem mehanizma i zakonitosti procesa, pripreme i izgaranja goriva želi ukazati na mjere koje valja poduzeti radi postizavanja potpunog sagorijevanja goriva uz mali pretičak zraka.

DK 621.18:66

Dugogodišnja praksa spaljivanja teških loživih ulja u generatorima pare pokazala je, da se pri tako specifičnim uvjetima optimalni rezultati u pogledu ekonomičnosti i kvalitete izgaranja postižu organiziranjem difuzionog turbulentnog procesa izgaranja. To znači, da uređaj za izgaranje, gorionik, valja omogućiti odvijanje čitavog niza fizikalnih i kemijskih procesa u kratkom vremenu i malom prostoru. Prihvatimo li da proces izgaranja u širem smislu počinje u trenutku uvođenja goriva i zraka u ložišni prostor, tada možemo u procesu izgaranja razlikovati procese pripreme goriva i izgaranja u užem smislu.

Priprema goriva karakterizirana je odvijanjem pretežno fizikalnih procesa i to slijedećih:

a) raspršivanje goriva

b) stvaranje smjese kapljevitog goriva i zraka

c) zagrijavanje, isparavanje i toplinsko raspadanje goriva

d) stvaranje zapaljive smjese para goriva iz zraka, kao i njezino zagrijavanje do temperature potpale.

U procesu izgaranja u užem smislu možemo razlikovati:

e) paljenje goriva

f) rasprostiranje plamena, do potpunog izgaranja goriva,

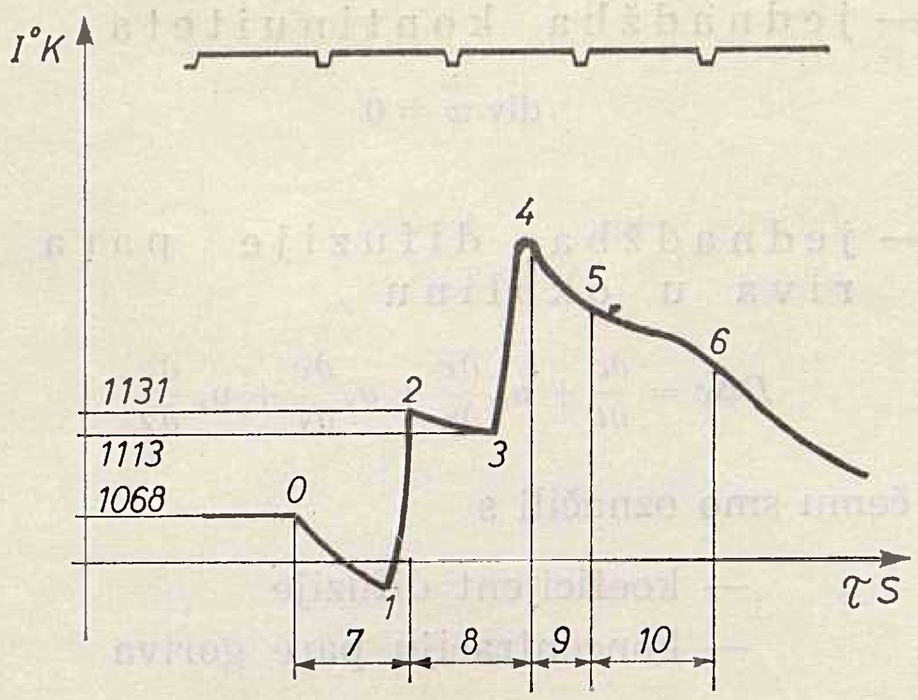
dakle procese koji su karakterizirani odvijanjem pretežno kemijskih procesa.

Karakteristično je za ovakav difuzioni proces odvijanje svih stadija a) do f) gotovo istovremeno, a ti se stadiji ni u prostoru ne mogu razdvojiti. Kvatiteta brzina sveukupnog procesa izgaranja najvećim je dijelom zbog toga uslovljena kvalitetom i brzinom najsporijeg procesa. Kratka analiza procesa a) do f) može nam, dakle, pokazati, koje procese valja poboljšati i ubrzati radi poboljšanja procesa izgaranja kao cjeline.

Bitan preduvjet za uspješno provođenje procesa izgaranja je kvalitetno raspršivanje goriva. U sučaju slabo raspršenog goriva, to jest relativno velikih kapi, velikih razlika u dimenzijama kapi, kao i nejednolikosti rasporeda kapi u prostoru, nije moguće kvalitetno provesti procese od b) do d), što ima za posljedicu nekvalitetno izgaranje. Na području raspršivanja goriva do danas su postignuti zadovoljavajući rezultati, tako da se primjenom modernih raspršivača može ostvariti vrlo kvalitetno raspršivanje. Jasno, da se i u tom smjeru mogu ostvariti poboljšanja, no korisnije je u ovom trenutku kvalitetnije organizirati neke druge procese. To se prvenstveno odnosi na procese od b) do d), jer se spretnim konstruktivnim zahvatima može utjecati na njihovu brzinu.

U trenutku unošenja kapi goriva u zagrijanu okolinu dolazi do isparavanja najlakših frakcija i do njihovog odvođenja u okolinu, a istovremeno dolazi do prodiranja oksidanta ili zraka prema kapi. Do paljenja parovitih dijelova goriva dolazi u trenutku kada su stvoreni uvjeti za to, što se tiče temperature okoline i smjese, kao i koncentracionih granica potpale. Proces ispravanja kapi se nastavlja do potpunog izčezavanja kapljevite faze. Budući da se procesi isparavanja i isplinjavanja odvijaju, uglavnom, bez prisustva zraka dolazi do stvaranja krutog koksnog ostatka, koji također zahtijeva određeno vrijeme za izgaranje. Ovdje valja istaći dvije činjenice: prvo, da do stvaranja krutih koksnih ostataka dolazi prventveno kod izgaranja teških loživih ulja i drugo, da pri izgaranju para kapljevitog goriva i koksiranih čestica dolazi do pojave svjetlećeg plamena. Interesantno je da pri samom procesu gorenja para kapi ne samo da ne dolazi do stalnog porasta temperature u zoni izgaranja, već u određenim stadijima dolazi i do pada temperature, što može imati za posljedicu stvaranje čađi. Tok temperature u zoni izgaranja prilikom izgaranja kapi goriva ovješene o niti, prikazan je na slici 1.

Vremensko trajanje pojedinih stadija je različito, a završni proces predstavlja izgaranje krute čestice koksa. Trenutak uvođenja kapi u zagrijanu okolinu označen je točkom O, od kojeg trenutka se kap počinje zagrijavati, dolazi do isparenja i isplinjavanja najlakših ugljikovodika. Ovo razdoblje 7 traje 0,8 sekundi. U tom vremenu opažamo i pad temperature, koji nastupa uslijed razlaganja ugljikovodika, dakle dolazi do endotermnog procesa. U točki 1 dolazi do zapaljenja para lakih ugljikovodika, a istovremeno se nastavlja i proces daljnjeg isparenja i razlaganja teških ugljikovodika. Proces izgaranja lakih ugljikovodika završava prije potpunog izčezavanja kapljevite faze, tako da se i u ovom trenutku opaža lagan pad temperature, od točke 2 do 3, nakon čega dolazi do izgaranja pare teških ugljikovodika i do naglog porasta temperature, točka



Sl. 1 Oscilogram izmjene temperature u zoni izgaranja kapi mazuta promjera 1 mm u nepomičnoj okolini

4. U daljnjem toku procesa izgaranja nastupa vrijeme zagrijavanja krutog ostatka 9, koji izgori i dogori u razdoblju 10, u vremenu od 1,4 sekunde. Valja jasno naglasiti da se pri raspršivanju goriva sapnicama ostvaruju kapi, koje se po svojim dimenzijama uopće ne mogu usporediti s kapima koje se ostvaruju pri eksperimentalnom izgaranju kapi ovješenih o nit. Premda su kapi u struji raspršenog goriva daleko manje, ipak se i u ovom slučaju ostvaruju sve faze kao i pri izgaranju eksperimentalnih kapi, jasno tako da su svi stadiji, uočeni na slici 1, znatno kraći.

Procesi paljenja i rasprostiranja plamena određeni su kinetičkim uvjetima koji vladaju u trenutku potpale smjese. Vrijeme potrebno za odvijanje procesa izgaranja neusporedivo je kraće od vremena potrebnog za pripremu goriva, tako da je brzina čitavog procesa, praktički, određena brzinom difuzije.

Daljnja razmatranja mehanizma i zakonitosti procesa pripreme goriva ukazat će nam na mjere koje valja poduzeti radi ubrzavanja tih procesa.

Kvalitetnim raspršivanjem goriva moguće je danas ostvariti maglu raspršenog goriva, koja se u procesu miješanja sa strujom zraka praktički ponaša kao plinska struja. Premda se proces miješanja dviju struja u prvom trenutku može činiti jednostavnim, činjenica je da stručna literatura oskudijeva podacima o ovom problemu, tako da je danas praktički nemoguće definirati koncentraciona polja unutar takvih struja bez uvođenja niza pojednostavljenja. Stoga se moramo zadovoljiti samo iznalaženjem utjecaja pojedinih karakterističnih parametara na intenzivnost procesa miješanja.

U struju zraka, koja se giba brzinom w_z, prodire struja raspršenog goriva pod stanovitim kutem α, koji iznosi 0° za slučaj istosmjernog miješanja i 180° za protustrujno miješanje. Obje struje su karakterizirane intenzivnom turbulencijom, tako da se prijenos mase odvija miješanjem struja uslijed raznih brzina i smjera strujanja, molekularnom i turbulentnom difuzijom. Intenzitet molekularne difuzije u odnosu na ostala dva načina praktički je bez utjecaja. Prihvatimo li još da je intenzitet prijenosa mase turbulentnom difuzijom funkcija učestalosti i veličine pulzacione brzine, dakle intenziteta turbulencije, ostaje nam još da ustanovimo koje veličine igraju bitnu ulogu u prijenosu mase pri sudaru dviju struja. Logično je očekivati, da je intenzitet miješanja proporcionalan intezitetu unošenja mase goriva u struju zraka kroz jediničnu površinu. Smatrajući strujanje zraka i goriva u prosjeku stacionarnim, i zanemarivši izmjenu mase turbulentnom difuzijom, možemo za protok mase kroz jedinicu površine pisati:

$$m_g = c_{mg}\,\rho_{cg}\left(w_r \frac{dc_g}{ds}\int_0^t w_r\,dt\right) \qquad (1)$$

gdje smo označili s

$m_g \left[\frac{kg_g}{m^2 s}\right]$ — tok mase goriva

$c_{mg} \left[\frac{m^3}{kg_s}\right]$ — specifična masa goriva predstavlja onu masu goriva koja dodana jedinici mase smjese mijenja koncentraciju smjese za jediničnu vrijednost.

$w_r \left[\frac{m}{s}\right]$ — relativna brzina strujanja goriva u odnosu na struju zraka

$t\ [s]$ — vrijeme

Premda nam jednadžba (1) zbog velikog broja varijabli ne daje mogućnost izračunavanja koncentracionih polja nakon sudara struja, ipak nam otkriva prirodu procesa, tako da odmah uočavamo veoma veliki utjecaj relativne brzine struja na intenzitet miješanja. Očito je, naime, da pri konstantnom protoku mase m_g s povećanjem relativne brzine w_r dolazi do naglog smanjenja gradijenta koncentracije dc_g/ds, što ukazuje na bolju izmješanost struja.

Pri razmatranju procesa miješanja neophodno je skrenuti pažnju na potrebu jednolike raspodjele raspršenog goriva po čitavoj struji zraka, a to znači da je potrebno osigurati i određeno prodiranje struje goriva u struju zraka. Eksperimentalna ispitivanja ovog problema pokazala su, da je dubina prodiranja jedne struje u drugu prvenstveno određena odnosom količina gibanja tih struja. Za najjednostavniji slučaj, a to je prodiranje jedne okrugle struje u strujni tok, može se dubina prodiranja odrediti prema izrazu:

$$\frac{h}{d} = \frac{9{,}132}{a}\sqrt{q} \qquad (2)$$

pri čemu je

h — dubina prodiranja struje

d — promjer struje na ulazu u strujni tok

a — bezdimenzionalni koeficijent strukture struje, koji karakterizira turbulentnost struje

$q = \frac{\rho_s w_s^3}{\rho_s w_t^2}$ — hidrodinamički parametar

ρ_s, w_s — gustoća i brzina plinske struje koja istrujava

ρ_t, w_t — gustoća i brzina plinskog toka u kojeg se vrši istrujavanje.

Prema tome nije dovoljno pri procesu miješanja ostvariti veliku relativnu brzinu između medija, već je neophodno osigurati i njihovo dovoljno duboko međusobno prodiranje, s obzirom na točno dozirane količine zraka u odnosu na gorivo. Slijedeća pojava koju ćemo ovdje razmotriti je zagrijavanje i ispravanje kapi goriva. Kapi goriva nastale raspršivanjem, gibaju se u struji zraka i produkata izgaranja po balističkim putanjama. Intenzitet izmjene mase i topline između kapi i okoline u mnogome ovisi o relativnoj brzini strujanja kapi, kao i o stanju okoline. Isparenje kapi koja se giba opisano je prema tome diferencijalnim jednadžbama strujanja, izmjene mase i topline i bilancom topline. Pri tome treba naglasiti da se procesi izmjene mase i topline odvijaju uz intenzivnu turbulenciju, tako da je znatan i utjecaj pulzacione brzine na oba procesa. Pretpostavimo li da su ovi procesi u prosjeku stacionarni, možemo zagrijavanje i ispravanje kapi opisati slijedećim diferencijalnim jednadžbama:

— jednadžbe strujanja kapi goriva u struji zraka

$$v_x \frac{dv_x}{dx} = -\frac{3}{4} C \frac{\rho_z}{\rho_g} \frac{u_x^2}{d_k}$$

$$v_y \frac{dv_y}{dy} = -\frac{3}{4} \frac{\rho_z}{\rho_g} \frac{u_y^2}{d_k} \qquad (3)$$

Jednadžbe (3) dane su za slučaj istrujavanja zraka iz grla gorionika bez vrtloženja zraka. Ovdje su prihvaćene slijedeće oznake:

v_x, v_y — komponente brzine strujanja kapi
u_x, u_y — komponente relativne brzine strujanja kapi u odnosu na zrak
C — koeficijent aerodinamičkog otpora kapi
ρ_z, ρ_g — gustoća zraka, odnosno goriva
d_k — dijametar kapi gorivav.

— jednadžbe Navier-Stokesa za strujanje viskoznog plina

$$\frac{dv_x}{dt} = -\frac{1}{\rho_{pl}} \frac{\partial_p}{\partial_x} + \nu \cdot w_x$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -\frac{1}{\rho_{pl}} \frac{\partial_p}{\partial_y} + \nu \cdot w_y \qquad (4)$$

$$\frac{dw_z}{dt} = -\frac{1}{\rho_{pl}} \frac{\partial_p}{\partial_z} + \nu \cdot w_z$$

gdje su

w_x, w_y, w_z, — komponente brzine plina
ρ_{pl} — gustoća plina
$\nu = \eta/\rho_{pl}$ — kinetički viskozitet
p — pritisak

— jednadžba kontinuiteta

$$\operatorname{div} \overline{w} = 0 \qquad (4)$$

— jednadžba difuzije para goriva u okolinu

$$D\Delta c = \frac{\partial c}{\partial t} + u_x \frac{\partial c}{\partial x} + u_y \frac{\partial c}{\partial y} + u_z \frac{\partial c}{\partial z} \qquad (6)$$

pri čemu smo označili s

D — koeficijent difuzije
c — koncentraciju pare goriva

— jednadžba Fouriera

$$a\Delta T = \frac{\partial T}{\partial t} + u_x \frac{\partial T}{\partial x} + u_y \frac{\partial T}{\partial y} + u_z \frac{\partial T}{\partial z} \qquad (7)$$

s oznakama

a — koeficijent temperaturne vodljivosti

— bilanca topline oko kapi

$$q = m_g R = \lambda_g \cdot \frac{dT}{dr} \qquad (8)$$

R — toplina isparavanja
m_g — količina stvorenih para goriva
λ_g — koeficijent toplinske vodljivosti plina.

Sistem jednadžbe (3)—(8) možemo dopuniti jednadžbama ovisnosti koeficijenta difuzije, temperature vodljivosti i topline isparavanja o temperaturi, kao i jednadžbom Clapeyron-Clausiusa. Time se broj jednadžbi u sistemu povećava na deset, što je još uvijek znatno manje od broja nepoznanica. Pri tome se kao nepoznanice javljaju:

t — vrijeme
$x, y, z,$ — koordinate kapi goriva u odnosu na početni koordinatni sustav
$\frac{1}{6} d_k^3 \pi \cdot \rho_g$ — masa kapi goriva
$v_x, v_y,$ — komponente brzine strujanja kapi
$w_x, w_y, w_z,$ — komponente brzine strujanja plinova
$u_x, u_y,$ — komponente relativne brzine strujanja kapi u odnosu na okolišnji zrak
m_g — protok mase
q_t — protok topline
d_k — dimenzija kapi
— temperaturna polja unutar kapi kao funkcija vremena
— fizikalna svojstva zraka, para goriva i kapljevitog goriva
— oblik kapi
— temperaturna polja oko kapi.

Razriješiti dani sistem jednadžbi analitički do danas nije uspjelo, a niti postoje objektivne mogućnosti da će se i u budućnosti riješiti. Potrebno je uvesti čitav niz pojednostavljenja da bi se uz znatan napor došlo do određenih rješenja, što je međutim nepraktično za inženjersku praksu. Iz tih razloga morat ćemo se zadovoljiti primjenom poluempiričkih izraza, koji ponekad ne će dati uvid u fizikalni smisao procesa.

Eksperimentalnim se ispitivanjima procesa isparenja kapi utvrdilo, da se strujanje plina javlja najizrazitijom karakteristikom tog procesa. Istraživanja Frösslinga pri isparenju kapi bez procesa izgaranja pokazala su da je odnos brzine isparenja m_{gk} pri postojanju konvekcije i brzine isparenja kapi m_g u mirujućoj okolini dan relacijom

$$\frac{m_{gk}}{m_g} = 1 + 0{,}276\,\mathrm{Re}^{1/2}\,\mathrm{Sc}^{1/3} \qquad (9)$$

pri čemu je

$\mathrm{Sc} = \frac{\mu}{\rho D}$ — značajka Schmidta

$\mathrm{Re} = \frac{\rho_p u d_k}{\mu_z}$ — značajka Reynoldsa.

Kasnije su Agoston, Wise i Rosser predložili da se za kapi koje izgaraju umjesto jednadžbe (9) koristi relacija:

$$\frac{m_{gk}}{m_g} = 1 + 0{,}276\,\mathrm{Re}^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3} \qquad (19)$$

$\mathrm{Pr} = \frac{\mu_z c_p}{\lambda}$ — značajka Prandtla.

Razlika u rezultatima dobivenim po relacijama (9) i (10) obično je zanemarivo malena, no izraz (10) je praktičniji za primjenu jer se Prandtlova značajka za višekomponentnu plinsku smjesu može jednostavnije odrediti i uz manje pogreške nego li značajka Schmidta. Za uobičajene vrijednosti Pr i Re veličina m_{gk} je nekoliko puta veća od m_g, a taj odnos je prvenstveno ovisan o relativnoj brzini strujanja kapi i okolišnjeg plina.

Osim relativne brzine veliki utjecaj na brzinu procesa stvaranja zapaljive smjese i njenog pregrijavanja do temperature palenja pokazuje recirkulacija produkata izgaranja. Ovom se mjerom stanoviti dio produkata izgaranja visoke temperature obrnutim strujanjem miješa sa svježom smjesom, bilo da se radi o tzv. »vanjskoj« ili »unutrašnjoj« recirkulaciji. U praksi se gotovo uvijek primjenjuje ova posljednja, i to zato što se na ovaj način recirkuliraju topliji plinovi i njihova veća količina, a osim toga plinovi se dovode upravo u područje raspršivanja goriva. Djelovanje recirkulacije manifestira se u:

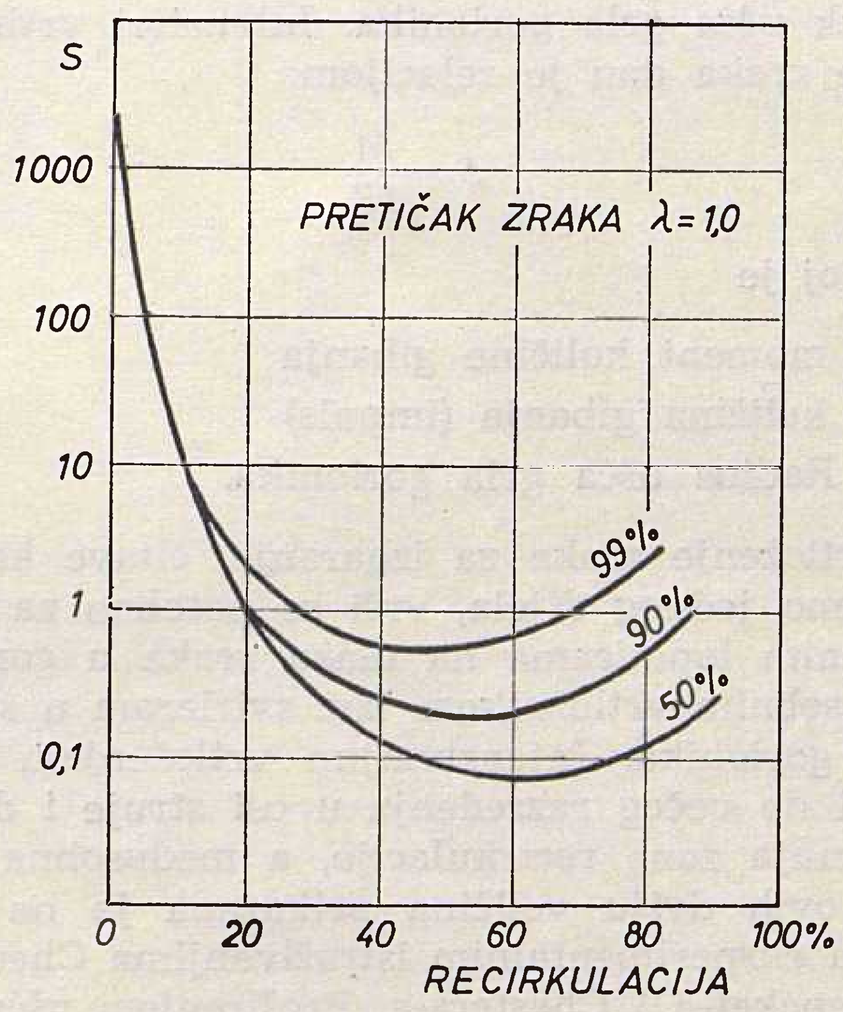
1) povećanju temperature u području u kojem se vrši raspršivanje goriva
2) ubrzanju procesa miješanja kapi sa zrakom i produktima izgaranja
3) produžavanju vremena zadržavanja goriva u području plamena, čime se stvaraju naročito povoljni uvjeti za izgaranje krutog ostatka nastalog pri isparenju kapi teških loživih ulja.

Unutrašnja recirkulacija produkata izgaranja u praksi se ostvaruje tzv. držačem plamena i vrtloženjem struje zraka. Primjenom držača plamena raznih oblika u njihovoj zavjetrini, dolazi do smanjenja tlaka zraka u odnosu na okolinu, što rezultira strujanjem dijela produkata izgaranja prema natrag. Isti rezultat postiže se intenzivnim vrtloženjem struje zraka, dakle korištenjem centrifugalnog efekta.

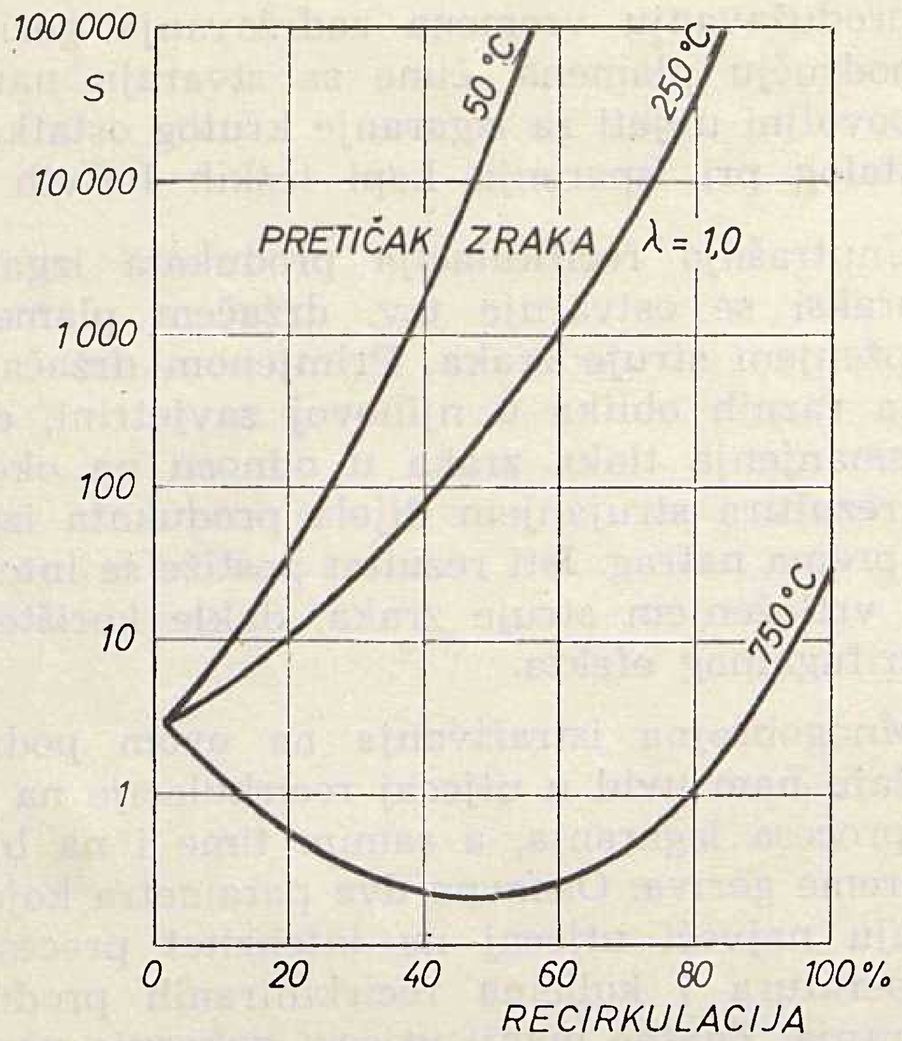
Mnogobrojna istraživanja na ovom području pružaju nam uvid u utjecaj recirkulacije na brzinu procesa izgaranja, a samim time i na brzinu pripreme goriva. Osnovna dva parametra koja pokazuju najveći utjecaj na intenzitet procesa su temperatura i količina recirkuliranih produkata izgaranja. Znatno manji utjecaj pokazuje pretičak zraka pri izgaranju, pa ga ovdje nećemo pobliže razmotriti.

O utjecaju količine recirkuliranih plinova na proces izgaranja možemo suditi na osnovi dijagrama na sl. 2, a prema ispitivanjima Hedley-a i Jackson-a. Optimum, tj. najkraće vrijeme izgaranja postiže se pri recirkulaciji oko 40% produkata izgaranja i pri potpunom izgaranju. Znatno veće količine recirkuliranih plinova usporit će proces uslijed smanjenja sadržaja pare goriva i zraka u ukupnoj smjesi. Stoga kod ekstremno visokog postotka recirkulacije može doći i do gašenja plamena.

Utjecaj temperature recirkuliranih plinova na intenzitet procesa izgaranja prikazan je na sl. 3. Uočljiva je tendencija smanjenja postotka recirkulacije za ostvarenje optimuma s porastom temperature. Iz ranije rečenog može se zaključiti da je povoljnije ubrzati proces izgaranja recirkuli-



Sl. 2 Ovisnost vremena izgaranja o adijabatskoj recirkulaciji i stepenu izgorjelosti



Sl. 3 Ovisnost potrebnog vremena izgaranja pri stepenu izgorjelosti 90% o količini i temperaturi recirkulacije

rajući manju količinu toplijih plinova. Uz temperaturne uvjete koji su prisutni u ložištima generatora pare, može se kao optimum recirkulacije prihvatiti količina od 20—30% produkata izgaranja.

Ukoliko se recirkulacija ostvaruje umetnutim tijelom tada se kao odredbeni faktori recirkulacije javljaju dimenzija i oblik tijela, te brzina nastrujavanja zraka na tijelo. Budući da s povećavanjem brzine struje dolazi i do povećavanja gubitaka strujanja kroz gorionik, bolje je povećanu recirkulaciju ostvariti odabiranjem povoljnog oblika držača plamena i povećanjem njegove dimenzije.

Pri ostvarivanju recirkulacije vrtloženjem zraka, kao odredbeni faktori intenziteta recirkulacije javljaju se intenzitet vrtloženja struje zraka i oblik ušća grla gorionika. Intenzitet vrtloženja struje zraka dan je relacijom:

$$S = \frac{M}{IR} \qquad (11)$$

u kojoj je

M — moment količine gibanja
I — količina gibanja (impuls)
R — Radius ušća grla gorionika.

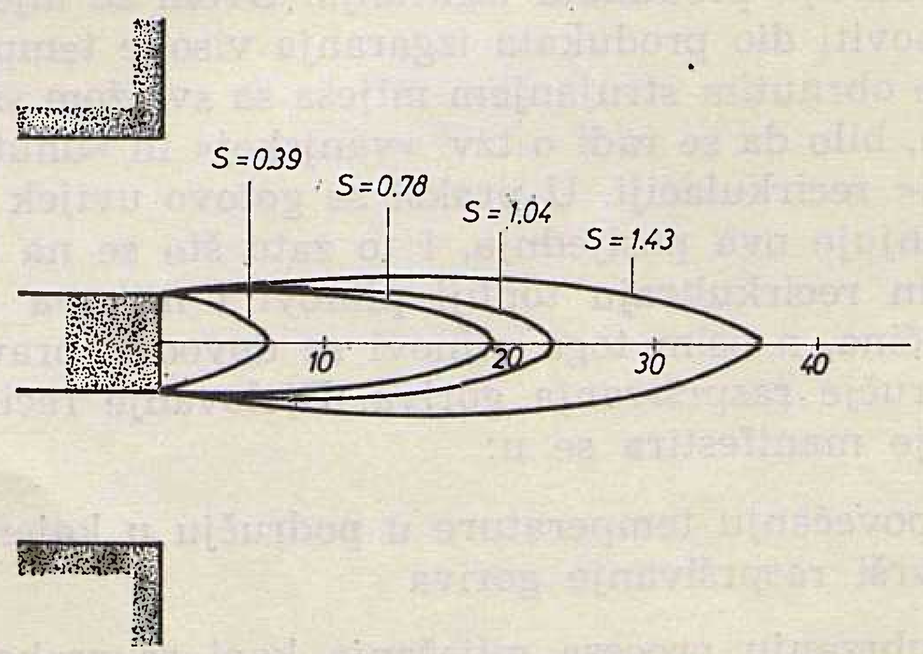
Vrtloženje zraka za izgaranje, čitave količine ili samo jednog dijela, vrši se posebno za to ugrađenim lopaticama na ulazu zraka u gorionik, ili posebnim vrtložnikom tzv. svirlerom u samom ušću gorionika. Intenzivnijim vrtloženjem zraka dolazi do većeg razređenja u osi struje i do povećavanja zone recirkulacije, a međusobna ovisnost ovih dviju veličina prikazana je na sl. 4 prema eksperimentalnim istraživanjima Chedaille-a, Leuckel-a i Chesters-a. Proširenjem ušća grla gorionika može se znatno povećati zona recirkulacije, kako je to eksperimentalno utvrdio Beer (sl. 5). Također znatan utjecaj, iako manji, pokazuje i duljina proširenja ušća (sl. 6), kao i kut proširenja. Važno je međutim spomenuti da i pri primjeni svih spomenutih mjera valja konstruktivnim mjerama ostvariti optimalnu recirkulaciju.

Tako u slučaju ranog i naglog proširenja ušća može doći do prijevremenog »bježanja« zraka na periferiju, upravo zbog centrifugalnog efekta, što može imati za posljedicu dobro miješanje raspršenog goriva sa recirkuliranim plinovima, kojih je sada znatno, ali je istovremeno ostvareno i slabo miješanje sa zrakom neophodnim za izgaranje.

Kao slijedeća mjera ubrzavanja procesa zagrijavanja i isparenja kapi u praksi se primjenjuje zagrijavanje zraka za izgaranje. Ponekad su temperature zagrijavanja zraka tako niske (80—150°C), da praktički ne mogu pospješiti zagrijavanje kapi goriva, koje prije raspršivanja zagrijavamo na oko 120°C. No, već samim time što je zagrijan do gornjih temperatura skraćuje se vrijeme progrijavanja kapi, budući da ne dolazi do hlađenja kapi goriva hladnim zrakom. Zagrijavanje zraka do temperatura 350°C, i više, naročito u prvom trenutku, povoljno utječe na isparavanje kapi, pa se ta mjera u praksi često koristi. Ovdje valja imati u vidu, da s povećanjem temperature zraka dolazi do smanjenja intenziteta miješanja uslijed smanjenja gustoće zraka, jasno pri konstantnoj relativnoj brzini nastrujavanja zraka na kapi goriva. Međutim istovremeno dolazi i do smanjenja otpora prostrujavanja, tako da se ovaj nedostatak može nadoknaditi povećavanjem relativne brzine zadržavajući otpore prostrujavanja kroz gorionik unutar željenih granica.

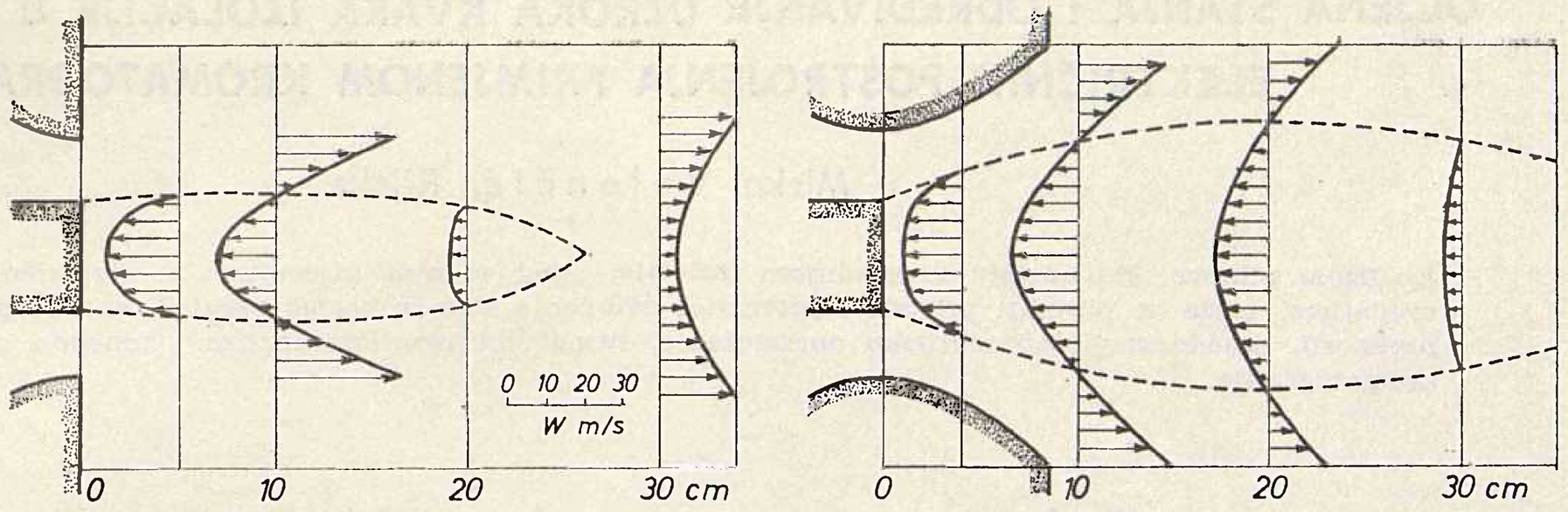
Razmatranja procesa pod d) praktički ne donose nove momente. Što su kvalitetnije provedeni prethodni procesi, to su uvjeti za kvalitetno provođenje ovih procesa bolji. Praktički je kvaliteta provođenja ovih procesa uvjetovana istim faktorima, kao i procesa pod b) i c), a to znači prvenstveno relativnom brzinom gibanja kapi goriva i zraka, recirkulacijom produkata izgaranja i zagrijavanjem zraka.

Analizirajući dakle procese pripreme goriva od trenutka raspršivanja do trenutka zapalenja go-



Sl. 4 Ovisnost veličine zone recirkulacije o intenzitetu vrtloženja zraka

sporedba distribucije nih brzina pri neproi proširenom ušću plamenika



riva, došli smo do spoznaje koje mjere moramo provoditi i poduzimati radi intenzifikacije razmatranih procesa, pa možemo ukratko rezimirati.

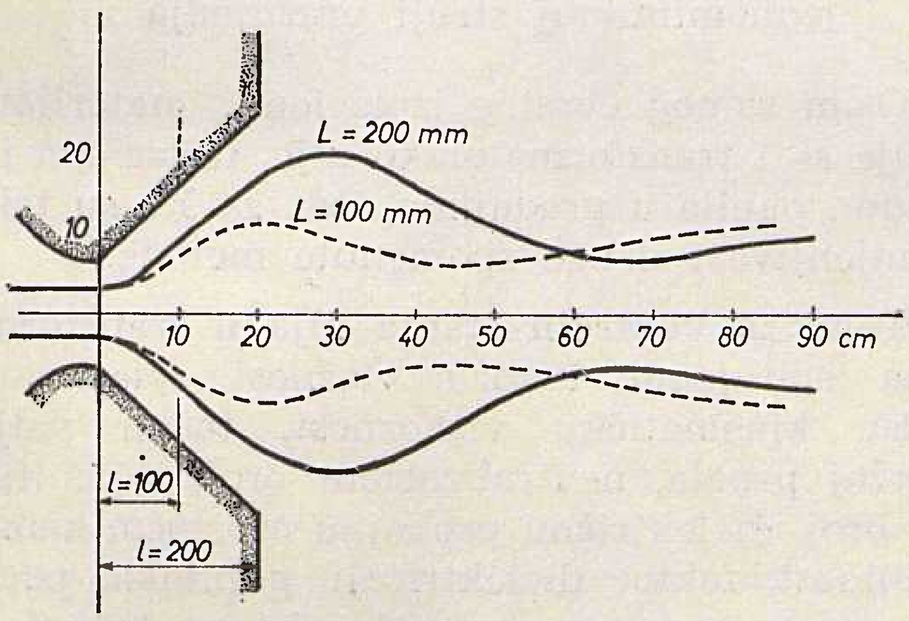
1) Potrebno je ostvariti što je moguće veću relativnu brzinu gibanja kapi u okolišnjem plinu, što se može ostvariti određenim konstruktivnim mjerama. To ne treba uvijek značiti i povećanje otpora strujanja kroz gorionik.

2) Budući da proces miješanja goriva i zraka nije moguće provesti do kraja prije početka procesa isparavanja, potrebno je tokom izgaranja plamenu baklju intenzivno vrtložiti, čime se proces miješanja praktički produžava.

3) Recirkulacijom produkata izgaranja podići čitav proces na viši temperaturni nivo. Uobičajeno je da se recirkulaciono strujanje ostvaruje u centralnom dijelu struje. Kako je istovremeno potrebno da se stanovita količina zraka za izgaranje dovodi u samu jezgru raspršenog goriva, to ostaje na konstruktoru da spretnim zahvatima ostvari oba zahtjeva. Ovdje valja imati u vidu da se količina recirkuliranih produkata izgaranja mora ostvariti unutar granica, koje garantiraju optimalni rezultat. Prema ranije izloženome, kako premala tako i prevelika recirkulacija, mogu usporiti i otežati zapalenje goriva.

4) Potrebno je provesti zagrijavanje zraka do što viših temperatura, kako bi se izbjeglo eventualno hlađenje kapi goriva zrakom i usporenje procesa njihovim isparavanjem.

Naravno, valja reći, da su svi ovi zahtjevi poznati već stanovito vrijeme i da se s uspjehom primjenjuju. Svestrana analiza modernih gorionika pokazat će, međutim, da se i ovdje mogu postići znatna poboljšanja. Sve ostale mjere koje imaju za cilj povećanje kvalitete procesa pod a), e) i f) neće dati odgovarajuće rezultate tako dugo dok se procesi pod b)—d) ne podignu na odgovarajući nivo.



Sl. 6 Utjecaj duljine proširenja na veličinu zone recirkulacije

1) Beer J. M., *On the stability and combustion intensity of pressure-jet oil flames*, Combustion 1965.
2) Chedaille J., Leuckel W., Chesters A. K., *Aerodynamische Untersuchungen an turbulenten Strahlen*, Ö 1-u. Gasfeuerung 1967.
3) Chigier N. A., Gilbert J. L., *Rückwärts gerichtete Wirbel in Lee von Flammenhaltern*, Ö 1-u. Gasfeuerung 1969.
4) Iljašenko S. M., Talantov A. V., *Teoria i rasčet prjamotočniih kamer sgoranija*, Moskva 1964.
5) Ivanov J. V., *Gazogoreločnie ustroistva*, Moskva 1972.
6) Ivanov V. M., *Parogazovie processi i ih primenenie v narodnom hozaistve*, Moskva 1970.
7) Prandtl L., Oswatitsch K., Wieghardt K., *Strömungslehre*, Braunschweig 1969.
8) Hedley A. B., Jackson A. W., *Der Einfluss der Rezirkulation auf den Verbrennungsprozess*, Ö 1-u. Gasfeuerung 1967.
9) Remenyi K., *E influss der Rezirkulation bei Drallbrennern*, Ö 1-u. Gasfeuerung 1971.
10) Williams F. A., *Combustion theory*, Moskva 1971.

Naslov pisca: Mr Dubravko Matanić, dipl. inž.

OCJENA STANJA I ODREĐIVANJE UZROKA KVARA IZOLACIJE U ELEMENTIMA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA PRIMJENOM KROMATOGRAFIJE

Mirko Valenčić, Rijeka

Analizom plinova, što nastaju razgradnjom izolacije, pod raznim utjecajima u električnim aparatima i uređajima, može se odrediti priroda i intenzitet oštećenja. Dan je kratak pregled do sada poznatih metoda, prednosti, pojednostavljeno teorijsko obrazloženje, tumačenje rezultata analize, i konačno, primjena plinske kromatografije.

DK 621.18

Uvod

Velikom broju kvarova na elementima elektroenergetskih postrojenja uzrok je oštećenje izolacije, a njen vijek trajanja je praktično i vijek trajanja određenog aparata ili uređaja. Budući da štete zbog nepredviđenog kvara, odnosno neočekivanog prekida pogona, obično daleko premašuju samu vrijednost oštećenog uređaja, od naročitog su značaja sve one metode određivanja stanja izolacije, koje ne zahtijevaju duži prekid rada, relativno su jednostavne, lako primjenjive, a čiji rezultati su pouzdani. Tako se može kontinuiranim praćenjem, odnosno analizom u određenim vremenskim intervalima, stalno kontrolirati barem u određenom smislu, stvarno stanje elemenata, odnosno cijela pogonska spremnost elektroenergetskog uređaja.

Plinska kromatografija je metoda koja ima sve spomenute odlike, čija primjena je i inače vrlo široka, a od posebno velikog značaja može biti u eksploataciji elektroenergetskih uređaja, jer se tek na osnovi njezinih rezultata, ako je kronološki gledano prva. To je i normalno, tj. preventivno primjenjivana, može pristupiti po potrebi i drugim metodama radi što točnijeg određivanja stanja izolacije pojedinih uređaja. Zbog njene prikladnosti, pogotovo za energetske transformatore, u daljnjem tekstu je riječ pretežno o njezinoj primjeni kao profilaktičko — dijagonostičkoj metodi za te najvažnije i najskuplje elemente elektroprijenosnih sistema.

1. Metode ispitivanja izolacije

Kod izolacionih materijala dvije su nam promjene tijekom vremena najvažnije, i to promjena dielektričnih i promjena mehaničkih osobina. One su posljedica izmjene kemijskih i fizikalnih svojstava pod utjecajem električnog polja, temperature, mehaničkih naprezanja, te kemijskih utjecaja svakog od ovih faktora posebno, i njihovih međusobnih i istovremenih djelovanja.

Za kontrolu stanja izolacije poznate su mnoge metode. Prema samom pristupu ispitivanja možemo ih podijeliti na:

Destruktivne metode

pomoću kojih se određuju pojedine osobine izolacionog materijala:

— dielektrična čvrstoća
— podnosivi napon
— čvrstoća na vlak, prekidno istezanje
— fiktivni rad kidanja (produkt čvrstoće na vlak i prekidnog istezanja)
— stupanj polimerizacije
— apsorpcija u infracrvenom spektru.

Nedestruktivne metode

kojima se određuje:

— koeficijent dielektričnih gubitaka
— kapacitet izolacionog sistema
— napon početka parcijalnih pražnjenja i radio smetnji
— izolacioni otpor
— sadržaj vlage
— analiza produkata raspadanja izolacionog sistema
— ispitivanja visokim i niskim istosmjernim naponom daju podatke još o koeficijentu apsorpcije, polarizacionom indeksu, vremenskoj konstanti izolacije i specifičnoj jednominutnoj struji pražnjenja.

Osim samog čvrstog izolacionog materijala ispituje se i transformatorsko ulje, izolaciona i rashladna punila u uređajima, itd., za što su također primjenjive i druge spomenute metode.

Tako za kontrolu stanja ulja u transformatorima ispitujemo: čistoću, vlažnost, relativnu gustoću, kinematičku viskoznost, točku paljenja, sadržaj pepela, neutralizacioni broj, saponifikacioni broj, dielektričnu probojnu čvrstoću, kemijsku stabilnost, faktor dielektričnih gubitaka, površinski napon, prisustvo nerastvorljivog taloga u n-heptanu i obavljamo analizu otopljenih plinova. Za praktičnu primjenu ovih metoda, u uvjetima eksploatacije, dolaze u obzir samo nedestruktivne. Za destruktivne potreban je instrumentarij, stručni kadar i kraće ili duže vrijeme isključenja uređaja, čija se izolacija ispituje. Mnoge od njih, pogotovo složenije kao dijagnostičke za »zdrave« uređaje, nisu primijenljive. Ako i primjenimo rezultate ispitivanja samo jednom metodom, makar i uz veći trud, znamo da ne daju uvijek i pravu sliku stanja izolacionog materijala. Tako se zbog praktičnih razloga u eksploataciji obično samo kontrolira dielektrična čvrstoća transformatorskog ulja energetskih transformatora. »Propisi o tehničkim mjerama za pogon i održavanje

elektroenergetskih postrojenja« zahtijevaju da se najmanje jedanput u dvije godine mjeri i otpor izolacije megometrom od 2500 V, ili nekom drugom metodom mjerenja.

Analizom otopljenih plinova u ulju dobili bi daleko pouzdaniji sud o stanju sistema izolacije, pa bi ovoj metodi valjalo posvetiti punu pažnju, jer je ona, kako je već rečeno, pogotovo kod energetskih transformatora, lako primjenjiva.

2. Sastav izolacije

Materijali koji se upotrebljavaju za unutarju izolaciju u električnim uređajima i aparatima visokog napona najvećim dijelom su od organskih, tj. ugljikovih spojeva.

Tako npr. u sistem izolacije energetskih transformatora ulazi transformerboard, kao jedan od osnovnih. To je organski materijal na osnovi celuloze, kao i natron papir, bukovina, gumirano pluto za brtvljenje, pamuk i papir. Pertinaks i hartinaks su slojeviti materijali na osnovi celuloznog papira i sintetičkih fenol-krezol formaldehidnih smola. I ulje kao inpregnaciono i osnovno izolaciono sredstvo je smjesa od nekoliko stotina vrsta ugljikovodika, parafinskih, naftenskih i aromatičkih, dakle organskih spojeva, koji imaju svojstvo da se pod utjecajem električnih i termičkih naprezanja razgrađuju tokom vremena.

3. Starenje izolacije

Pod utjecajem temperature, električkog polja, mehaničkih naprezanja i kemijskih reakcija materijal gubi izolaciona i mehanička svojstva. Za čvrste izolacione materijale osnovni je sastojak organski spoj celuloza. To je polimerni ugljikohidrat čiji se sastav izražava atomskom grupom $C_6H_{10}O_5$. Molekula celuloze sastoji se od mnogo takvih, međusobno lančasto povezanih atomskih grupa, tako da su one duge i nitaste s ogromnom molekularnom težinom. Pod utjecajem spomenutih faktora, dolazi do kemijskih reakcija pri čemu su dominantne — oksidacija, hidroliza i piroliza. Stoga slabi veza među slojevima vlakana, samih vlakana i dolazi do cijepanja i razgradnje makromolekula, a oslabljenjem međuveza pojedine atomske grupe — radikali se oslobađaju i dalje kemijski aktivno djeluju, spajajući se međusobno i razarajući izolacioni materijal. Produkti razgradnje celuloze su vodik, u atomarnom stanju H ili molekularnom H_2, kisik O, voda H_2O, ugljični monoksid CO, ugljični dioksid CO_2, metan CH_4 i ostali laki ugljikovodici.

Slično i kod ulja dolazi do razgradnje molekula. Defektne molekule se vežu u visokomolekularne smolaste spojeve koji se talože, nastaju organske i anorganske kiseline, fenolni spojevi, peroksidi, ketoni, aldehidi, alkoholi, esteri razni polimerizati, te razne atomske grupe-radikali manje ili više aktivne. Pri tome npr. parafinski ugljikovodici naginju stvaranju organskih kiselina, a aromatski i naftenski stvaraju sluzi i smole. — Svi ovi procesi pogoršavaju izolaciona i mehanička svojstva, pa se jednom riječju nazivaju starenje izolacije.

Navedeni procesi starenja ne teku za sve materijale ravnomjerno. Cjelokupni se proces starenja jako ubrzava, izolacija daleko brže gubi svoja svojstva ili se potpuno razara, ako u transformatoru dolazi do prekomjernog zagrijavanja, pr stupa zraka, parcijalnog izbijanja, ili čak pojave električnog luka. U tim je slučajevima kemijska reakcija, odnosno raspadanje, intenzivnije i brže, a javljaju se i potpuno novi produkti raspadanja izolacionog materijala, koji indikativno ukazuju na prirodu i težinu kvara prisutnog u transformatoru. Analizom plinova u ulju, jer su svi oni manje ili više topljivi u njemu, možemo dati određen sud o stanju izolacije i prirodi kvara transformatora.

4. Interpretacija rezultata analize

Postoji relativno velika i pouzdana veza između vrste kvara i njegove težine s jedne i tih sastojaka razgradnje izolacionih materijala s druge strane. Na tome se i osniva metoda ocjene stanja i određivanje uzroka kvara izolacije u elementima električnih postrojenja primjenom kromatografije, o kojoj je ovdje riječ.

Prema veličini i težini kvarova koji se pojave u transformatoru, odnosno intenzitetu energije koja se oslobađa u jedinici volumena na molekularnom nivou, nastaju karakteristične grupe određenih spojeva:

— grupa acetilena
— grupa etilena
— grupa ugljikovih oksida
— grupa vodika.

Grupa acetilena

Prisustvo acetilena C_2H_2 otopljenog u ulju je uvijek znak kvara uslijed električnih pojava u transformatoru. Acetilen uz samo metan CH_4 i vodik H_2 ukazuju na električni luk ograničenog trajanja. Ako su ova tri spoja popraćena ugljičnim dioksidom CO_2 i monoksidom CO, znak je da je nastao luk u namotajima transformatora ili nekom drugom dijelu izolacije koji sadrži inpregnirani papir. Acetilen i vodik uz prisustvo etana C_2H_6, etilena C_2H_4, propana C_3H_8, propana C_3H_6, propina C_3H_4 i propadienona C_3H_4, a bez CO i CO_2 označuju jaka parcijalna pražnjenja ili slabi električni luk u ulju. U koliko su još prisutni ugljikovi oksidi onda se te električne pojave u impregniranom papiru, i to su jače što ima više nezasićenih od zasićenih ugljikovodika.

Grupa etilena

Ako produkti razgradnje sadrže etilen bez prisustva acetilena radi se o tehničkom razlaganju izolacije. Ako nema ugljikovih oksida, znači da se izolacija ne raspada na osnovi celuloze, već da je

mjesto pregrijavanja u ulju. Veća koncentracija etilena označuje, da je temperatura veća od 500°C, a metana, manja od 500°C. Ova dva spoja su redovno praćena vodikom, etanom, propanom i propenom. Ako se ustanovi i prisustvo ugljičnog dioksida i monoksida znači, da je mjesto pregrijavanja u impregnacionom papiru odnosno u namotajima kod temperature veće od 130°C. U tom slučaju je koncentracija ugljičnog dioksida relativno visoka.

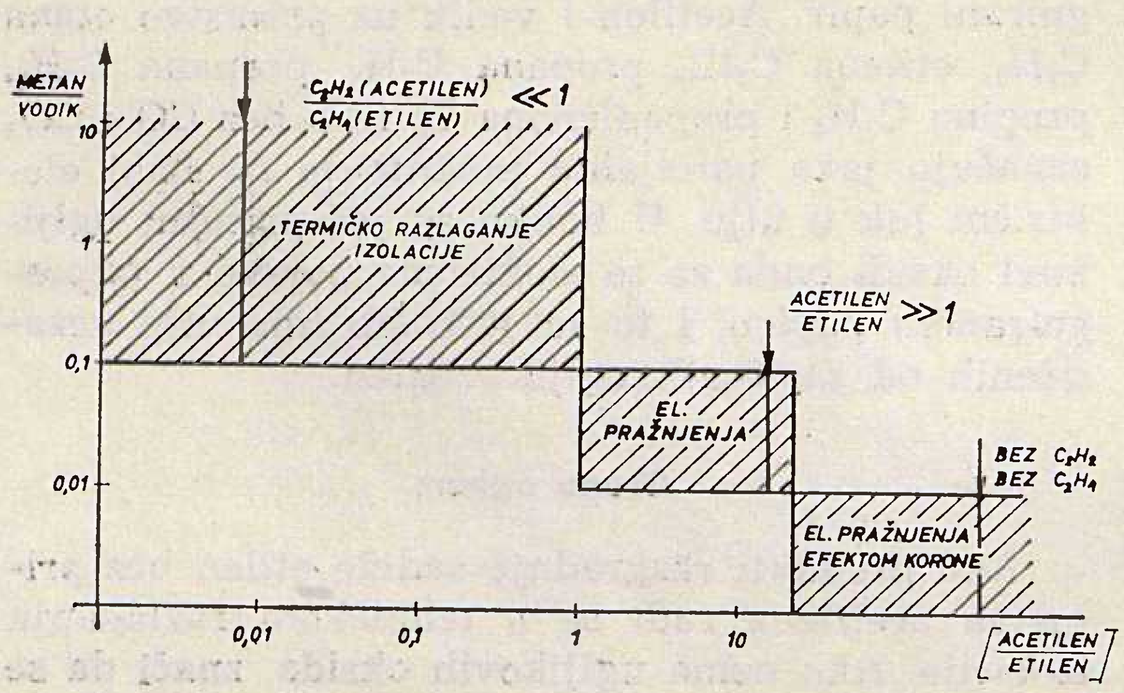
Grupa ugljikovih oksida

Ako nema prisustva acetilena i etilena, ugljični dioksid sam, ili praćen s malo metana i ugljičnog monoksida, znak je normalnog termičkog starenja impregniranog papira, a prisustvo vodika, etana i propana je znak slabih parcijalnih pražnjenja u njemu.

Grupa vodika

Prisustvo vodika samog ili s malo metana označuje vrlo slaba parcijalna pražnjenja u izolaciji ili na površinama koje su izvan ulja, ili je to prva manifestacija nekog težeg kvara električne prirode. U tom je slučaju vodik produkt koji se stvara u većim količinama, i gledajući kronološki, prvi se može otkriti. Pri ovom ocjenjivanju težine kvara i njegovog uzroka nužne su izvjesne aproksimacije i uravnoteženje rezultata, jer se može dogoditi da istovremeno postoji više uzroka raspadanja ulja i čvrste izolacije. Osim toga i onda kada postoji samo jedan uzrok valja obratiti pažnju na to da produkti normalnog starenja izolacije kao CO_2, H_2, CH_4, C_2H_4 i C_2H_6 ne utječu na zaključke i ne uzrokuju pogrešku pri dijagnozi.

Kod transformatora s regulacijom pod opterećenjem, gdje se ulje iz regulacione sklopke može djelomično miješati s ostalim, znatno je otežano tumačenje rezultata, a oni imaju relativnu vrijednost. Budući da se pri određenom kvaru javlja više produkata, pored kvalitativne analize koja nas u mnogim slučajevima zadovoljava, zanima nas i kvantitativna, i to prvenstveno radi utvrđivanja odnosa sastojaka i smjese plinova otopljenih u ulju. Na slici 1, gdje su koordinate logaritamske, i u tablici 1, dana su tumačenja rezultata



Sl. 1 Metoda interpretacije rezultata prema odnosima plinova

Tablica 1

VRSTA GREŠKE / ODNOS PLINOVA	METAN (CH_4) / VODIK (H_2)	ACETILEN (C_2H_2) / ETILEN (C_2H_4)	ETAN (C_2H_6) / $C_2H_2 + C_2H_4$
TERMIČKO PREOPTEREĆENJE (ZAGRIJAVANJE)	> 1	< 0,8	< 1
JAKA ELEKTRIČNA PRAŽNJENJA	< 1 ali > 0,1	> 08	< 1
SLABA EL. PRAŽNJENJA PARCIJALNA PRAŽNJENJA	< 0,1	proizvoljno, ali treba biti na oprezu ako je > 1	> 1

analize na temelju međusobnih odnosa koncentracije volumena plina na jedinici volumena ulja, raznih produkata raspadanje izolacije (Lit. 1 i 3).

5. Objašnjenje rezultata analize

Ako pažljivo promatramo grupe spojeva iz točke 4 onda uočavama da, što se tiče lakih ugljikovodika, stupanj nezasićenja pada od prve grupe acetilena do posljednje grupe vodika. Ovo je razumljivo, ako uočimo da razmatrani spojevi, produkti razgrađivanja izolacije, nisu direktno dijelovi lanaca molekula ili samih molekula ugljikovodika ulja ili celuloze, već su to produkti spajanja radikala — elementarnih skupina atoma oslobođenih iz makromolekula i njihovih lanaca pod utjecajem temperature i električkih pojava na molekularnom nivou.

Ti radikali $H\cdot$, $CH_3\cdot$, $CH_2\cdot$, $CH\cdot$ i $C\cdot$, ovdje smo ih poredali po količini energije koja je potrebna da bi se oni formirali odnosno »otrgnuli«, stvaraju se u različitim odnosima ovisno o raspoloživom intenzitetu oslobađanja energije. Kod ugljika, kao četverovalentnog atoma najviše energije moraju se raskinuti sve četverovalentne veze (radikal $C\cdot$). Tako se npr. kod električnog luka stvara mnogo radikala $CH\cdot$, atomi ugljika spojeni jednom valencijom s atomom vodika uz tri slobodne valencije, koji se međusobno spajaju i tvore acetilen C_2H_2. Kod parcijalnih pražnjenja, gdje je oslobođena energija manja, brojni su radikali $CH_2\cdot$ i $CH_3\cdot$ koji spajajući se međusobno daju C_2H_6 etan.

Teoretski je moguće da se samo zbog porasta temperature jave radikali $CH\cdot$ i $C\cdot$ kod raspadanja ulja, ali je zato potrebna temperatura od 1300°C, što je u praksi nemoguće, te se na temelju izloženog sa sigurnošću utvrđuje, da se radi o električnom luku, ako je prisutan acetilen. Vidimo, da nam kod analize otopljenih plinova u ulju ili same smjese razvijenih plinova nije toliko bitna apsolutna vrijednost količine nekog od njih, što u krajnjem slučaju ovisi i o dužini trajanja kvara, već koji je i kakav njikov relativni međusobni odnos, odnosno odnos radikala koji se pri kvaru razvijaju. To ovoj metodi daje veliku praktičnu vrijednost. Prilikom tumačenja rezultata analize, odnosno izvođenju zaključaka, moramo još uzeti u obzir da su molekule celuloze kod čvrste izolacije manje stabilne od ugljikovodika ulja, što

ima dobru i lošu stranu, pomaže pri određivanju mjesta kvara, ali u izvjesnoj mjeri i otežava izvođenje zaključaka.

Pojednostavljeni prikaz procesa starenja u točki 3 kao i dano objašnjenje rezultata analize daju se eksperimentalno potvrditi, a rezultati eksperimenata (Lit. 1) ružaju dovoljno podataka da se može što sigurnije suditi o stanju izolacije prema analizi uzoraka ulja ili plina uzetih iz transformatora u eksploataciji.

6. Ispravni transformatori

Prema iskustvima koja su iznesena u referatu 15-07 CIGRE 1970. g. autora Davies-a i Rogres-a, a formirana na stotinu zdravih transformatora dat ćemo podatke u prvoj koloni (za drugu vidi daljnji tekst) koji približno pokazuju koncentraciju plinova u mikromolima po litri ulja za transformatore s normalnim starenjem izolacije, bez unutrašnjih pregrijavanja, parcijalnih pražnjenja ili drugih nenormalnih uvjeta. Veće vrijednosti vrijede za transformatore koji su duže u pogonu.

CO_2	uglj. dioksid	30 —800	µmol/1	10.000 pcm
H_2	vodik	0,05— 2	µmol/1	200 pcm
CH_4	metan	0,5 — 6	µmol/1	50 pcm
C_2H_6	etan	0,3 — 7	µmol/1	15 pcm
C_2H_4	etilen	0,04— 0,8	µmol/1	—
C_2H_2	acetilen	—		15 pcm
CO	ugljični monoksid	—		1.000 pcm

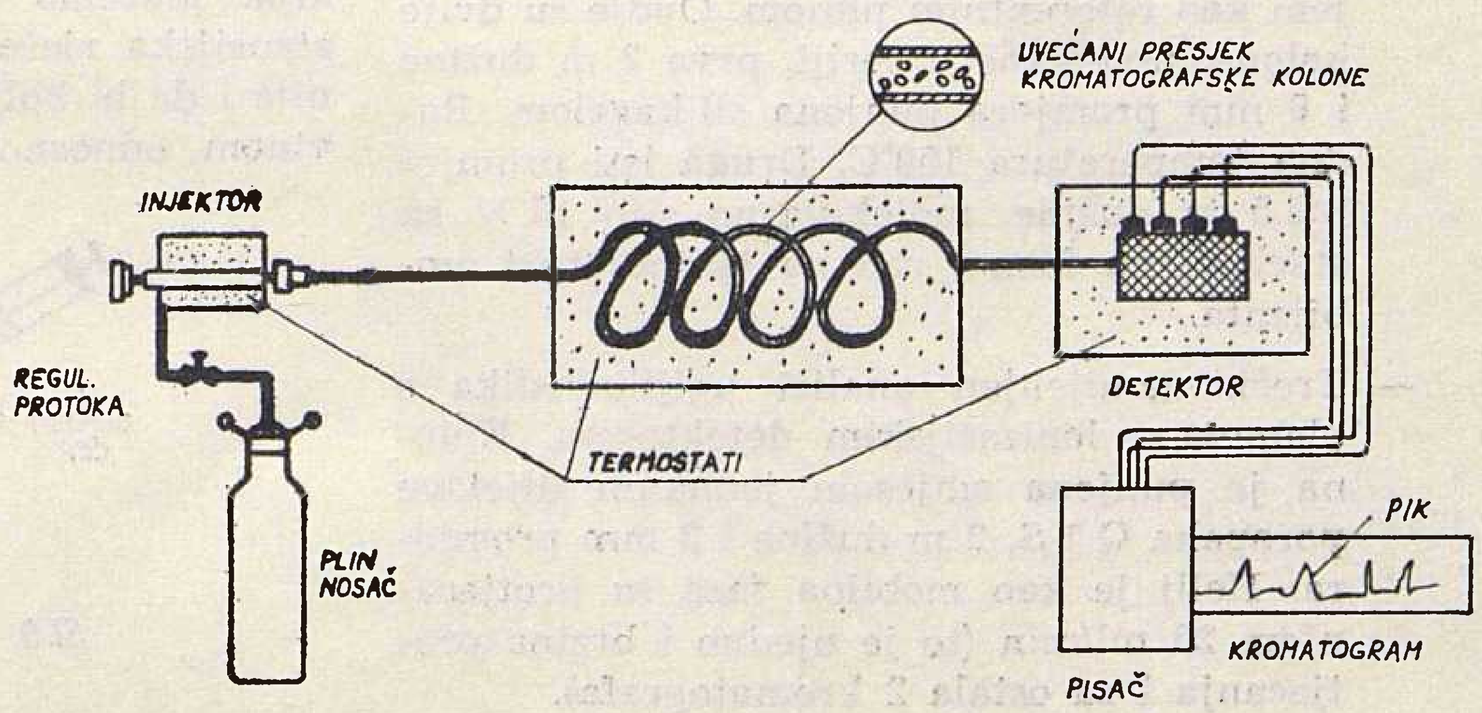
Smatra se (Lit. 3), da se u ulju mogu tolerirati najveće koncentracije plinova dane u drugoj koloni, ako je transformator u pogonu 2—4 godine pod normalnim opterećenjem. S porastom dužine vremena eksploatacije i termičkim opterećenjem i ovdje rastu dane vrijednosti.

Za jedinicu označavanja koncentracije otopljenih plinova u ulju uzeli smo mol, odnosno mikromol po litri. Ako dakle sadržaj tvari u otopinama izrazimo u molima, imamo istodobno i podatke o broju čestica koje sadrži ta otopina, u našem slučaju ulje. Molarna koncentracija ili molaritet je broj molova (gram molekula) neke tvari otopljene u jednoj litri otopine. Kako je u našim razmatranjima ustvari najbitniji odnos pojedinih čestica plinova, otuda i proizlazi pogodnost ove jedinice. Ponekad se uzima i odnos broja jedinica volumena otopljenog plina prema milijunu jedinica volumena ulja pod normalnim uvjetima (engl. p.p.m — parts per milion).

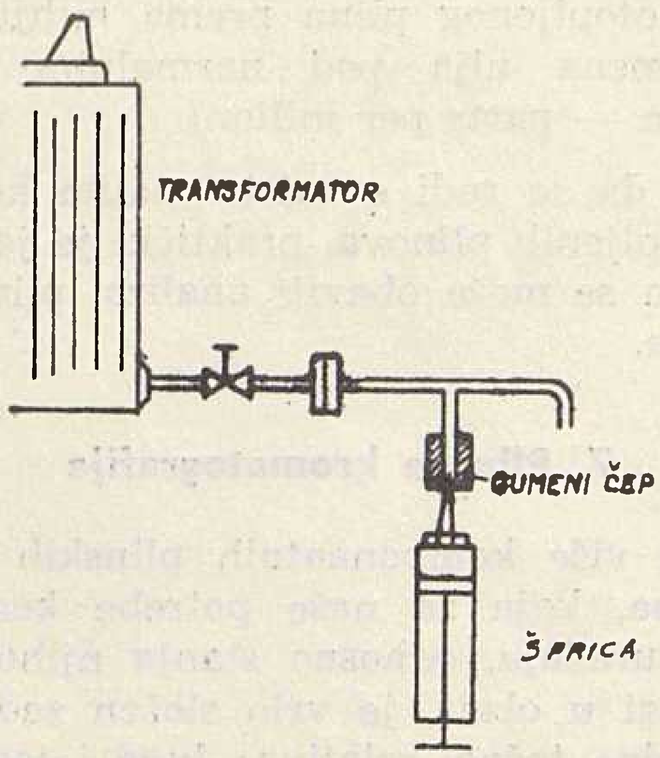
Budući da se radi o zaista malim koncentracijama otopljenih plinova, praktički je jedina metoda kojom se može obaviti analiza, plinska kromatografija.

7. Plinska kromatografija

Analiza više komponentnih plinskih i organskih smjesa, koja za naše potrebe kontrole el. aparata i uređaja, odnosno stanja njihove izolacije i dolazi u obzir, je vrlo složen zadatak. On se izvanredno točno, relativno brzo i jednostavno rješava primjenom plinske kromatografije. Općenito, kromatografija je fizikalna metoda, koja se zasniva na različitoj sorpciji, odnosno otapanju, sastojaka smjese između dviju faza — tvari, što ima za posljedicu odjeljivanje komponenti smjese. Jedna tvar je stacionarna a druga mobilna. Vidi shematski prikaz na slici 2. Najpogodniji način odjeljivanja komponenata smjese je metodom eluiranja, koja se sastoji u tome, da se odgovarajuća količina uzorka smjese, koja se želi analizirati, strujom plina nosioca unosi u kromatografsku kolonu, koja predstavlja najvažniji dio kromatografskog sistema. To su cijevi obično promjera 3—8 mm, dužine i do 20 m, punjene nekim adsorbensom, kao što su npr. silikagel, porapak, alumina, itd. ovisno o tvarima koje se analiziraju. Prolazom kroz kolonu komponente smjese se razdjeljuju između stacionarne i mobilne faze. Ako je razlika u sorpciji dovoljno velika, onda je i brzina putovanja toliko različita da se stvaraju odvojene komponente u plinu nosiocu. Plin nosilac, obično neki inertni suhi plin visoke čistoće, stalnim protjecanjem kroz kolone ispire neke odvojene komponente koje se mogu detektirati mjerenjem njihovih fizikalnih karakteristika, npr. detektorima toplinske vodljivosti katarometrima, električnom vodljivosti plamena ionizacijskim detektorima, i automatski registrirati na pisaču. Na taj se način dobije kromatogram, na kojem su osnovni podaci o odjeljenim sastojcima, pikovi, određenog redoslijeda međurazmaka i veličine. Površina pika je pri tome proporcionalna količini



Sl. 2 Shematski prikaz plinsko-kromatografskog sistema



Sl. 7

Slika 3

dane komponente. Radi analize ulja ili smjese plinova za naše potrebe važno je da možemo, već prema izloženom, utvrditi slijedeće sastojke:

Vodik H_2, kisik O_2, dušik N_2, ugljični monoksid CO i ugljični dioksid CO_2 te lake ugljikovodike, metan CH_4, etan C_2H_6, etilen C_2H_4, acetilen C_2H_2, propan C_3H_8, propen C_3H_6, propadien C_3H_4 i propin C_3H_4. Problem je u tome što s jedne strane možemo imati kromatografske kolone sposobne za odjeljivanje tih sastojaka, a i dovoljno osjetljive detektore. Tako se ugljikovodici mogu otkriti plamenom ionizacijskim detektorima, a ostali plinovi katarometrima. Tu ima još jedna poteškoća, jer katarometar koji radi na principu različite termičke vodljivosti, ako uzme za referentni plin helij može odrediti CO, CO_2, N_2, O_2 ali ne i H_2, jer je on gotovo iste termičke vodljivosti kao i helij.

U praksi valja u principu upotrijebiti simultano tri kromatografa:

— prvi, za određivanje vodika, s katarometrom kao detektorom, s argonom kao referentim plinom, a za kromatografsku kolonu molekularno sito 5Å i 1,6 m dužine, 6 mm promjera i radom na temperaturi ambijenta.

— Drugi, isto tako opremljen katarometrom, ali za određivanje O_2, N_2, CO i CO_2 i helijem kao referentnim plinom. Ovdje su dvije kolone montirane u seriji, prva 2 m dužine i 6 mm promjera punjena silikagelom. Radna temperatura 150°C. Druga isti promjer i 3,5 m dužine, molekularno sito 13 × za stacionarnu fazu i rad na temperaturi ambijenta.

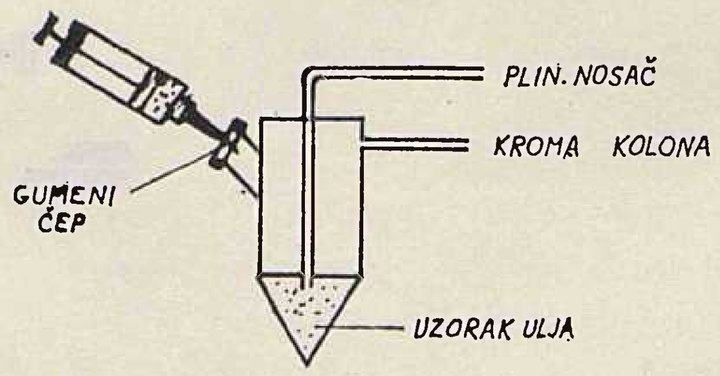
— Treći, namijenjen analizi ugljikovodika s plamenom ionizacijskim detektorom. Kolona je punjena smjesom jednakih dijelova porapaka Q i S, 2 m dužine i 3 mm promjera. Helij je kao mobilna faza sa protjecanjem 25 ml/min (to je ujedno i brzina protjecanja i za ostala 2 kromatografa).

Ugljikovodici do C_3 mogu biti razdvojeni u kolonama na temperaturi 45 °C.

Najnoviji razvoj kromatografskih uređaja (lit. 4) pokazuje da neki aparati mogu otkriti gotovo sve sastojke odjenom, jer u sobi imaju više različitih detektora, čija je osjetljivost vrlo visoka. Oni mogu npr. otkriti prisustvo neke tvari u minimalnim količinama reda veličine 10^{-13} g/s s plameno ionizacijskim detektorom.

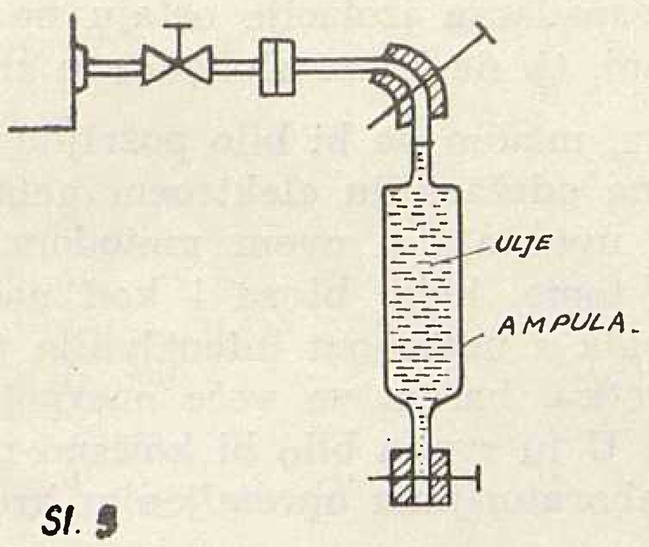
8. Uzimanje uzoraka ulja

U normalnom pogonu nadgledanje i kontrola stanja izolacije energetskih transformatora obavlja se analizom otopljenih plinova u transformatorskom ulju. Pri tome nije toliko važno da li se ulje uzima sa dna, sredine ili vrha kotla, jer je u cijeloj sadržini ulja koncentracija otopljenih plinova gotovo jednaka. U slučaju kvara, kad se razvije znatna količina plina, uzorak uzet s vrha i dna pokazuje različite koncentracije i može pružiti podatke o mjestu kvara. Koncentracija je mnogo veća u uzorku uzetom pri vrhu, jer se razvijeni plin diže gore i izlazi van, izazivajući proradu Buholz relea. U slučaju dugotrajnog, ali slabijeg razvijanja plina, kada imamo eventualno samo prodaju signalizacije relea, pogotovo ako je ulje došlo u fazu zasićenja plinovima, nema ni razlike u koncentracijama u različitim dijelovima transformatora. Kad uzimamo uzorak, onda on treba da bude reprezentativan što znači da moramo obratiti pažnju na to da plinovi, pogotovo oni manje topli, ne izađu iz njega i da ulje ne dođe u slobodan dodir sa zrakom. Isto tako je poželjno da ne dođe do povećanja temperature ulja od njegovog uzimanja do vremena kada se ono analizira. To vrijeme, ne smije biti predugo, jer se u protivnom kvantitativni odnosi sastojaka mogu znatno izmijeniti. Jedan od vrlo pogodnih načina uzimanja uzorka je prikazan na slici 3 tj. sa štrcaljkom, pri tome se prve litre ulja puste da iscure. Ubacivanje otopljenih plinova u kromatografsku kolonu izvodi se prema slici 4. U najvećem broju slučajeva možemo se zadovoljiti i samo kvalitativnom analizom, pa ulje za ispitivanje možemo staviti u staklene boce tako, da se ostavi što manji slobodan prostor iznad površine ulja. Možemo ovdje primijetiti da novija konstrucijska rješenja za ispust ulja nisu najpovoljnija i da bi bolje odgovaralo staro rješenje sa slavinom, odnosno običnim ventilom.



Sl. 8

Slika 4



Slika 5

9. Uzimanje uzoraka plinova

U normalnom pogonu možemo uzimati na analizu plinove koji su se eventualno nakupili u Buholz releu ili na svim onim mjestima gdje se mogu zadržati izvjesne količine koje možemo uzeti, kao npr. u sakupljačima plina pri otvorima visokonaponskih izalotarora transformatora i sl., i to najbolje sa štrcaljkom ili na način prikazan sl. 5. Ulje se pusti da istječe, ono iznad sebe stvara vakuum u koji onda uvlači plin. Pri tome valja ulje u ampuli što bolje očistiti od svih eventualnih otopljenih plinova i sastojaka koji bi mogli utjecati na rezultat analize. Ovdje vrijedi primjedba da bi se moglo naći konstruktivno rješenje da se plinovi koji se razvijaju relativno laganom razgradnjom izolacionog sistema mogu skupljati u jednom prostoru »džepu«, a da to ne utječe na preciznost i sigurnost Buholz relea odnosno zaštite transformatora. Uzorak plina može se direktno ubacivati u kromatografske kolone.

10. Prorada Buholz relea

Nakon prorade Buholz relea uobičajen je postupak što određuju i »Propisi o tehničkim mjerama . . .« da se provjeri da li je plin zaostao u releu zapaljiv, ako je, znači da je zaista kvar električne prirode, pa transformator treba da ostane izvan pogona, tako dugo dok se kvar ne otkloni. Ako pak nije, smatra se, da je to lažna prorada zbog raznoraznih uzroka.

Puno preciznije određivanje uzroka kvara, odnosno prorade relea, dobiva se analizom skupljenih preostalih plinova u Boholz releu, metodom koja je do sada izložena uz još neka dopunska obrazloženja. Možemo reći da su kod prorade moguća četiri slučaja:

— u releu nema plina, manja količina formiranog plina se otopila u ulju,
— u releu je zaostala smjesa s malom količinom zraka i većim dijelom formiranih plinova,
— velika količina zraka i mala količina plinova,
— u releu je samo zrak.

Analizom plinova i uzimajući u obzir još neke druge faktore, možemo zaključiti slijedeće:

— zatečeni plinovi u releu nakon njegove prorade uslijed kvara su obično samo oni slabije topljivi u ulju,
— količina dušika je mjerilo zaostalog ekspandiranog zraka iz unutrašnjosti transformatora,
— prisustvo vodika ukazuje na kvar električke prirode,
— prisustvo ugljikovih oksida je vezano uz razaranje čvrstog izolacionog materijala.

Ako uspoređujemo količine ugljičnog monoksida, vodika i ugljičnog dioksida zajedno s ugljikovodicima koji su dani u postocima u smjesi plinova relea, pri tome ne uzimajući u obzir O_2 i N_4, i to prikažemo trokutnim dijagramom kao na sl. 10, onda možemo odrediti da li se radi o pregrijavanju namotaja, parcijalnim pražnjenjima, električnom luku ili je mjesto pregrijavanja u ulju.

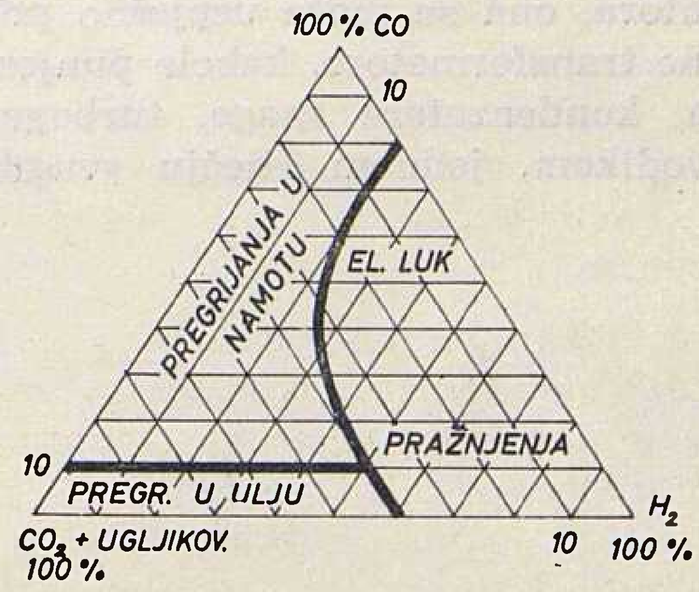
Rezultati eksperimentiranja i primjeri iz prakse pokazuju još jedan kvalitativan podatak koji se može dobiti, a to je, da postoji korelacija između koncentracije dujika i udaljenosti kvara od relea. Kvar je udaljeniji od Buholz relea, kada imamo veću koncentraciju dušika zatečenog u smjesi plinova u njemu.

Zaključak

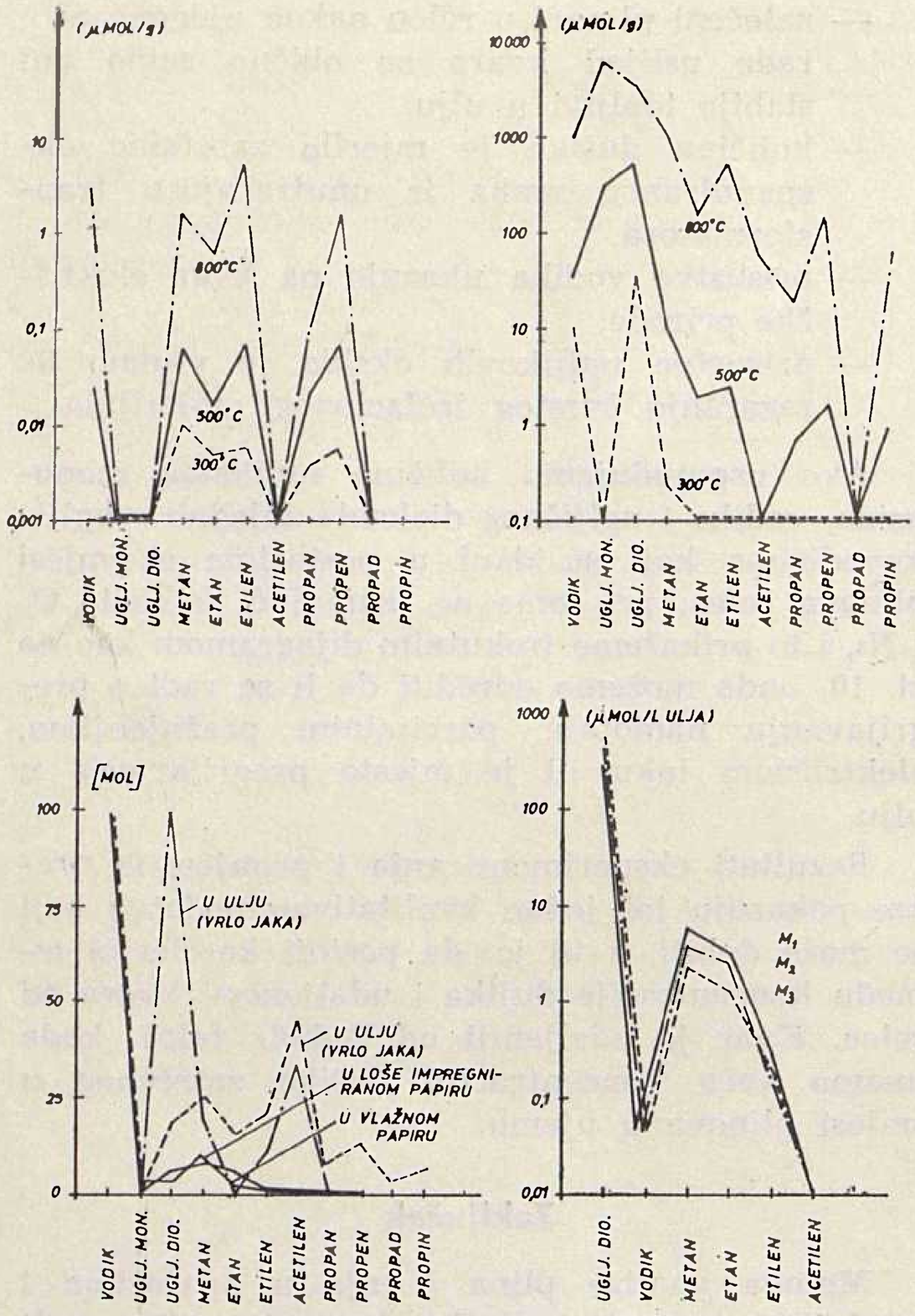
Metoda analize plina i ulja u aparatima i uređajima pomoću plinske kromatografije radi određivanja stanja izolacionog materijala u njima. je novija metoda koja se s uspjehom počela primjenjivati u više zemalja. Njena efikasnost je potvrđena u mnogim eksperimentima više laboratorija organiziranim na internacionalnom nivou (potkomitet 10A IEC-a), a isto tako i u praksi

Njome se određuje da li se neki transformator u eksploataciji može smatrati ispravnim. odnosno s normalnim starenjem izolacije, ili je u njemu kvar koji bi mogao znatno skratiti vijek trajanja izolacije, ili je pak razoriti. U posljednjem slučaju, kao što smo vidjeli, možemo odrediti i prirodu i njegov intenzitet i zatim po potrebi primijeniti naknadno i druge metode za određivanje stanja izolacije i njenih karakteristika.

Smatram da je, s obzirom na sve spomenute poteškoće: oduzimanje uzorka za ispitivanje, same



Slika 6



Sl. 7 Rezultati kromatografskih analiza

analize, pa do tumačenja njenih rezultata, poželjna i dovoljna samo kvalitativna analiza. Naročito pouzdane rezultate dobili bi, kad bi povremeno, jedanput ili dvaput godišnje, obavljali analizu i pratili od samog početka rada, barem kod novih transformatora, kod kojih je to moguće, razvoj koncentracije različitih plinova. Praćenjem većeg broja jedinice u dužim vremenskim razdobljima i skupljanje različitih iskustava, koja bi valjalo objavljivati, dalo bi danim tumačenjima novu kvalitetu. Ponovit ću još jedanput: velika prednost ove metode je u tome što uzorke za analizu ulja možemo uzimati u svako doba ne prekidajući pogon transformatora, jer ima dijagnostičku i preventivnu prirodu. Primjena ove metode u praksi daleko prelazi samo područje energetskih transformatora, ona se može uspješno primijeniti i na mjerne transformatore, kabele punjene uljem ili plinom, kondenzatore snage, turbogeneratore hlađene vodikom, jednom riječju svugdje, gdje produkti raspadanja izolacije ostaju na neki način zatvoreni, tj. ne izlaze slobodno u zrak.

Na kraju, mislim da bi bilo poželjno da se oni koji rade na održavanju elektroenergetskih objekata bolje upoznaju s ovom metodom. Ovaj je rad prilog tome, kako bi se i kod nas opisana metoda mogla s uspjehom intenzivnije primjenjivati u početku, barem za veće energetske transformatore. U tu svrhu bilo bi korisno razviti suradnju s laboratorijima opremljenim kromatografima.

Plinski kromatografi su inače u upotrebi u mnogim našim poduzećima i ustanovama u najrazličitije svrhe. Ilustracije radi, spomenut ću da ih samo u Beogradu i okolici ima 13, u Zagrebu 8, Ljubljani 10, Novom Sadu 3, Rijeci 2, Sarajevu 2, Skopju 2, te još u Tuzli i Peći. Ovo su podaci samo za plinske kromatografe firme »Vari an« iz Švicarske. Suradnja s njima i dogovaranje pri nabavkama novih uređaja ili o eventualno potrebnim adaptacijama na starim, vodeći računa i o upotrebi za potrebe elektroprivrede, nesumnjivo bi dala dobre rezultate, a ljudi koji rade na održavanju objekata u elektroprivredi imali bi bolju sliku o njihovoj pogonskoj spremnosti.

Literatura:

1. J. Galand, M. Thibault, F. Viale, J. Samat et P. Vuarehex: *Application de la chromatographie en phase gazeuse au diagnostic des dégradations dans l'isolation des matériels electriques,* Revue générale de l'électriceté, № 11 Novembar 1972
2. M. Thibault et J. Galand: *Moyens physico-chimiges d'étude des dégradations d'isolations en service,* Rev. gén. Elect. № 1 Januar 1972 i № 1 Januar 1971.
3. W. Erb and J. Schober: *Recommendations for Testing Transformer Oil in Service* — Brown Boveri Review № 8 August 1972. god.
4. *Prospekti plinskih kromatografa firme Varian,* Zug, Švicarska, Pye Unicam Cambridge, Engleska, Carlo Erba, Milano, Italija i Hartman — Braun, Frankfurt, Njemačka
5. I. Krajnović: *Plinska kromatografija* — Farmaceutski glasnik br. 2 1971. g.
6. C. R. Noller: *Kemija organskih spojeva* — Tehnička knjiga, Zagreb.
7. J. Tišov: *Starenje izolacionog sistema uljnih transformatora* — Institut, »R. Končar«.
8. P. Duduković: *Rezultati dugotrajnih ispitivanja na starenje slojevitih izolacionih materijala.*

Referati sa XI Stručnog savjetovanja elektroenergetičara Jugoslavije Ohrid 1972.g.

— S. Muren: *Starenje izolacionih ulja.*
— V. Petrović i P. Duduković: *Promjene karakteristika izolacionih ulja u eksploataciji.*
— D. Knežević: *Rezultati ispitivanja vijeka trajanja na domaćim slojevitim izolacionim materijalima.* IRCE Sarajevo.
— D. Orlić: *Kontrola i održavanje transformatorskog ulja i ulja za prekidače snage u pogonu* — Elektroistok Srbobran, X Str. savjetovanje Dubrovnik 1970. g.
— S. Vukojevac: *Pregled nedestruktivnih mernih metoda za kontrolu stanja izolacije sinhronih generatora u pogonu* — X Str. savjetovanje Dubrovnik 1970. g.

Naslov pisca: Mirko V a l e n č i ć, dipl. ing, »Elektroprenos«, Rijeka, Matulji

Rezerve i proizvodnja nafte u svijetu

Aktiviranje novih rezervi nafte i njihovo otvaranje radi eksploatacije išlo je do sada ukorak s potrebama potrošnje. U 1960. god. ukupne raspoložive svjetske rezerve nafte iznosile su 41 mlrd tona, u 1970. oko 83 mlrd tona, a početkom ove godine više od 90 mlrd tona.

Korištenjem tih rezervi proizvodnja nafte je odgovarala zahtjevima tržišta, a bila je slijedeća (u mln tona):

	1960.	1965.	1969.	1970.	1971.	1972.
Proizvodnja	1085	1547	2131	2309	2439	2599

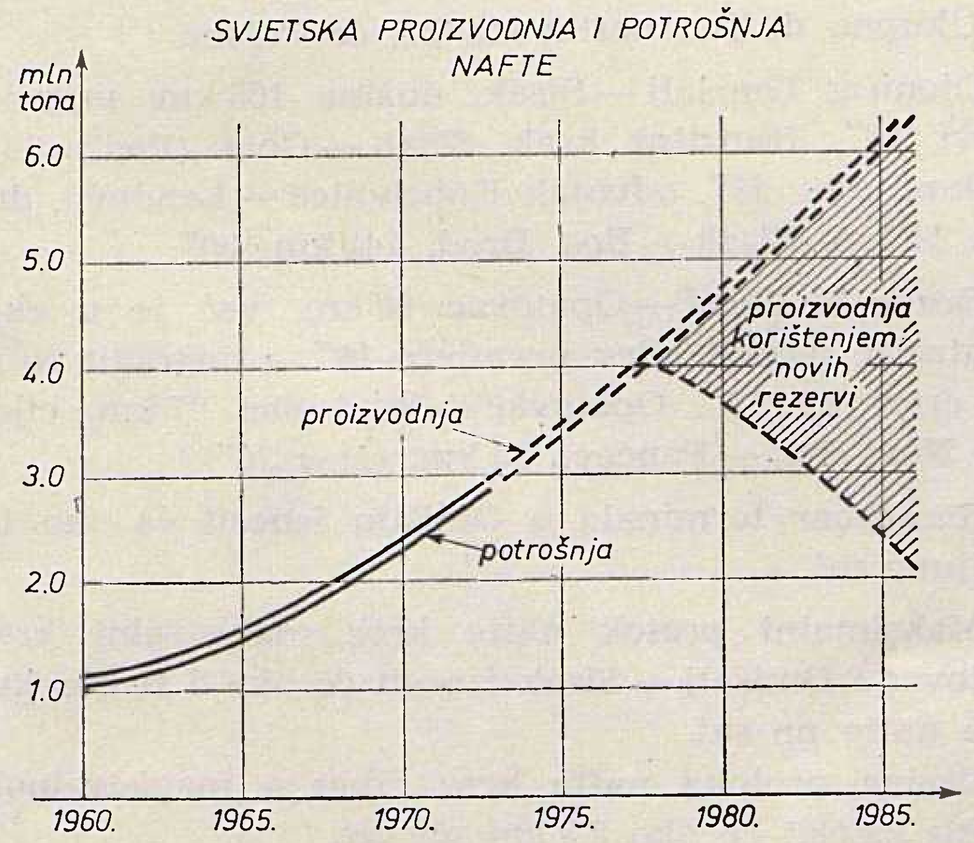
Prema dosadašnjim ocjenama perspektivne svjetske potrošnje, nafta bi imala dosadašnju stopu potrošnje, pa bi oko 1985. godine — prema jednim predviđanjima mogla prijeći 6,0 mlrd tona, što znači da bi i proizvodnja nafte trebala teći tim trendom.

Međutim, do sada otkrivene i raspoložive svjetske rezerve nafte prema uvjetima proizvodnje dozvoljavaju rast do oko 1977. godine kada bi dosegla oko 4,0 mlrd tona. Od tada bi postepeno slabila, pa bi oko 1985. bila samo oko 2,2 mlrd tona, dakle kao 1970. godine.

Dakle, radi pokrivanja rastućih potreba valjalo bi nastaviti s otkrivanjem novih rezervi, a najkasnije oko 1977. godine početi koristiti sada još neotvorene, odnosno neotkrivene rezerve nafte, jer bi u 1985. samo njihovim korištenjem valjalo pokriti oko 3,8 mlrd tona nafte, koja nedostaje.

Prema tome u narednim godinama trebalo bi:

a) osposobiti za eksploataciju do sada otkrivene ali još neotvorene rezerve nafte, i
b) nastaviti s intenzivnim istražnim radovima na terenima, koji su geološki perspektivni za akumulaciju nafte radi otkrivanja daljnjih rezervi.
c) pristupiti iskorištenju bitumenskih škriljaca, pješćara i ugljena radi dobivanja tekućih goriva.



Razvoj proizvodnje i potrošnje nafte u svijetu

Ako se sve to ne ostvari, može se oko 1985. godine očekivati nedostatak nafte, odnosno tekućih goriva od oko 3,8 mlrd tona. Na tu će situaciju u pozitivnom smislu utjecati nova stremljenja u pogledu štednje opće potrošnje energije, ponovna afirmacija ugljena kao izvora energije i sve veća potrošnja prirodnog plina. I ostali autori koji se bave problematikom proizvodnje nafte ukazuju na kritičnost u pogledu raspoloživosti rezervama, ali je očekuju oko devedesetih godina.

(Sastavljeno prema članku objavljenom u Oil and Gas Journal, 15. X. 1973.).

V. B.

Potrošnja energije u Velikoj Britaniji

U 1972. godini bilo je u Velikoj Britaniji potrošeno ukupno 221,4 mln tona energije u ekvivalentu nafte (1 kg = 10.000 kcal), što je bilo za samo 1,9% više nego u prethodnoj godini, kada je ta potrošnja iznosila 208 mln tona.

Struktura prema primarnim nosiocima energije bila je u 1972:

Ugljen	77,2 mln tona ek. naf.	—	36,5%
Nafta	101,0	,, ,,	47,8%
Prirodni plin	25,8	,, ,,	12,2%
Hidroenergija	1,2	,, ,,	0,6%
Nuklearna energija	6,2	,, ,,	2,9%
Ukupno:	211,4 mln tona ek. naf.	—	100,0%

Uslijed gubitaka kod pretvorbe u sekundarne nosioce energije i gubitaka kod transporta primarnih i sekundarnih nosilaca energije, potrošnja korisne energije bila je 146,4 mln tona u ekvivalentu nafte sa slijedećom strukturom (u mln tona):

	Industr.	Domaćinstva	Transport	Ostalo	Ukupno
Ugljen (direkt. potroš.)	7,7	10,6	0,1	2,0	20,4
Koks i ostala kruta goriva	7,9	3,0	—	0,7	11,6
Koksni plin	1,1	—	—	—	1,1
Gradski plin	1,1	5,6	—	1,4	8,1
Prirodni plin (dir. potr.)	8,2	5,8	—	1,1	15,1
Električna energija	6,3	7,5	0,2	3,7	17,7
Naftni proizvodi	28,7	3,8	30,2	9,5	72,2
Ostalo	0,2	—	—	—	0,2
Ukupno:	61,2	36,3	30,5	18,4	146,4
— učešće — %	41,8	24,8	20,8	12,6	100,0

(Petroleum Press Service, XI. 1973.).

Plinovod Alžir — Italija

Ugovorom je predviđeno da Alžir 25 godina, od 1978. god. isporučuje Italiji godišnje 11 mlrd kub metara prirodnog plina. Za transport tih količina prirodnog plina pristupit će se gradnji plinovoda dugog približno 2300 km, koji će dijelom ići kopnom, a dijelom morskim dnom. Trasa plinovoda je ova:

— Od plinskog polja kod Hassi-R'Mell pa do kap Bon u Tunisu, plinovod će biti dug oko 890 km;
— Od rta Bon u Africi pa do Mazara del Vallo na zapadnoj obali Sicilije plinovod će biti položen na dno Sredozemnog mora na dubini do 500 m i bit će dug oko 160 km;
— Od Mazara del Vallo pa duž Sicilije do Mesinskog zaljeva plinovod će biti dug 300 km;
— Preko Mesinskog zaljeva, pa do kopna na Kalabriji plinovod će ići po dnu mora na dubini do 150 m i bit će dug oko 15 km;
— Od rta na kopnu Kalabrije pa do Spezije, gdje će se spojiti na postojeći magistralni plinovod, bit će dug oko 1000 km.

Gradnja plinovoda trajat će četiri godine.

V. B.

Erdöldienst, 1973.

Potrošnja energije u SR Njemačkoj

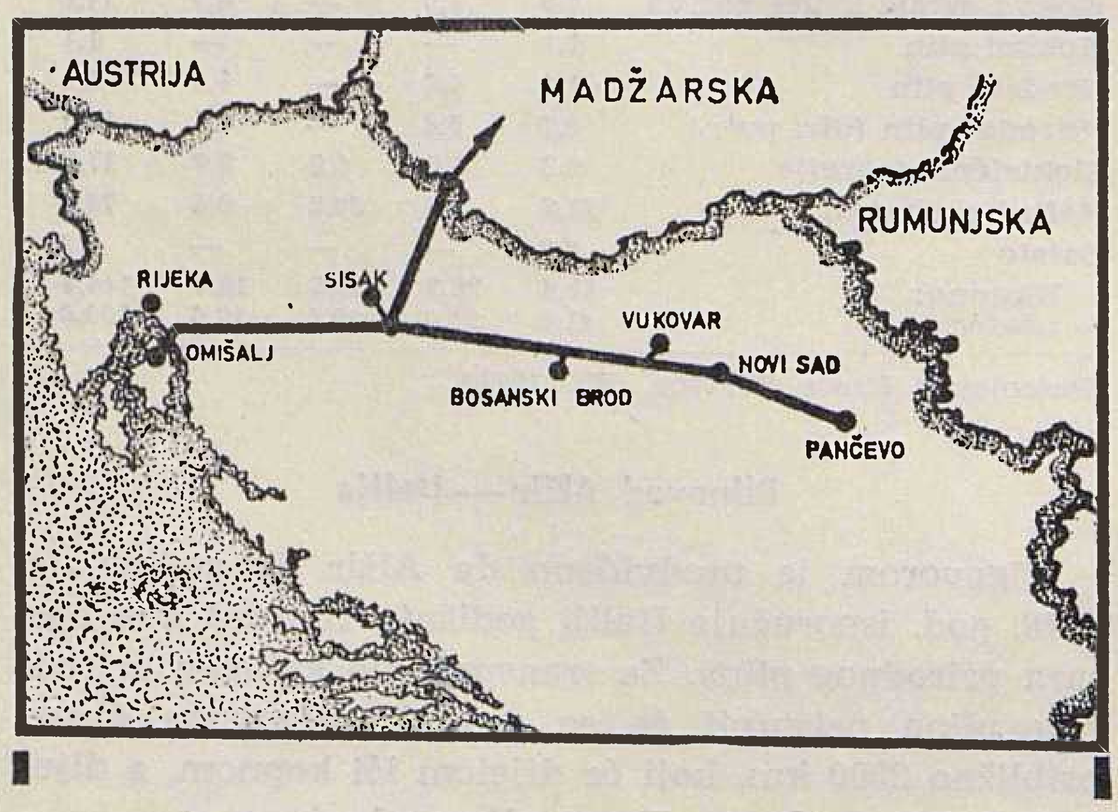
Prema ocjeni komisije vlade SR Njemačke potrošnja energije rast će do 1985. godine s prosječnom godišnjom stopom od 4,3%, pa će u toj godini doseći gotovo 600 mln tona ugljena, prema 317 mln tona u 1970. godini.

Potrošnja ugljena — kamenog i mrkog — će i dalje i po udjelu u ukupnoj potrošnji energije opadati, dok će potrošnja tekućih goriva na bazi nafte, od koje preko 95% dolazi iz uvoza, rasti. Rast će i potrošnja prirodnog plina u skladu s povećanim uvozom naročito iz SSSR. Potrošnja električne energije proizvedene na hidroelektranama će uglavnom stagnirati, ali će rasti potrošnja one proizvedene u nuklearnim termoelektranama.

Struktura potrošnje primarnih nosilaca energije izražene u mln tona uslovnog ugljena prema predviđanjima, bit će slijedeća:

	1970. mln t	%	1975. mln t	%	1985. mln t	%
Kameni i mrki ugljen	131	41,3	106	26,7	88	14,8
Nafta	160	50,5	231	58,2	330	55,1
Prirodni plin	22	6,9	48	12,1	92	15,4
Hidro i nuklearna ener.	4	1,3	12	3,0	88	14,7
Ukupno	317	100,0	397	100,0	598	100,0

(Oel. IX. 1973)



Trasa budućeg magistralnog naftovoda

Sporazum o izgradnji Jugoslavenskog naftovoda

Predstavnici triju velikih kolektiva naftne privrede »INA«, »Energoinvest« i »Naftagas« potpisali su krajem srpnja 1973. u Sarajevu osnovni ugovor o izgradnji i korištenju magistralnog jugoslavenskog naftovoda. Dogovoreno je da trasa jedinstvenog naftovoda kreće od Riječkog zaljeva prema Sisku, Bos. Brodu, Novom Sadu i Pančevu s tranzitnim krakom do jugoslavensko-mađarske granice i odvojkom za Rafineriju u Lendavi.

Dogovoreno je da se na prvom mjestu utvrdi program financiranja i pristupi izradi investicionih elaborata.

Kapacitet ovog našeg naftovoda iznosit će 34 milijuna tona sirove nafte godišnje. Od toga je rezervirano 8 milijuna tona Rafineriji Sisak. Rafinerija u Lendavi koristit će 2 milijuna tona, a Rafinerija Bos. Brod raspolagat će s 5 milijuna tona. Na rafinerije »Naftagasa« u Novom Sadu i Pančevu otpada 9 milijuna tona sirove nafte. Našim naftovodom planiran je tranzit od 10 milijuna tona za potrebe rafinerija u Mađarskoj i Čehoslovačkoj.

Planirana količina uvoza sirove nafte za potrebe naših rafinerija, prema procjenama, zadovoljila bi naše potrošne kapacitete do 1992. godine.

Naftovod će se graditi u više faza. Planirano je da prva faza bude dovršena do 1976. uz početna ulaganja od oko 3,4 milijarde dinara. U prvoj fazi izgradnje investicije bi se utrošile za izgradnju kompletnog cjevovoda, terminala, skladišnog prostora i postavljanje crpki za transport nafte.

Nosioci izgradnje naftovoda sporazumjeli su se, da se osnuje samostalno poduzeće *»Jugoslavenski naftovod«* sa sjedištem u Rijeci, a zadatak novoosnovanog poduzeća bit će izgradnja i eksploatacija cjevovoda za tranzit sirove nafte.

Potpisnici ugovora »INA«, »Energoinvest« i »Naftagas« obvezali su se da u tu izgradnju ulože po 150 milijuna dinara. Ostatak potrebnih investicionih ulaganja osigurao bi se učestvovanjem domaćih i stranih partnera financijskim i robnim kreditima.

Tehnički podaci o naftovodu

Ukupna dužina naftovoda bit će 723 km.

Dionice: Omišalj — Sisak, dužina 168 km, promjer cijevi 36″, tranzitni krak Sisak — Gola (Podravina) 110 km, cijev 28″, odvojak Koprivnica — Lendava, dužina 55 km, Sisak — Bos. Brod, 141 km, 30″.

Bosanski Brod — Opatovac 86 km, već je u eksploataciji, postoji cijev promjera 16″, a dogradit će se još cijev od 18″. Opatovac — Novi Sad 77 km, cijev 24″, Novi Sad — Pančevo 95 km, cijev 20″.

Rezervoar terminala u Omišlju iznosit će oko 1,5 milijuna m^3.

Maksimalni protok nafte kroz magistralni krak naftovoda Omišalj — Sisak iznosit će oko 5 tisuća kubika nafte na sat.

Brzina protoka nafte kroz cijev u magistralnom kraku iznosit će oko 8,3 km na sat.

I. R.

Elektroprivreda Francuske u 1972.

Potrošnja električne energije u Francuskoj u 1972. godini iznosila je 157,2 milijarde kWh od čega na gubitke otpada 11 milijardi. U odnosu na 1971. godinu potrošnja je porasla za 6,7%, u odnosu na 1972. konzum je za 91% veći. Izvoz električne energije bio je veći od uvoza a u pumpnim elektranama proizvedeno je 200 milijuna GWh. Ukupno je proizvedeno u svim elektranama Francuske 163,4 milijuna kWh. Od toga u hidroelektranama 48,8, a u termoelektranama 114,6 milijuna kWh. U elektranama koje pripadaju EdF-u proizvedeno je u hidroelektranama 45,5, u termoelektranama 86,3 milijarde kWh, od toga u nuklearnim hidroelektranama 11,8 milijuna kWh.

Krajem godine u hidroelektranama je bilo instalirano 15 600 MW s godišnjom proizvodnjom od 55,9 milijuna KWh. U akumulaciona jezera može se smjestiti 7,75 milijuna KWh. U termoelektranama su instalirane snage iznosile 24 750 MW. U Francuskoj je 1972. bilo ukupno mreža za prijenos i distribuciju električne energije:

Napon u KW	Km vodova
380	5 100
225	21 700
150	6 800
90— 63	34 000
45—0,5	370 000
Niska napon	54 000

Krajem godine u izgradnji su bili slijedeći objekti:

Objekt	Snaga	God. puštanja u pogon
Termoelektrane klasične		
LE HAVRE	585 MW	1973.
PORCHEVILLE	1 755 ,,	1973—75.
CORDEMAIS	1 370 ,,	1976.
AMBES	480 ,,	1974.
MARTIGUES-PONTEAU	480 ,,	1973—74.
ALTRE	112 ,,	1973.
	4 782 MW	
Nuklearne elektrane		
FESSENHEIM I	890 MW	1975.
FESSENHEIM II	890 ,,	1976.
BUGEY I	925 ,,	1976.
BUGEY II	925 ,,	1977.
	3 630 MW	
Hidroelektrane		
GAMBSHEIM	48 MW	1974—75.
VOUGLANS	62 ,,	1973.
EMOSSON	137 ,,	1973.
LES BOIS	37 ,,	1973.
LA COCHE	320 ,,	1975—76.
MONT-CENIS	120 ,,	1975.
LA SAUSSAZ	146 ,,	1973.
ECHAILLON	114 ,,	1974.
SISTERON	220 ,,	1975—76.
SALIGNAC	80 ,,	1976.
SAINT-CROIX	85 ,,	1974.
QUINSON	95 ,,	1974—75.
GOLFECH	68 ,,	1973.
BROMMAT II	226 ,,	1974.
REVIN	720 ,,	1974.
	2 478 MW	

U 1971. je u Francuskoj potrošnja električne energije po stanovniku iznosila 2 880 KWh.

J. M.

Novi kabel za otok Sylt

Njemačko elektroprivredno poduzeće Schleswag položilo je 5,2 km dugi 110 kV kabel između kopna i otoka Sylt. Ovo je najveći njemački otok. Potrošnja električne energije od 1952—1972. godine povećala se sa 8,8 na 90 GWh, a vršno opterećenje u istom razdoblju sa 2,5, doseglo je 20 MW. Novim kabelom osigurat će se sigurnije napajanje otoka Sylt.

Prema: EW H 16/73

J. M.

Narodna Republika Kina prvi puta prisutna na IEC zasjedanju

Na ovogodišnjem zasjedanju Međunarodne Elektrotehničke Komisije (IEC) prvi puta je bila prisutna NR Kina. U Münchenu je, naime, od 18—30. lipnja održano 38. zasjedanje IEC. IEC je osnovan 1904. godine radi postavljanja internacionalnih normi i propisa i u njemu surađuje više od 40 zemalja preko svojih nacionalnih Komiteta. Njihova je zadaća da usaglase elektrotehničke norme i propise različitih zemalja. U tu svrhu postoji oko 70 tehničkih komiteta sa stotinjak potkomiteta i radnih grupa.

J. M.

380 kV mreža između Švicarske, Austrije i Italije

Razrađeni su planovi za izgradnju 380 kV prstena između Austrije, Švicarske i Italije radi razmjene električne energije. Taj prsten predviđa povezivanje transformatorskih stanica Westtirol (Austrija), Pradella (Švicarska) i Dugale (Italija). Izgradnju, pogon i troškove održavanja snosi svaka država za svoj dio prstena, pa se tako predviđa da će troškovi izgradnje 65 km dugog dijela u Austriji stajati oko 400 milijuna šilinga.

Austrijska prijenosna mreža za sada nije povezana sa Švicarskom mrežom, dok je sa talijanskom spojena 220 kV prstenom između Austrije, Jugoslavije i Italije (SUDEL). Predviđenim spajanjem sa Švicarskom i Italijom omogućuje će značajnije sudjelovanje Austrije u energetskoj razmjeni sa zemljama zapadne Evrope, a posebno će predviđeni prsten biti okosnica razmjene električne energije između istočnoevropskih i zapadnoevropskih zemalja.

Prema: ÖZE H 8/73

J. M.

VW na električni pogon

Kombi, transportno vozilo VW-a dobilo je za sada eksperimentalno električni pogon. Vozilo je opremljeno motorom snage 32 KW, oko 44 KS. Ova kola mogu voziti brzinom 75 km na sat, a jedno punjenje baterija mogućuje oko 80 km gradske vožnje. To, po prilici, odgovara jednodnevnoj upotrebi. Predviđa se da će uskoro započeti serijska proizvodnja ovog vozila.

J. M.

Elin gradi veliki generator za Švedsku

Za potrebe Švedskih državnih hidroelektrana austrijsko poduzeće ELIN Union gradi i montira veliki vertikalni generator sa 60 polova od 90 MW, 14,5 kV i 100 o/min. Ovaj generator bit će montiran u hidroelektrani RANDI na sjeveru Švedske u blizni polarnog kruga. Imat će promjer 12 m i težinu oko 560 tona.

J. M.

Nastavak hidro-energetske regulacije rijeke Rajne

Prenosimo iz »Brèves nouvelles de France« vijest o nastavku radova na regulaciji rijeke Rajne.

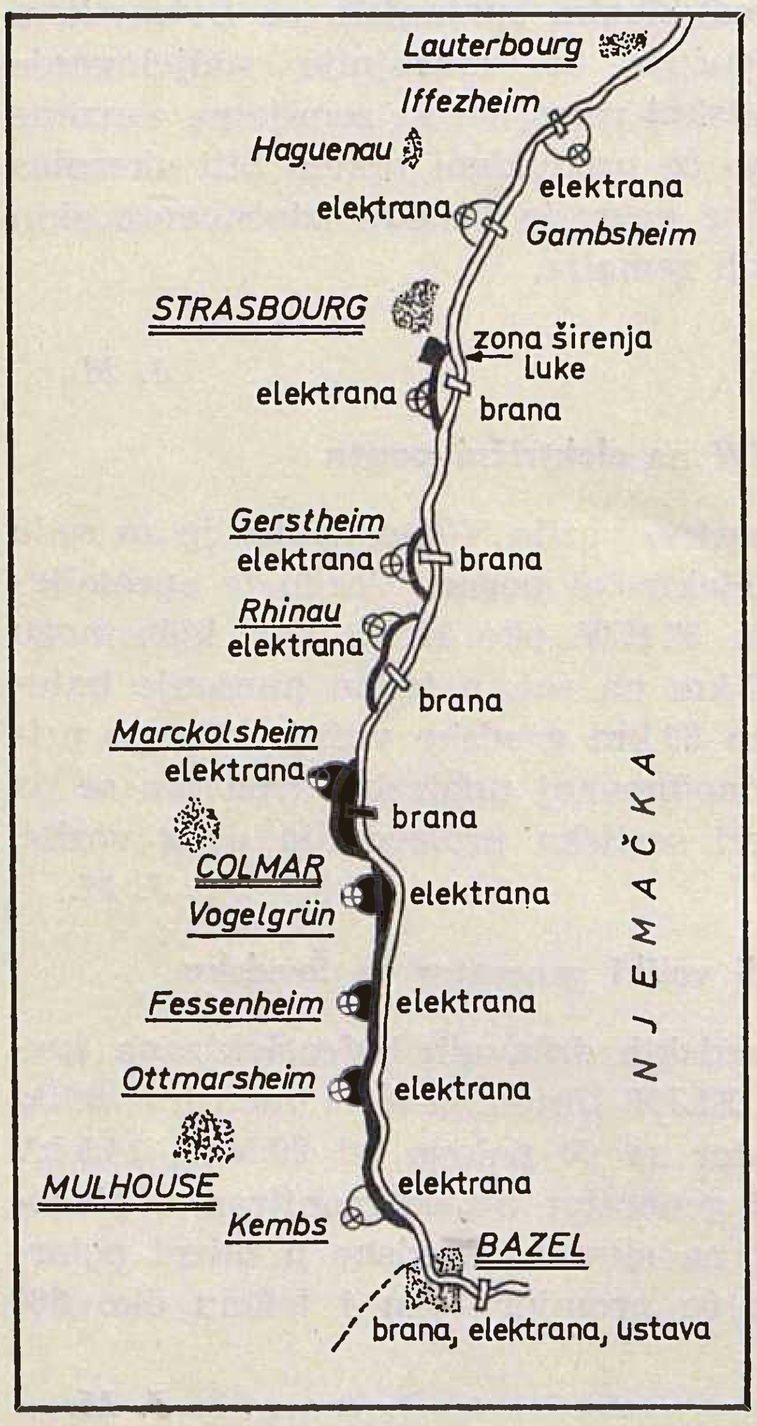
Regulacijom toka rijeke Rajne kod Strasbourga, koja je završena 1971, izgledalo je da je dovršena vodoprivredna i hidroenergetska regulacija Rajne, započeta 1927, u okviru koje je između Bazela i Strasbourga izgrađeno osam plovnih i energetskih brana.

Prije nekog vremena Francuska i Njemačka su potpisale ugovore o zajedničkoj izgradnji brana i postrojenja kod Gambsheima i Iffezheima na francuskom, odnosno njemačkom području.

Ta odluka o nastavku radova nizvodno od Strasoburga donesena je, kao i ona o radovima uzvodno, da bi se olakšala plovidba i da bi se još efikasnije zaštitilo od poplava.

Radovi su počeli regulacijom kod Gambsheima. Danas, pred dovršenjem taj se važni hidro-energetski kompleks sastoji od:

- jednog odvodnog kanala sa ustavama, kojim se može odvoditi 6700 m^3/s vode;
- brane duge 250 m i visoke 15 m, kojom je pregrađeno korito rijeke;
- dva pobočna nasipa, za zaštitu obala rijeke, u dužini 15,5 km;
- jednog derivacionog kanala, kojim se iskorištena voda vraća matici;
- dvije združene ustave dugačke 270 m i široke 24 m;
- hidroelektrične centrale sa četiri bloka, čija ukupna godišnja proizvodnja dosiže 600 milijuna kWh.



Brana i postrojenja kod Gambsheima pustit će se u pogon u 1974. Početak eksploatacije Iffezheima predviđen je za kraj 1978.

Z. T.

Trofazno-istosmjerni podmorski prijenos na Baleare

Krajem 1973. bit će Balearski otoci Majorka i Minorka spojeni s kontinentom najdužim podmorskim kabelom na svijetu. Kabelska veza se sastoji od 4 jednožilna uljna kabela za trofazni napon 132 kV, dužine 26 milja u jednom komadu, prijenosne moći 100 MW.

Kabel će biti proizvodnje Pirelli, s vodičima od aluminija, koji su se vrlo dobro pokazali kod kabelske veze izgrađene između grčkog kopna i otoka Krfa.

Gledajući na razvoj potrošnje električne energije na spomenutim otocima u budućnosti uključujući ovdje i otok Ibiza, opisani prijenosni sistem predstavlja tek prvu etapu prijenosa na Baleare.

Predviđa se, da bi se u drugoj etapi ovaj prijenos pregradio na istosmjerni prijenosni sistem 400 kV (± 200 kV), na što se kod konstrukcije kabela i računalo, a time bi se mogućnost prijenosa povećala na 400 MW.

Prema: Electrical World, July 15, 1973.

B. M.

Elektroprivreda Austrije u prvoj polovini 1973. godine

Elektroprivreda Austrije bila je u prvoj polovini 1973. godine u znaku povećanog broja hidroelektrana, jer su hidrološke prilike bile bolje nego u 1972. godini. U prvoj polovini ušle su u pogon hidroelektrane Ottensheim na Dunavu i Schönau na rijeci Enns, pa je proizvodnja hidroelektrana povećana za 9,2 GWh i iznosi 8363 GWh. Od toga je u protočnim hidroelektranama povećana proizvodnja sa 5109 GWh na 5653 GWh (10,6%), a u akumulacionim elektranama sa 2551 GWh na 2710 GWh (6,2%). Proizvodnja u termoelektranama je veća za 5% i iznosi 4.728 GWh. Proizvodnja iz loživog ulja povećana je za 25,9%, sa 1346 HWh na 1694 GWh, dok je znatno manja proizvodnja elektrana na zemni plin, za 12,4%.

Uvoz električne energije iznosio je 1615 GWh i bio je velik u prva četiri mjeseca 1973, dok je u svibnju i lipnju bio neznatan. Izvoz je ostao jednak onom iz 1972. godine sa 2299 GWh.

Potrošnja električne energije austrijskih državnih željeznica ostala je kao i u prethodnoj godini, 222 GWh.

Prema ÖZE H. 9/1973.

J. M.

Razvojni plan hidrosistema na rijeci Tisi

Institut Hidroproekt u Moskvi započeo je plan izgradnje hidrosistema na 1000 km dugoj rijeci Tisi koja protječe kroz Rumunjsku, Mađarsku, SSSR, Čehoslovačku i Jugoslaviju. Glavni dio ovog plana sastoji se u izgradnji sistema bazena u koji bi se spremale velike količine vode, jer u proljeće ova rijeka ima izuzetno visoki vodostaj. Time bi se stavio protok pod kontrolu. Osim toga moguće je postaviti i niz elektrana. Svih pet zemalja zainteresirano je za ovaj plan koji bi trebao biti gotov do 1975. godine.

J. M.

Ugovor za najveći afrički dalekovod

Sklopljen je ugovor za najveći afrički dalekovod između vlade Zaire (Kongo) i konzorcija ASEA-General Electric. Ovaj dalekovod bit će dug 1800 km, napona istosmjernog 500 kV, kojim će se prenositi energija iz hidroelektrane Inga na rijeci Zaire. Dalekovod polazi iz luke Matadi na sjeveru zemlje i ide na jug, do mjesta Kolwezi u rudarskom području. Ukupni troškovi voda procjenjuju se na 94 milijuna funti sterlinga. Predviđa se, da će vod biti u pogonu krajem 1976. godine.

Ovaj vod je projektiran za početni prijenos 560 MW time, da se u drugoj etapi može prenositi 1200 MW. Na taj način prenijet će se sva snaga hidroelektrane Inga, u konačnoj veličini 1000 MW.

Prema: Water Power, № 5/73.

B. M.

Novi sveučilišni centar za tehničko ekonomske studije u Italiji

Tehnički fakultet sveučilišta u Padovi otvorio je centar za tehničko-ekonomske studije o energetici. Ovaj centar će proučavati različite tehničke i ekonomske aspekte proizvodnje prijenosa, transformacije i korištenja različitih oblika energije. Osim toga, surađivat će s ekonomskim fakultetom, sa zavodom za statistiku i raznim drugim državnim institucijama. Na seminaru će moći razni specijalisti i studenti proširiti ili dopuniti svoja znanja o energetskim poblemima s ekonomskog i tehničkog stanovišta. Centar je odredio i iznose za stipendiranje studenata a ustanovljene su i nagrade za uspješne radove na tom polju. Sjedište centra je u Institutu za elektrotehniku i elektroniku tehničke škole u Padovi, a u čast osnivača, koji je nedavno preminuo, dobio je ime »Giorgio Levi Cases«.

Prema: L'energia elettrica № 1/73.

J. M.

Nova pumpna hidroelektrana u Bavarskoj

U blizini Sundersbacha u gradnji je pumpna hidroelektrana koju za potrebe njemačkih željeznica gradi Donau-Wasserkraft A.G. Izgradnja je počela 1972. i trebala bi 1975. godine ući u pogon. Dvije akumulacije, gornja i donja, imat će kapacitet od 1400 m³ vode. Tako će ova elektrana imati snagu od 75 MW. Ukupno će protjecati, u prosjeku, 28 m³ vode u sek. Inače, generator za ovu elektranu moći će raditi i kao sinhroni kompenzator, tako da u toku noći proizvodi jalovu energiju.

J. M.

Postrojenje s plinskom turbinom u elektrani Nechells

CEGB, elektroprivredno poduzeće Velike Britanije, započelo je graditi postrojenje s plinskom turbinom od 300 MW u elektrani »Nechells« u Birminghamu. Ovo postrojenje pokrivat će špice u potrebi za električnom energijom na području Birminghama. Nalazit će se uz postojeću termoelektranu na ugljen od 224 MW, a kao gorivo koristit će naftu.

J. M.

Predviđanja za izgradnju nuklearnih elektrana u zemljama ZET-a

Od 1972—1975. godine zemlje članice ZET-a trebale bi povećati snagu novih nuklearnih elektrana za 6700 MW godišnje, a od 1976—1980. za daljnjih 11000 MW godišnje. Ovo predviđanje počiva na činjenici da će u zemljana ZET-a 1985. godine biti snaga nuklearnih elektrana od 100 000 MW. To znači da u prvom razdoblju treba godišnje puštati u pogon 5—8 reaktora snage od 800—1200 MW, a u drugom (1975—1980) 6—9 reaktora snage 1200 do 2000 MW.

J. M.

Dvije nove elektrane u SSSR-u

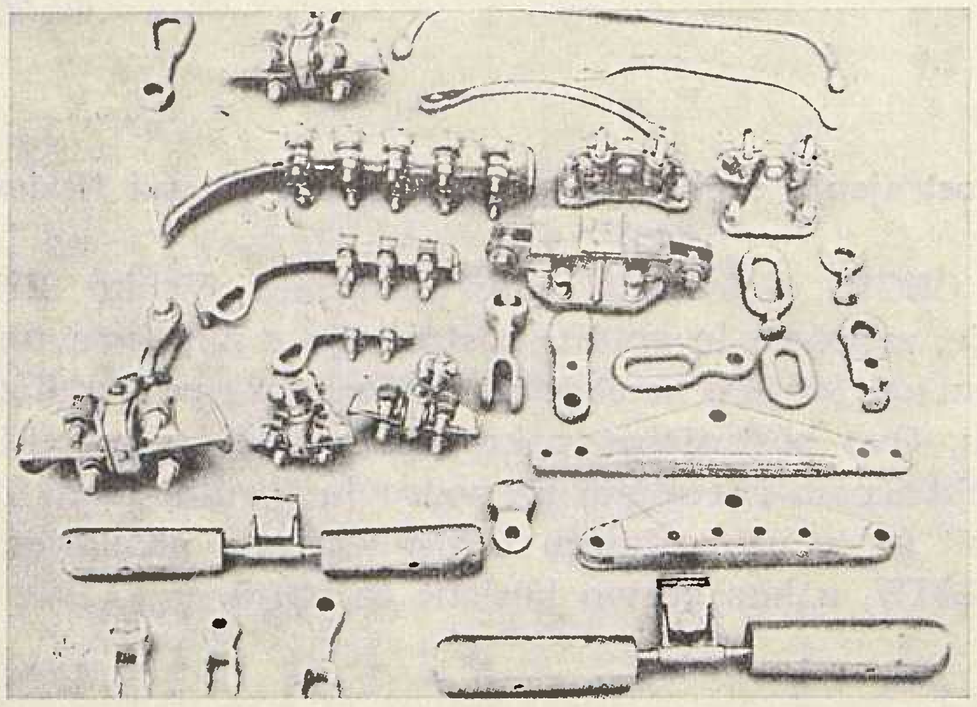
U blizini mjesta Nurek na rijeci Vakš u Taikistanu izgrađena je brana visine 323 m, a puštena su u pogon prva dva agregata od po 300 MW. U ovoj elektrani bit će instalirano 9 ovakvih grupa, tako da će ukupno instalirana snaga iznositi 2700 MW. Proizvedena energija trošit će se u velikom aluminijskom kombinatu »Regar« i elektrokemijskom kombinatu »Javan« a ostatak će biti predavan mreži.

Istovremeno u pogon je puštena kompletna elektrana »Ust-Kantai«. Ova elektrana je na 68-oj paraleli i predstavlja najsjeverniju hidroelektranu na svijetu. Ima 7 alternatora s ukupnom instaliranom snagom 441 MW. Godišnje može proizvesti 2000 GWh.

Ova elektrana je izgrađena u zoni, gdje temperatura oscilira između −60°C i +30°C. Zato je postrojenje i brana izgrađeno novom tehnikom, s novim materijalima, a iskustva stečena na ovom postrojenju poslužit će za konstrukciju novih elektrana u arktičkom krugu Sibira na rijekama Kolimi, Leni, Jeniseju i drugim.

J. M.

»Dalekovod« uključen u akciju »godine kvalitete«



Sl. 1 Ovjesna oprema proizvodnje poduzeća Dalekovod

Poduzeće »Dalekovod« iz Zagreba uključilo se u akciju »Godine kvalitete« usvojivši program koji se odnosi na industrijsku proizvodnju. U specijaliziranim pogonima »Dalekovod« je organizirao proizvodnju ovjesne i spojne opreme za dalekovode i transformatorske stanice napona 35, 110, 220 i 380 kV, kao i raznih čeličnih konstrukcija. U okviru poduzeća već godinama uspješno radi vlastita organizacija stalne kontrole kvalitete proizvoda.

Valja istaknuti da akcija »Godine kvalitete« u »Dalekovodu« pada u vrijeme priprema potpunog usvajanja proizvodnje 380 kV ovjesne i spojne opreme, kao i s otklanjanjem nedostataka koji su se već pokazali na prvoj isporuci za DV 380 kV Bor — Niš — bugarska granica.

Sva ovjesna i spojna oprema za sve napone, a osobito za napon 380 kV, zahtijeva znatno strože tehničke kriterije od onih koji su se sve doskora primjenjivali. Da bi se kontrola industrijskih proizvoda što kvalitetnije izvela potrebno je srediti tehničku dokumentaciju, srediti odgovarajući alat za izradu ovjesne i spojne opreme, poboljšati tehnologiju rada i dr.

Za što uspješnija rješenja programa akcije »Godina kvalitete« u »Dalekovodu« se poduzima niz tehničkih mjera koje se osnivaju na suvremenim metodama i ulažu se znatna investiciona sredstva za nabavu kontrolnih uređaja.

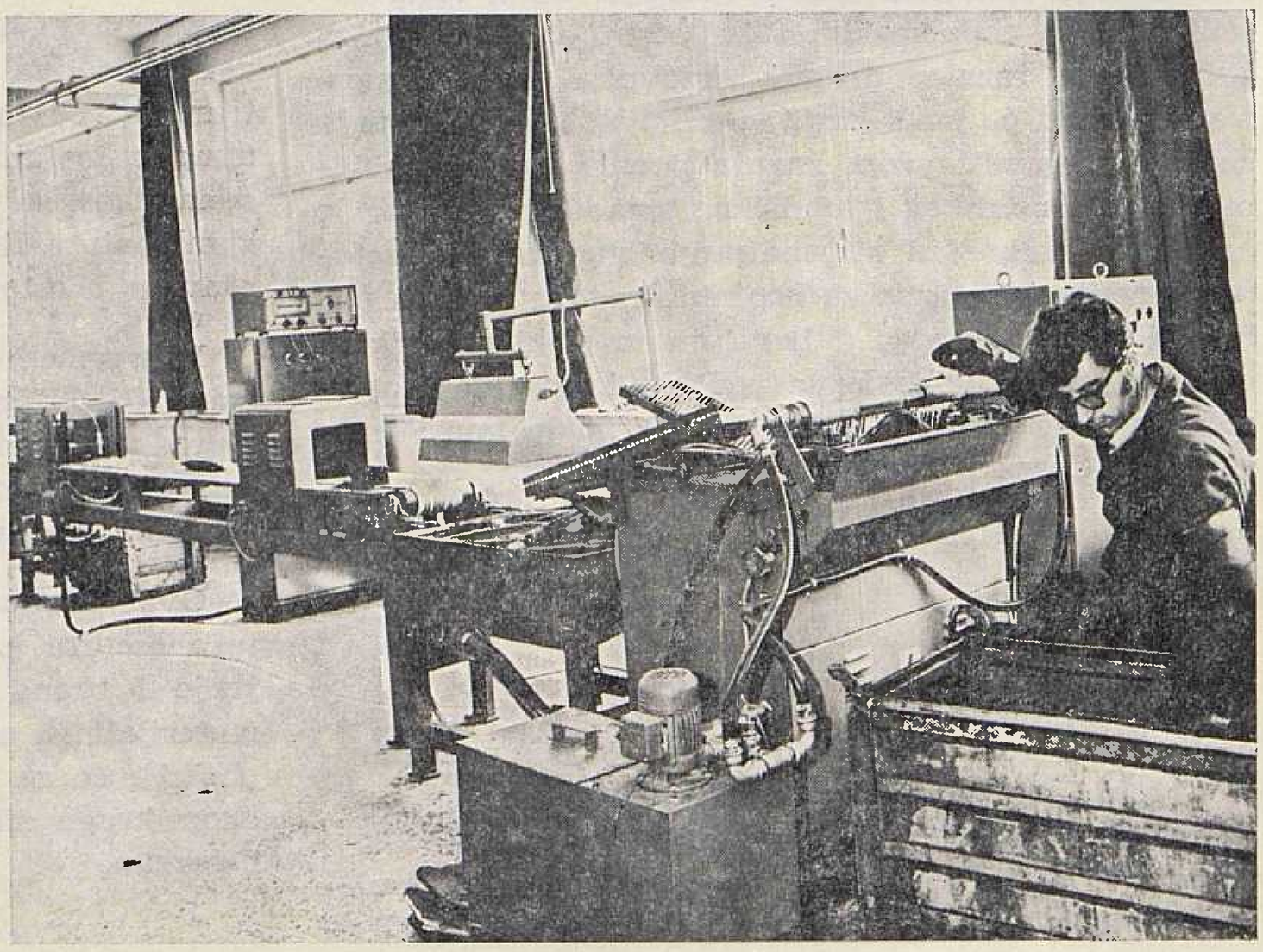
Korištenje suvremenih uređaja

Od investicionih ulaganja predviđenih u proizvodnju najznačajnija je investicija u termičku peć, jer dobra termička obrada čeličnih i aluminijskih otkivaka predstavlja jedan od osnovnih uvjeta za kvalitetnu ovjesnu i spojnu opremu.

Nabavljen je suvremeni kontrolni uređaj za otkrivanje napuklina i kontrolu tehničke obrade — magnetfluks sa sitometrom. Ovaj uređaj služi za kontrolu čeličnih otkivaka na napukline i termičku obradu.

Istovremeno s nabavom ovog uređaja osnovan je i mehanički laboratorij, koji raspolaže sa dvije specijalne kidalice — vertikalnom i horizontalnom, snage 30 tona s efektivnim razmakom čeljusti od 2,5 do 10 m. Uz ova dva najvrednija ispitna uređaja laboratorij raspolaže s nizom manjih preciznih kontrolnih instrumenata. Radom mehaničkog laboratorija znatno su smanjeni troškovi tehničkog preuzimanja gotovih proizvoda. Sve donedavno pri tehničkim preuzimanjima koristile su se usluge fakulteta.

Kidalice su specijalno konstruirane za ispitivanje ovjesnog i spojnog materijala, a rukovođenje je rela-



Sl. 2 Magnetoflux, uređaj za ispitivanje ovjesnog i spojnog materijala

tivno lako. Postoji mogućnost da se njima izvode sva potrebna ispitivanja, bilo u toku razvoja proizvodnje, kao i kod tehničkog preuzimanja. Na horizontalnoj kidalici mogu se ispitivati izrazito dugački uzorci.

Kemijski laboratorij

Uz mehanički laboratorij pristupilo se organiziranju kemijskog laboratorija sa zadatkom da se kontrolira ulazak materijala i kontrolira tehnološki režim rada.

Kemijski laboratorij je još u fazi pripremnog organiziranja, budući da još nije kompletirana potpuna oprema obavljaju se samo djelomična ispitivanja. Danas se može obavljati efikasna kontrola tehnoloških postupaka vrućeg i galvanskog pocinčavanja, te gotovih pocinčanih proizvoda. Daljnji razvoj kemijskog laboratorija ovisit će u prvom redu o mogućnostima nabave nove odgovarajuće opreme. Predviđa se etapni razvoj ovoga laboratorija pri ćemu će se voditi računa da se nabavljaju nužno potrebni aparati i uređaji.

U današnjoj situaciji za druga kontrolna ispitivanja »Dalekovod« je primoran da se služi uslugama raznih instituta i znanstvenih zavoda, u prvom redu za električna ispitivanja. Tehnička preuzimanja spojene opreme su vezana za električna ispitivanja, koja danas kolektiv ne može izvršiti.

U programu je da poduzeće osnuje samostalan elektrolaboratorij čime bi se postigla efikasnija i jeftinija kontrola ispitivanja.

Ulaganja u laboratorije i općenito u tehničku kontrolu, predstavlja opterećenje proizvodnje, ali su ona opravdana, jer se putem smanjenja škarta i dorade vraćaju ubrzo, stvarajući dobar preduvjet za uspješan plasman proizvoda na domaće i strano tržište.

I. R.

»Dalekovod« izvodi radove u Sloveniji

Zagrebačko poduzeće »Dalekovod« za potrebe elektroprivrede Slovenije ugovorilo je izvedbene radove na izgradnji dalekovodne mreže 110 kV. Program ugovorene gradnje prijenosne mreže 110 kV obuhvatio je ove vodove: Dalekovod 110 kV Novo Mesto — Černomelj, dužine 33,7 km koji će se izvesti na čelično-rešetkastim pocinčanim stupovima, tipa »jela« (prvih 30 stupova kao dvostruki, a zatim do Černomelja kao jednostruki). Stupove će isporučiti u kooperaciji poduzeća »Energoinvest« i »Dalekovod«. Vodiči su 240 mm² Ač, zaštitno uže 95/55 mm³ AlMg/Fe, izolatori porculanski, kapasti, tipa K 170/280, domaće proizvodnje. Kompletan ovjesni materijal isporučuje »Dalekovod«.

Svrha izgradnje ovog dalekovoda je da se poboljša napajanje konzumnog, osobito industrijskog, područja Novog Mesta i Černomelja.

Investitor dalekovoda 110 kV Novo Mesto — Černomelj je poduzeće »Elektro-Ljubljana« koji je osigurao investiciona sredstva od oko 13 milijuna dinara za kompletno dovršenje voda.

Za investitora Dravske elektrane iz Maribora otpočela je gradnja dalekovoda 110 kV Cirkovci — Kidričevo, dužine oko 4,9 km. Vod će se izvesti na željeznim stupovima hladno oblikovanim od profila u proizvodnji poduzeća »Elkov« iz Celja. Vodiči su 240 mm² Ač, zaštitno uže 120/70 mm² Al Mg/Fe, dok su izolatori tipa VZC 16/10. Za istog investitora radi se i na dalekovodu 110 kV Šoštanj — Podlog, oko 14,8 km, sa klasičnim čelično-rešetkastim stupovima, proizvodnje »Energoinvest«. Vodiči su 240/40 mm² Ač, zaštitno uže 95/55 mm² Al Mg/Fe.

Osim ovih radova »Dalekovod« je s investitorom, Šoškim elektranama, ugovorio temeljitu rekonstrukciju postojećeg voda 110 kV Plave — Doblar, dužine 11 km.

Po ugovoru radovi na rekonstrukciji ovog dalekovoda imaju biti završeni do svršetka travnja 1974. Stupovi su čelično-rešetkasti, a vodiči 240 mm² Ač, zaštitno uže 95/55 mm² Al Mg/Fe, a izolatori kapasti, tipa K 170/280.

Rekonstrukcija ovoga dalekovoda je nužna, jer je potrebno stvoriti sigurnost napajanja industrijskih postrojenja toga područja, u prvom redu najjačeg potrošača Cementarne Ahnovo.

I. R.

130 milijuna za elektroenergetska postrojenja

Organizacije udruženog rada u Hrvatskoj osigurale su za 1973. oko 130 milijuna novih dinara u Fond za kreditiranje izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja. Sredstva za Fond prikupljena su obveznim udruživanjem 4 posto isplate za investicije i 15 posto iznosa računa za utrošenu električnu energiju.

Sakupljena sredstva u 1973, prema odobrenom programu Skupštine Fonda, utrošit će se za dovršenje hidroelektrana Orlovac, Varaždin i termoelektrane Tuzla IV, te za prijenosnu mrežu 380 kV i početak gradnje TE Sisak II.

Za dovršenje termoelektrane Tuzla IV odobren je kredit od 49,27 milijuna dinara, za hidroelektranu Orlovac 22,28 milijuna i za hidroelektranu Varaždin 42,62 milijuna dinara.

Početak izgradnje termoelektrane Sisak II Fond će kreditirati iz prikupljenih sredstava sa 4,85 milijuna dinara. Dio prikupljenih sredstava utrošit će se za projektiranje i početne radove na izgradnji dalekovodne mreže 380 kV na području SR Hrvatske.

Privredne organizacije nastavit će s prikupljanjem sredstava i u 1974. i 1975. godini, što će ih utrošiti za izgradnju elektroenergetskih objekata i postrojenja predviđenih planom razvoja elektroprivrede Hrvatske do 1976.

I. R.

Nosioci poslova za izgradnju »Sisak II«

Radnički savjet OOUR TE »Sisak« odlučio je kome će povjeriti izvođenje prvih radova druge etape TE Sisak. Nakon veoma detaljnih i preciznih rasprava o svim primljenim ponudama, što su ih obrazložili stručnjaci iz ekipe za gradnju TE »Tisak II« donesena je odluka o izvršiteljima pojedinih poslova.

Građevinsko projektiranje i nostrifikaciju građevinskih projekata izgrađenih izvan SFRJ, te građevinski nadzor nad pripremama, a i izvođenje TE Sisak II«, »Industroprojektu« iz Zagreba. Projektiranje bušenih pilota-temelja — poduzeću »Geotehnika« iz Zagreba, a projektiranje elektro dijela — poduzeću »Elektroprojekt« iz Zagreba. Nostrifikaciju projekata elektro i strojarskog dijela Institutu Fakulteta strojarstva i brodogradnje Zagreb, a sve prevozničke usluge »Jugotransportu« iz Zagreba.

Institut za sigurnost iz Zagreba pregledat će investiciono-tehničku dokumentaciju, izgrađene objekte, i izdati zakonom propisane ocjene, mišljenja i ateste sa stanovišta zaštite na radu i zaštite od požara.

I. R.

Osnivanje »Elektroprenosa« u Slavonskom Brodu

Članovi pogonske jedinice »Slavonija« OOUR-a, »Elektroprenos« — Zagreb, u sastavu poduzeća »Elektroprivreda« Zagreb, odlučili su na Zboru radnih ljudi da se organiziraju kao OOUR »Elektroprenos« Slav. Brod. Ova OOUR će obavljati, odnosno voditi poslove prijenosa električne energije na području većeg dijela Slavonije i Baranje.

U sastavu novoformirane elektroprivredne organizacije obuhvaćena je dalekovodna mreža 220 kV i 110 kV, u ukupnoj dužini dalekovoda od 518,2 km i transformatorskih stanica 220/110 kV u Đakovu i 110/35 kV u Podvinju, Brijestu, Vinkovcima, Sl. Požegi, te Našicama, Osijeku II i Vukovaru, koje raspolažu snagom transformacije od 669 MVA.

Ukupna vrijednost ovih postrojenja je oko 160 milijuna dinara, a na njima radi 39 radnika. Od toga 2 imaju visoku, 1 višu i 3 srednju stručnu spremu, a ostalo su visokokvalificirani i kvalificirani radnici. Ova će se organizacija poslovanja, s obzirom na novonastalu situaciju, morati mijenjati jer to zahtijeva novi način poslovanja i rješavanje mnogih tehničkih pitanja.

I. R.

Radovi na mreži 35 kV

Sadašnje stanje dalekovoda 35 kV Međurić — Novska — Okučani — Nova Gradiška, dužine oko 48,9 km, veoma je loše, te ga je bilo nužno rekonstruirati i izvršititi zamjenu pogonski sigurnijim vodovima i veće prijenosne moći. Investitor ovog postrojenja »Elektra« Križ povjerila je rekonstrukciju dalekovoda poduzeću »Dalekovod«.

Tehničke karakteristike voda koje će obuhvatiti rekonstrukciju su: Stupovi čelično-rešetkasti, tipa »jednostruka jela«, vodiči 3 × 120/20 mm Ač, zaštitno uže 1 × 35 mm² Fe, a izvest će se uzemljenje svakog stupa. Izolatori su domaće proizvodnje K 170/280.

Krajnje točke vodova su transformatorske stanice 35/10 kV Novska, Okučani i Nova Gradiška, koji su povezani na novu transformatorsku stanicu 110/35 kV Međurić.

Radovi na rekonstrukciji su u završnoj fazi, te se očekuje da će vod u prvom tromjesečju 1974. ući u redovan pogon. Puštanjem u pogon rekonstruiranog voda osjetljivo će se poboljšati opskrba potrošača na području Međurića, Novske, Okučana i Nove Gradiške.

Stručne ekipe »Dalekovoda« rade i na izgradnji dalekovoda 35 kV Požega — Ferovac, oko 14 km. Elektro oprema na ovom dalekovodu jednaka je kao i na dalekovodu 35 kV Međurić — Novska — Okučani — Nova Gradiška.

Valja istaknuti, da »Dalekovod« kao izvođač radova kreditira investitore za ova 35 kV postrojenja u iznosu od oko 7 milijuna novih dinara. Otplata kredita uslijedit će sukcesivno od dana kada vodovi uđu u pogon.

I. R.

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

Osnovni podaci elektroprivrede Hrvatske

po stanju od 31. XII 1972. [2]

Tablica 1

Naziv postrojenja		1945	1960	1965	1970	1971	1972
Hidroelektrane	broj	7	11	15	17	17	17
	snaga MW	69	286,6	650,0	777,7	777,7	777,7
	od toga Udružene MW	66	282,9	632,0	761,6	761,6	761,6
Termoelektrane	broj	10	48	41	40	40	40
	snaga MW	48	184,7	244,8	556,4	568,4	568,4
	od toga Udružene MW	33	86,3	144,4	479,4	491,4	491,4
Ukupno elektrane	MW	177	471,3	894,8	1334,1	1346,1	1346,1
Transformatorske stanice:							
220/110 kV	broj stanica	—	—	2	5	5	5
	broj transformatora	—	—	3	7	7	8
	snaga MVA	—	—	400	1000	1000	1150
110/35—50 kV	broj stanica	1	20	29	34	36	42
	broj transformatora	2	32	45	57	68	79
	snaga MVA	20	678	982	1441	1586	1920
30—50/3—10 kV	broj stanica	17	119	. . .	241	249	258
	broj transformatora	29	253	. . .	449	458	462
	snaga MVA	88	1673	. . .	1732	1851	1930
3—10 kV / niski napon	broj stanica	990	3911	. . .	10480	10876	11320
	broj transformatora	1217	4223	. . .	11763	12004	12460
	snaga MVA	187	858	. . .	2220	2276	2410
Dalekovodi:							
220 kV	km	—	50	594	874	949	976
110 kV	km	83	1314	1697	2062	2110	2384
50—30 kV	km	493	2199	2711	3305	3547	3651
10— 3 kV	km	1691	8149	. . .	16967	17860	18630
niski napon	km	4376	18011	. . .	34749	35750	36685
Vršno opterećenje SRH	MW	82	382	605	1004	1126	1208

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

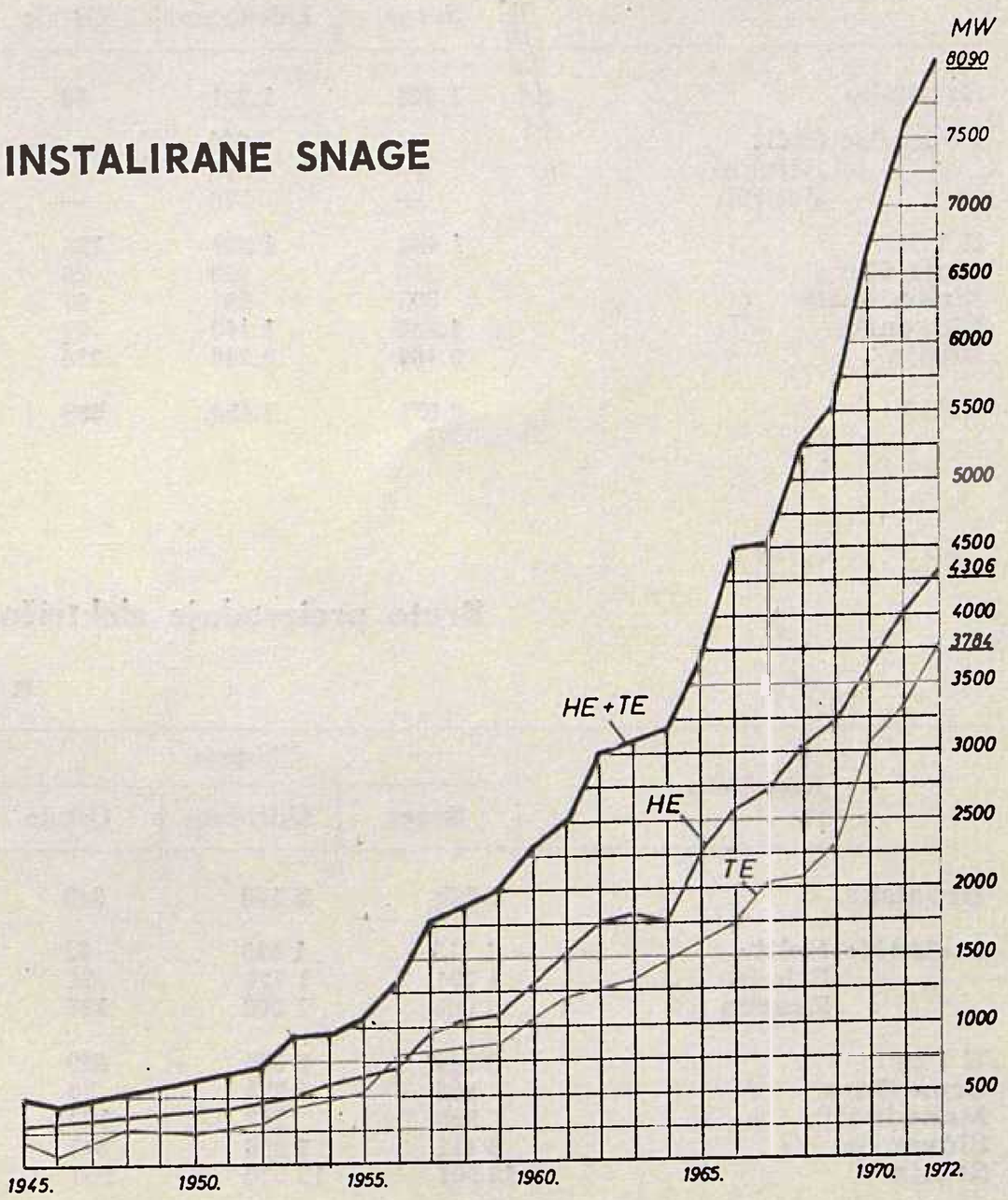
PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE

Razvoj instalirane snage i bruto proizvodnje električne energije u Jugoslaviji

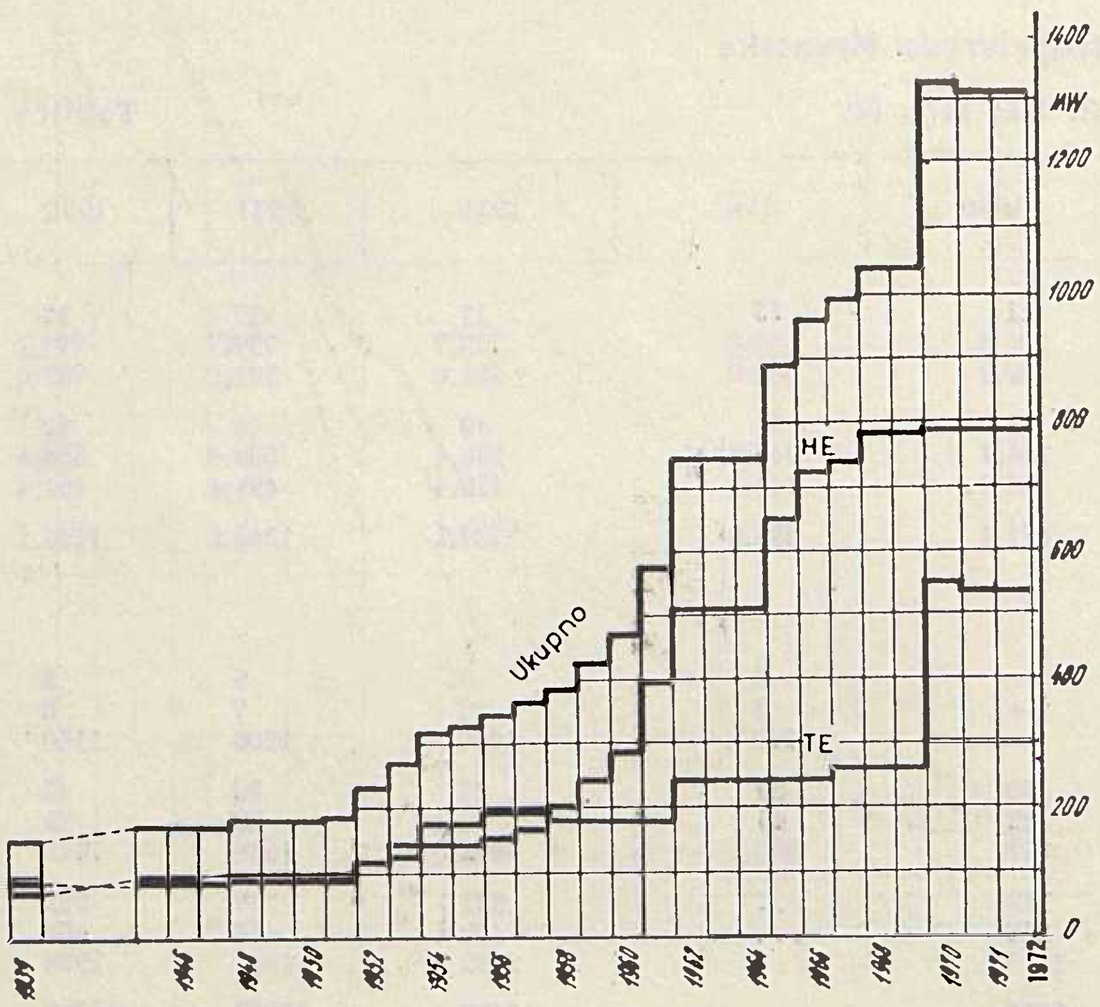
[4]

Tablica 2

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	505	174	331	1 174	567	607
1945	524	211	313	817	316	501
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
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	33 231	17 982	15 249



Sl. 1 Razvoj instaliranih snaga u SFRJ 1945—1972.



Sl. 2 Razvoj instalirane snage u elektranama Hrvatske

Razvoj instalirane snage i bruto proizvodnje električne energije u Hrvatskoj

[4] Tablica 3

Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10^6 kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	158	72	86	419	249	170
1945	178	97	81	171	79	92
1946	177	93	84	266	130	136
1947	173	89	84	378	179	199
1948	188	89	99	497	301	196
1949	188	89	99	524	297	227
1950	188	89	99	577	326	251
1951	188	89	99	596	379	217
1952	235	117	118	628	412	216
1953	270	149	121	716	458	258
1954	321	173	148	815	461	354
1955	327	179	148	1 021	587	434
1956	347	192	155	1 006	564	442
1957	365	196	169	1 074	638	436
1958	381	200	181	1 168	670	498
1959	429	248	181	1 396	851	545
1960	470	289	181	1 671	1 197	474
1961	576	397	179	1 555	1 103	452
1962	746	505	241	2 339	1 913	426
1963	746	505	241	3 000	2 224	776
1964	746	505	241	2 914	2 068	846
1965	890	649	241	3 391	2 609	782
1966	962	721	241	4 000	3 257	743
1967	999	739	260	3 963	3 184	779
1968	1 035	775	260	4 094	3 304	790
1969	1 035	775	260	4 528	3 980	548
1970	1 393	798	595	4 622	3 656	966
1971	1 393	798	595	4 957	3 232	1 725
1972	1 363	798	565	5 500	3 718	1 782

Instalirane snage elektrana 1972. po republikama

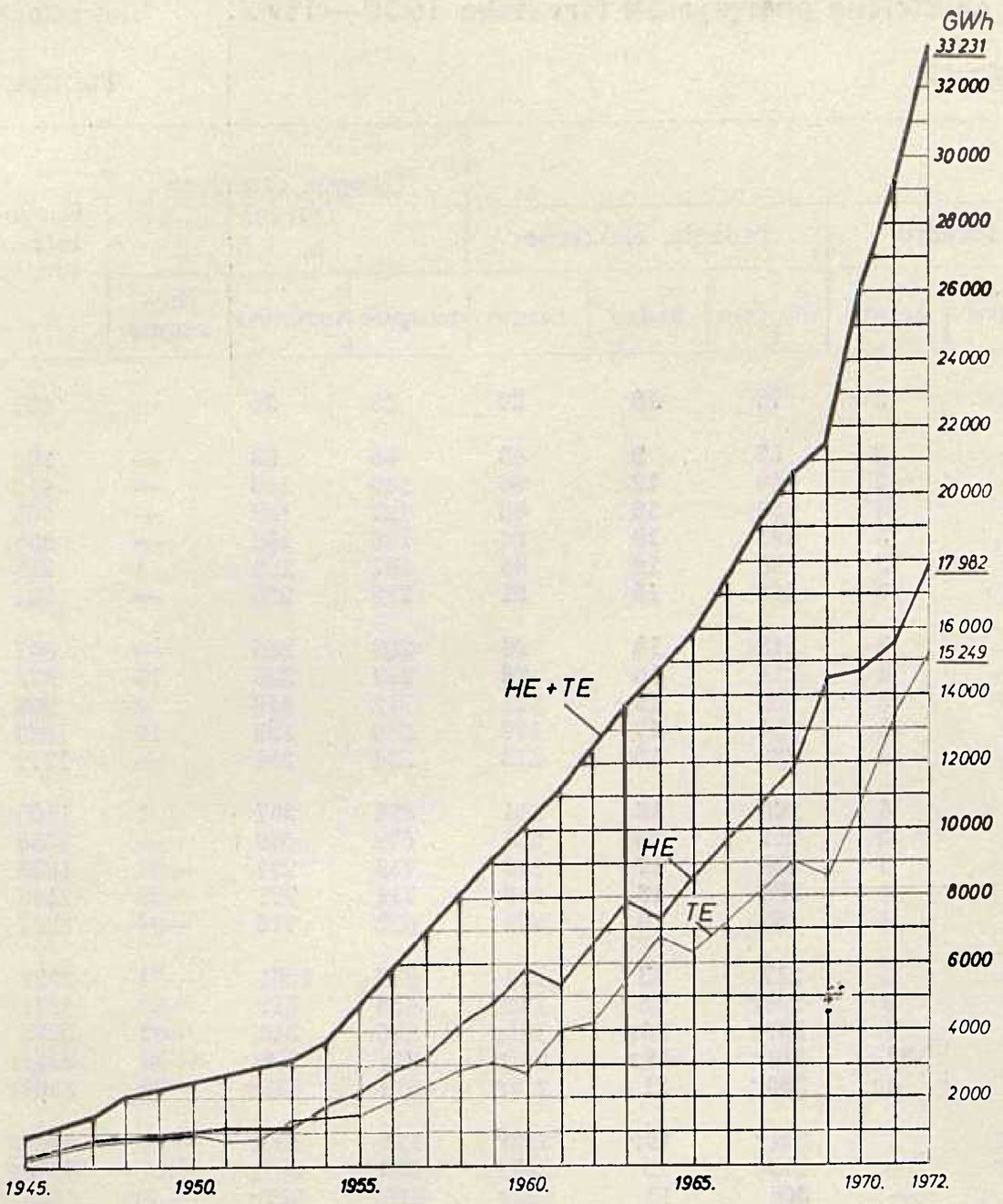
u MW [1] Tablica 4

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
Hrvatska	1.324	1.231	93	777	761	16	547	470	77
Područje Split	—	350	—	—	350	—	—	—	—
Rijeka	—	505	—	—	363	—	—	142	—
Zagreb	—	376	—	—	48	—	—	328	—
B i H	1.454	1.329	125	722	706	16	732	623	109
Crna Gora	218	190	28	197	190	7	21	—	21
Makedonija	325	267	57	285	268	17	40	—	40
Slovenija	1.263	1.186	77	533	505	28	730	681	49
Srbija	3.467	3.249	218	1.771	1.743	28	1.696	1.506	190
SFRJ	8.051	7.453	598	4.285	4.173	112	3.766	3.280	486

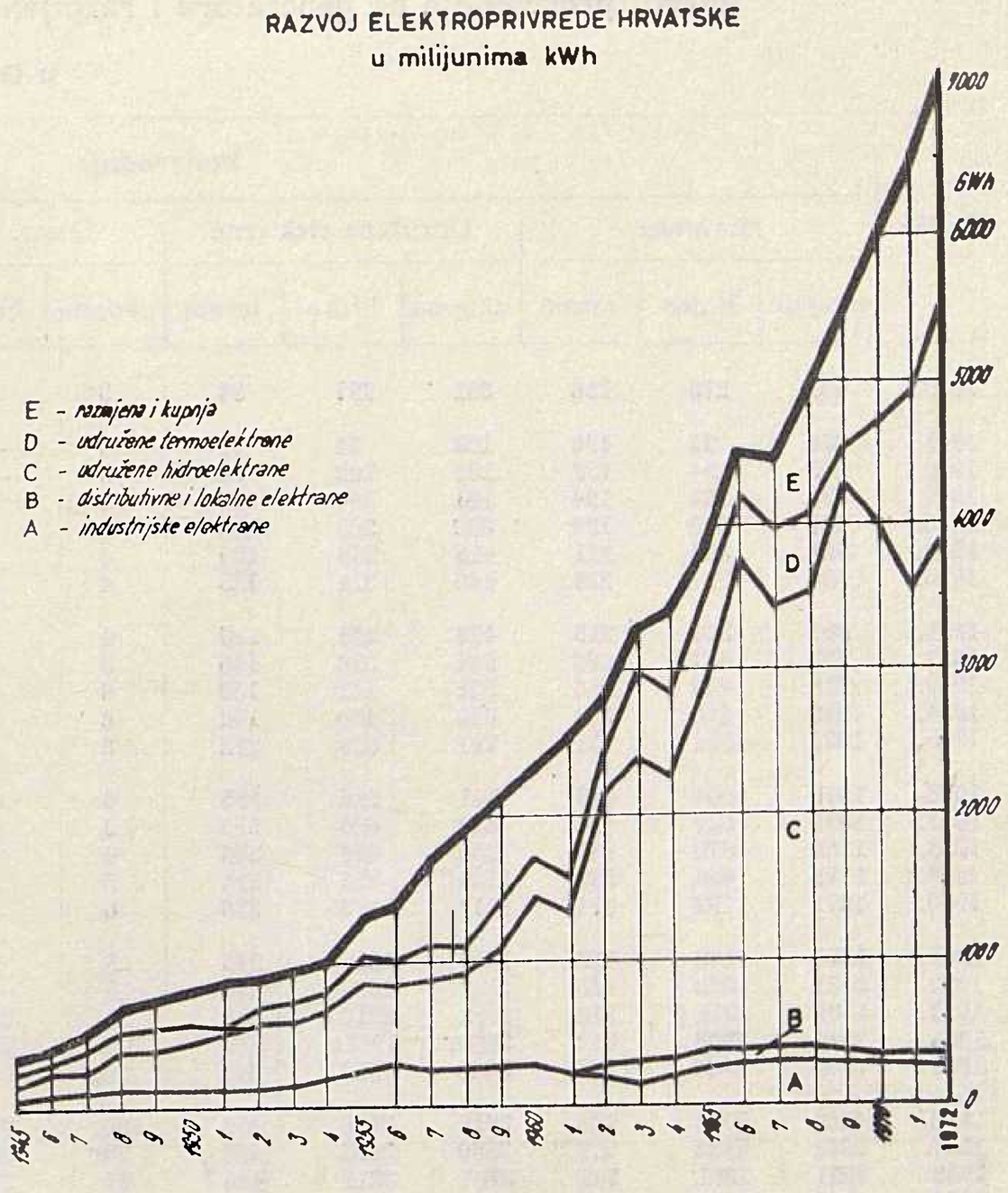
Bruto proizvodnja električne energije 1972. po republikama

u GWh [1] Tablica 5

Republika	Ukupno			Hidroelektrane			Termoelektrane		
	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale	Svega	Udružene	Ostale
Hrvatska	5 509	5 166	343	3 727	3 632	95	1 782	1 534	248
Područje Split	1 715	1 643	72	1 698	1 643	55	17	—	17
Rijeka	1 794	1 720	74	1 357	1 348	9	437	372	65
Zagreb	2 000	1 803	197	672	641	31	1 328	1 162	166
B i H	6 544	5 885	659	3 132	3 021	111	3 412	2 864	548
Crna Gora	865	775	90	797	775	22	68	—	68
Makedonija	920	742	178	825	742	83	95	—	95
Slovenija	5 411	5 066	345	2 554	2 411	140	2 857	2 652	205
Srbija	13 991	13 030	961	6 956	6 861	95	7 035	6 169	866
SFRJ	33 240	30 664	2 576	17 991	17 445	546	15 249	13 219	2 030



Sl. 3 Kretanje ukupne proizvodnje električne energije u SFRJ 1945—1972.



Sl. 4 Razvoj elektroprivrede u Hrvatskoj 1945—1972, u GWH [1]

Specifična neto proizvodnja i potrošnja električne energije u Jugoslaviji 1965. do 1972.

kWh po stanovniku [1]

Tablica 6

Područje	1965.		1966.		1967.		1968.		1969.		1970.		1971.		1972.	
	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja	Proizvodnja	Potrošnja
Hrvatska	771r	749r	906r	814r	890r	872r	916r	964r	1 011	1 055	1 036	1 271	1 096	1 317	1 195	1 461
Osijek	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	54	1 007
Rijeka	2 845	1 294	2 541	1 444	2 430	1 609	2 210	1 639	2 460	1 632	2 276	1 856	2 089	1 830	2 030	2 110
Split	618	1 322	2 330	1 356	2 261	1 384	2 560	1 461	2 970	1 524	3 190	2 001	2 457	1 626	3 103	1 841
Zagreb	287	555	308	615	326	679	398	749	341	832	401	1 012	566	1 118	808	1 277
B i H	850	517	915	518	1 015	526	1 201	639	1 255	659	1 466	783	1 640	923	1 626	1 007
Crna Gora	1 692	551	1 766	567	1 572	582	1 769	720	2 060	786	1 891	1 114	1 637	1 160	1 582	2 212
Makedonija	389	518	418	580	513	659	436	965	550	1 105	748	1 207	734	1 505	540	1 484
Slovenija	2 177	1 927	2 137	2 089	2 197	2 194	2 354	2 451	2 600	2 520	2 075	2 803	2 472	2 962	2 927	3 096
Srbija	506	484	587	532	694	598	778	718	807	775	972	973	1 297	1 079	1 547	1 199
SFRJ	796	679	870	733	937	794	1 024	883	1 100	978	1 216	1 168	1 379	1 305	1 521	1 427

Specifična bruto proizvodnja električne energije u Jugoslaviji po stanovniku

kWh po stanovniku [4]

Tablica 7

Godina	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
1939	75	...	...	...	...	...	...
1946	75	...	...	...	...	...	...
1950	147	91	15	130	37	636	89
1955	247	219	59	253	94	1 014	132
1960	484	561	304	404	295	1 692	290
1965	796	850	1 693	792	389	2 177	506
1966	870	916	1 676	928	418	2 137	585
1967	937	1 015	1 571	913	513	2 197	694
1968	1 024	1 201	1 769	938	436	2 354	778
1969	1 149	1 302	2 101	1 033	563	2 721	865
1970	1 268	1 435	1 818	1 051	754	2 844	1 043
1971	1 439	1 702	1 679	1 121	727	2 573	1 381
1972	1 600	1 714	1 604	1 238	548	3 108	1 638

Razvoj proizvodnje na generatoru i razmjene električne energije SR Hrvatske 1939—1972.

u GWh [1] Tablica 8

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

* Od 1965. uključeno 22% sistema HE Trebišnjice

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Međurepublička razmjena električne energije 1972.

u MWh [4] Tablica 9

Primila / Predala	Ukupno	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Ukupno	4,373.569	97.467	299.577	1,660.544	1,605.634	622.945	87.402
B i H	2,027.194	—	3.406	1,523.914	—	477.990	21.884
Crna Gora	152.434	21.479	—	39.065	—	42.630	49.260
Hrvatska	155.356	63.139	—	—	—	92.187	30
Makedonija	16.228	—	—	—	—	—	16.228
Slovenija	95.400	—	—	95.400	—	—	—
Srbija	1,926.957	12.849	296.171	2.165	1,605.634	10.138	—

Razmjena između područja unutar Hrvatske

u MWh [1] Tablica 10

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

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

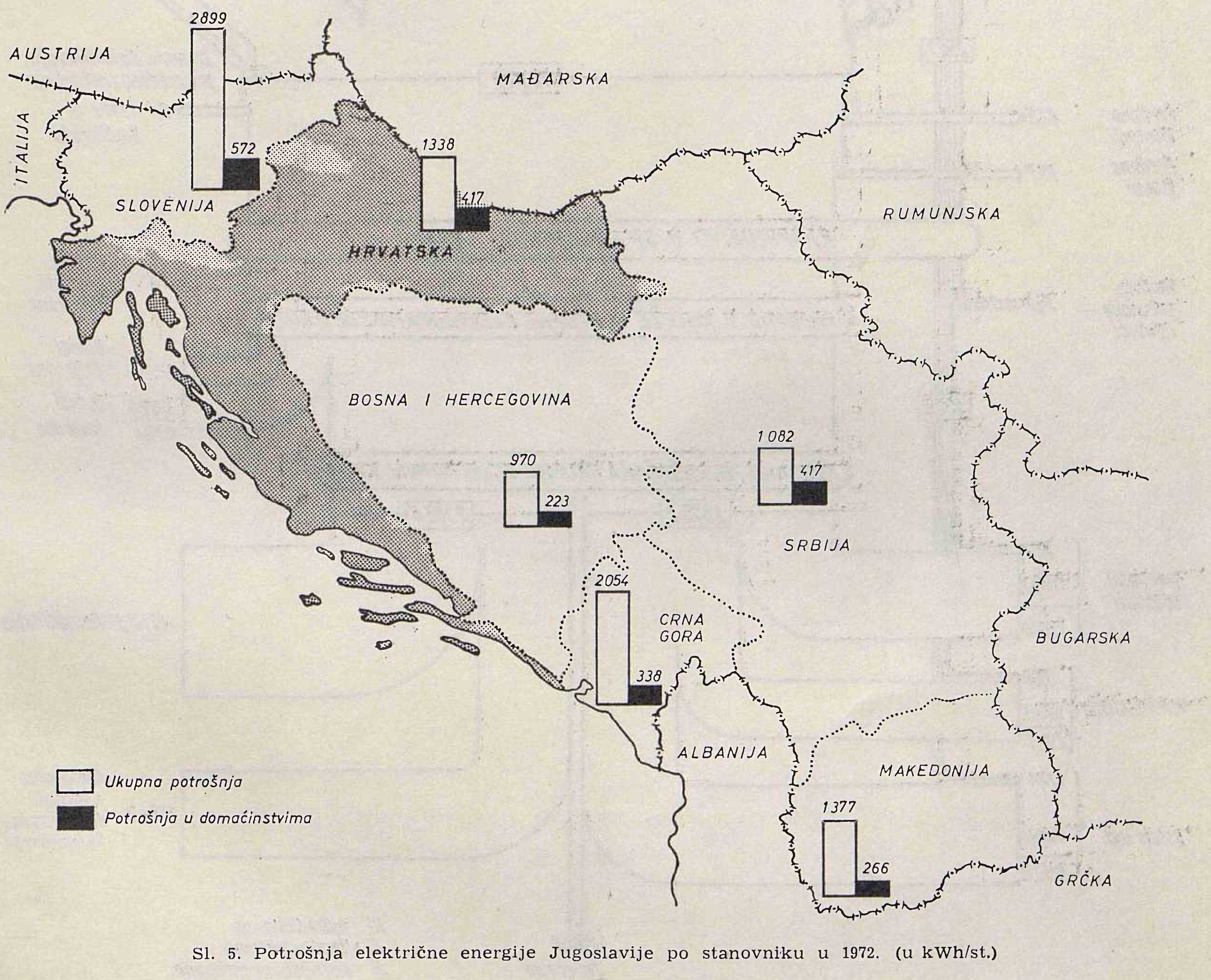
Razvoj razmjene električne energije SRH

[2]

Tablica 11

Razmjena	1960.		1965.		1970.		1971.		1972.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Nabava iz Slovenije	452,5		567,7		324,8		33,3		95,4	
Predaja u Sloveniju	—		177,6		422,0		868,9		92,2	
Saldo	*+452,5*	*+ 72,7*	*390,1*	*+ 98,7*	*— 97,2*	*— 7,4*	*—835,6*	*— 56,9*	*+ 3,2*	*+ 0,2*
Nabava iz Bosne	473,9		458,9		1254,8		2371,0		1565,1	
Predaja u Bosnu	210,4		415,7		71,2		62,6		63,2	
Saldo	*+263,5*	*+ 42,4*	*43,2*	*+ 10,9*	*+1453,6*	*+111,1*	*+2308,4*	*+157,3*	*1501,9*	*+ 99,8*
Nabava iz inozemstva	—		—		0,1		0,1		—	
Predaja u inozemstvo	94,0		38,0		48,1		5,2		0,1	
Saldo	*— 94,0*	*— 15,1*	— 38,0	— 9,6	*— 48,0*	*— 3,7*	*— 5,1*	*— 0,4*	*— 0,1*	*— 0,0*
Ukupno nabava	926,4		1026,6		1849,7		2404,4		1660,5	
Izvoz i predaja	304,4		631,3		541,3		936,7		155,5	
Saldo razmjene	*+622,0*	*100,0*	*395,3*	*100,0*	*1308,4*	*100*	*1467,7*	*100,0*	*+1505,0*	*100,0*

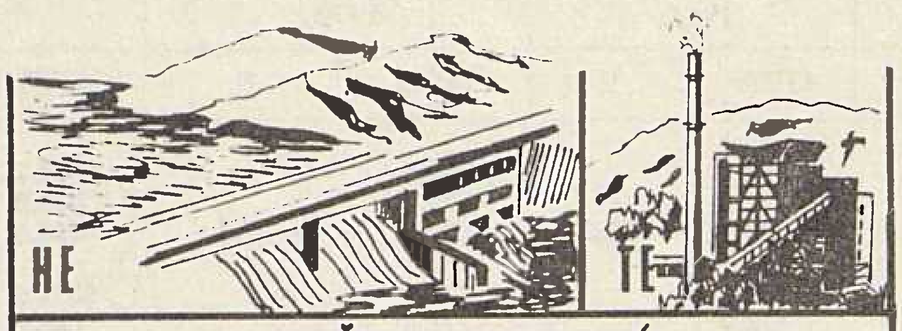
U tablici je sadržana razmjena na svim naponima.



Sl. 5. Potrošnja električne energije Jugoslavije po stanovniku u 1972. (u kWh/st.)

TOK ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ 1972

milijuna kilovatsati



Industrijske
Distributivne
Slovenija
Bosna
Madžarska

I
D
U

UDRUŽENA PODUZEĆA
NABAVA

Proizvedeno u SRH
263,2
79,8

3632,5
1533,7
5166,2
5509,2
95,6
1611,6
1707,2

SVEGA PROIZVEDENO I NABAVLJENO U SR HRVATSKOJ 7216,4

4,5
258,7
6957,7

Za javnu elektrifikaciju proizvedeno i nabavljeno
0,1 Izvoz u Madžarsku

Predano Sloveniji 92,5
Predano Bosni 96,7

RASPOLOŽIVO U SR HRVATSKOJ 7027,1

Vlastita potrošnja i gubici 24,8
165,6 Vlastiti potrošak elektrana

PREDANO U MREŽE UKUPNE ELEKTROPRIVREDE 6602,8

333,4 Gubici prijenosa
487,4 / 820,8 Gubici razdiobe

233,9

PREDANO POTROŠAČIMA UKUPNE ELEKTROPRIV. 5782,0

2835,2
2766,6

Specijalni potrošači: 28,1 / 1089,3 / 1117,4
Veleindustrija: 78,4 / 620,3 / 698,7
Ostala ind.: 127,4 / 1125,6 / 1253,0

1772,3 Domaćinstva
994,3 Komunalna potrošnja, Malopotrošnja, Poljoprivreda

180,2 Željeznice

HE = hidroelektrane
TE = termoelektrane
D = distributivne elektrane
U = uvoz
I = industrijske elektrane

Sl. 6 Tok električne energije u 1972.

POTROŠNJA I BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Bilanca proizvodnje i potrošnje električne energije u Jugoslaviji

u GWh [4] Tablica 12

	1960.	1965.	1970.	1971,	1972.
Proizvodnja na generatoru	8 962	15 523	26 023	29 509	33 231
Potrošnja u elektranama	317	643	1 256	1 484	1 435
Proizvodnja na pragu elektrane	8 645	14 880	24 767	28 025	31 796
U v o z	30	498	361	104	277
Gubici prijenosa i razvoda	1 221	2 016	2 980	3 220	3 613
Raspoloživo za potrošnju	7 453	13 362	22 148	24 909	28 460
I z v o z	123	104	152	266	905
Domaćinstva (osvjetljenje i aparati)	1 271	2 876	6 082	6 911	7 674
Poslovne i društvene prostorije	259	620	968	871	903
Motori i aparati ostalih potrošača	266	544	928	1 083	1 211
Javna rasvjeta	79	158	242	279	297
Vodovod	121	187	273	310	366
Tramvaji i trolejbusi	56	75	80	73	77
Elektroželježnička vuča	34	103	301	460	591
Poljoprivreda	—	83	168	301	275
Industrija i građevinarstvo	5 245	8 612	12 954	14 355	16 161
Od toga elektrometalurgija i elektrokemija	(1 863)	(3 361)	(5 259)	(5 799	(5 843)

Proizvodnja i potrošnja električne energije Udružene elektroprivrede Hrvatske

u MWh [1] Tablica 13

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Proizvodnja na generatoru	3 039 571	3 615 920	3 580 555	3 707 099	4 154 663	4 362 092	4 606 147	5 166 161
Vlastiti potrošak	78 162	62 693r	64 129r	65 489	51 537	89 996	156 548	164 588
Proizvodnja na pragu	2 961 409	3 553 227r	3 516 426r	3 641 610	4 103 126	4 272 096	4 449 599	5 001 573
Razmjena saldo	+360 938	+163 392	+505 473r	809 595r	+ 900 756	+1 302 564	+1 503 437	+1 505 112
sa Slovenijom	+389 969	—158 216	—249 712	— 326 471	— 153 510	— 99 675	— 960 733	+ 3 213
sa Bosnom	+ 10 347	+337 897	+741 292r	+1 137 522r	+1 070 816	+1 450 290	+2 534 449	+1 501 975
sa inozemstvom	— 39 377	— 16 289	+ 13 893	— 1 459	— 16 550	— 48 051	— 70 279	— 76
Nabava od:								
distributivnih elektrana	9 109	—	—	—	—	—	—	—
industrijskih elektrana	12 072	—	6 365	—	6 375	2 842	4 804	—
Razmjena i nabava, ukupno	382 119	163 392	511 838r	809 595r	907 131	1 305 406	1 508 241	1 505 112
U k u p n o r a s p o l o ž i v o	3 343 528	3 716 619r	4 028 264r	4 451 205r	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685
Predano:								
distributivnim poduzećima	2 512 910	2 755 609	3 026 526r	3 319 450r	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416
direktnim potrošačima	602 152	726 699	790 811	907 025	1 002 755	1 088 536	1 084 034	1 191 871
Svega predano	3 115 062	3 482 308r	3 817 337	4 226 475r	4 729 264	5 307 645	5 680 372	6 173 287
Gubici u prijenosu na 220 i 110 kV	228 466	234 311r	210 927r	224 730r	280 993	269 857	277 468	333 398
U k u p n o p r e d a n o	3 343 528	3 716 619	4 028 264	4 451 205	5 010 257	5 577 502	5 957 840	6 506 685

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

Bilanca proizvodnje i potrošnje električne energije distributivnih poduzeća Hrvatske

u GWh [1] Tablica 14

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Proizvodnja distrib. elektrana								
— ukupno na generatoru	89 700r	76 593r	69 691r	77 463	84 514	73 394	65 776	79 834
od toga HE	86 005r	74 021r	69 670r	77 442	84 335	73 394	65 776	79 834
TE	3 695r	2 572	21r	21	179	—	—	—
Vlastiti potrošak, ukupno	1 912r	1 567	989r	1 415	1 236	1 270	1 305	968
od toga HE	1 665r	1 339	989r	1 415	1 236	1 270	1 305	968
TE	247	228	2r	—	—	—	—	—
Neto proizvodnja: HE	84 340r	72 682r	68 683r	76 027	89 099	72 124	64 471	78 866
TE	3 448r	2 344	19r	21	179	—	—	—
Svega na pragu	87 788r	75 026	68 702	76 048	83 278	72 124	64 471	78 866

nastavak tablice 14

Godine	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Nabava od:								
udruž. poduzeća	2 512 910	2 755 609	3 026 526	3 319 450r	3 726 509	4 219 109	4 596 338	4 981 416
saldo direktne nabave	19 063r	13 298r	10 932r	10 121r	7 029	8 891	9 850	17 250
Ukupna nabava	2 531 973r	2 768 907r	3 037 458r	3 329 571r	3 733 538	4 228 000	4 606 218	4 998 666
U k u p n o r a s p o l o ž i v o	2 619 761r	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124	4 670 689	5 077 542
Predano potrošačima	2 344 869r	2 507 787r	2 722 628r	3 019 450r	3 390 984	3 794 267	4 188 167	4 590 020
Gubici u mreži distribucije	274 892r	336 146r	383 532r	386 169	425 832	505 857	482 492	487 522
Ukupno predano:	2 619 761r	2 843 933r	3 106 160r	3 405 619r	3 816 816	4 300 124	4 670 659	5 077 542

Struktura potrošnje električne energije u Hrvatskoj 1972. po vrstama potrošnje i područjima

(uključeni gubici u distributivnoj mreži)

u MWh [1] Tablica 15

Područje	Industrija		Domaćinstvo	Ostala potrošnja		Gubici u distribut. mreži		Ukupno
	visoki napon	niski napon		Visoki napon	niski napon	MWh	%	
P o t r o š n j a d i s t r i b u c i j e*								
Elektroslavonija Osijek	247 410	9 558	251 300	25 068	77 978	86 519	12,4	697 833
P o d r u č j e O S I J E K	247 410	9 558	251 300	25 068	77 978	86 519	12,4	697 833
Elektroprimorje, Rijeka	214 795	11 093	184 522	21 764	90 502	43 084	7,6	565 760
Elektroistra, Pula	127 593	5 883	103 504	12 928	47 993	26 352	8,1	324 253
Elektrolika, Gospić	16 869	1 229	14 570	1 709	10 023	7 412	14,3	51 812
P o d r u č j e R I J E K A	359 257	18 205	302 596	36 401	148 518	76 848	8,2	941 825
Elektrodalmacija	336 970	21 735	402 364	31 142	177 330	130 065	11,8	1 102 606
P o d r u č j e S P L I T	336 970	21 735	402 364	34 142	177 330	130 065	11,8	1 102 606
Elektra, Zagreb	562 977	53 416	706 501	57 042	435 795	155 760	7,9	1 971 491
Elektra, Karlovac	75 050	2 832	55 860	7 604	23 106	19 755	10,7	184 207
Elektra, Sisak	74 084	2 809	53 689	7 506	22 917	18 575	10,3	179 580
P o d r u č j e Z A G R E B	712 111	59 057	816 050	72 152	481 818	194 090	8,3	2 335 278
S R H — DISTRIBUCIJA	1 655 748°	108 555°	1 772 310	167 763°	885 644°	487 522	9,6	5 077 542
D i r e k t n i p o t r o š a č i								
P o d r u č j e O S I J E K	—			63 689				63 689
P o d r u č j e S P L I T	42 974			—				42 974
P o d r u č j e R I J E K A	647 327			5 676				653 003
P o d r u č j e Z A G R E B	376 358			55 847				432 205
S R H — DIREKTNI	1 066 659			125 212				1 191 871
Ukupan potrošak ukupne elektroprivrede								
Područje OSIJEK	247 410			88 757				761 522
Područje SPLIT	402 231			36 401				984 799
Područje RIJEKA	984 297			39 818				1 755 609
Područje ZAGREB	1 088 469			127 999				2 767 483
S v e g a	2 722 407	108 555	1 772 310	292 975	885 644	487 522		6 269 413
Ukupno po vrstama potroška u %	43,4	1,7	28,3	4,7	14,1	7,8		100,0
Potrošak industrije iz vlastite potrošnje								
Područje OSIJEK		42 883						42 883
Područje SPLIT		59 393						59 393
Područje RIJEKA		24 466						24 466
Područje ZAGREB		111 396						111 396
S R H — INDUSTR. ELEKTRANE		238 138						238 138
Ukupan potrošak u Republici, uključivo gubici u distributivnoj mreži								
Područje OSIJEK							12,4	804 405
Područje SPLIT							16,0	1 044 192
Područje RIJEKA							27,4	1 780 075
Područje ZAGREB							44,2	2 878 879
S V E G A	2 722 407	346 693	1 772 310	292 975	885 644	487 522		
S R H — SVEUKUPNO PO VRST. POTROŠKA	3 069 100		1 772 310	1 178619		487 522		6 507 551
— u postocima %	47,2		27,2	18,1		7,5		100,0

Razvoj neto specifične proizvodnje i potrošnje SR Hrvatske

[1]

Tablica 16

Godina	Stanovništvo × 1000	Proizvodnja u Hrvatskoj GWh	Potrošnja u Hrvatskoj GWh	Specifična proizvodnja kWh/stanovnik	Specifična potrošnja kWh/stanovnik
1939.	4 062	432	422	106	104
1945.	3 674*	224	255	61	69
1946.	3 722*	273	342	73	92
1947.	3 758	379	435	101	126
1948.	3 700	497	565	131	149
1949.	3 820	524	627	137	164
1950.	3 851	556	669	144	174
1951.	3 882	591	732	152	188
1952.	3 913	623	741	159	189
1953.	3 946	716	783	181	198
1954.	3 978	810	844	204	212
1955.	4 013	1 025	1 076	255	268
1956.	4 040	1 007	1 180	249	292
1957.	4 067	1 076	1 404	264	345
1958.	4 089	1 169	1 577	268	384
1959.	4 115	1 392	1 767	338	429
1960.	4 140	1 671	1 943	404	469
1961.	4 169	1 555	2 132	373	511
1962.	4 198	2 234	2 380	555	567
1963.	4 229	2 948	2 853	697	677
1964.	4 252	2 793	2 903	657	683
1965.	4 281	3 308	3 204	772	749
1966.	4 312	3 903	3 508	906	814
1967.	4 340	3 861	3 783	889	872
1968.	4 364	3 996	4 200	917	964
1969.	4 406	4 447	4 650	1 009	1 055
1970.	4 411	4 692	5 596	1 043	1 269
1971.	4 376	4 767	5 998	1 096	1 371
1972.	4 450	5 319	6 503	1 195	1 461

* Procjena stanovništva za ove dvije godine provedena grafičkom ekstrapolacijom.
Stanovništvo prema podacima Statističkog godišnjaka Elektroprivrede SFRJ 1970., Beograd.

Bilanca električne energije udružene Jugoslavenske elektroprivrede 1972.

u MWh [4]

Tablica 17

	Elementi energetske bilance	SFRJ	B i H	Crna Gora	Hrvatska	Makedonija	Slovenija	Srbija
Proizvodnja i nabava energije	1. Ukupna bruto proizvodnja	30,705.412	5,855.625	774.878	5,166.161	741.742	5,066.640	13,100.366
	a) ukupna proizvodnja udruženih HE	17,452.132	3,028.367	774.878	3,632.530	741.021	2,414.055	6,861.281
	b) ukupna proizvodnja udruženih TE	13,253.280	2,827.258	—	1,533.631	721	2,652.585	6,239.085
	2. Ukupna vlastita potrošnja	1,431.258	274.960	4.881	164.588	2.973	285.274	698.582
	a) vlastita potrošnja HE	79.260	26.470	4.881	15.741	2.803	12.393	16.972
	b) potrošnja za pumpanje vode u akumulacioni bazen	—	—	—	—	—	—	—
	c) vlastita potrošnja TE	1,351.998	248.490	—	148.847	170	272.881	681.610
	3. Ukupna neto proizvodnja	29,274.154	5,580.665	769.997	5,001.573	738.769	4,781.366	12,401.784
	a) neto proizvodnja udruženih HE	17,372.872	3,001.897	769.997	3,616.789	738.218	2,401.662	6,844.309
	b) neto proizvodnja udruženih TE	11,901.282	2,578.768	—	1,384.784	551	2,379.704	5,557.475
	4. Ukupno primljena energija od drugih prijenosnih poduzeća	(4,373.569)	97.467	299.577	1,660.544	1,605.634	622.945	87.402
	5. Ukupno nabavljena energija od distributivnih elektrana	—	—	—	—	—	—	—
	6. Ukupno nabavljena energija od ind. elektrana	884	—	263	—	—	—	621
	7. Ukupan uvoz energije iz inozemstva	277.259	—	108.078	—	31.007	18.905	119.269
	8. Ukupno raspoloživa energija	29,552.297[1]	5,678.132	1,177.915	6,662.117	2,375.410	5,423.216	12,609.076
Raspodjela energije	9. Ukupno prodana energija drugim prijenosnim poduzećima	(4,373.569)	2,027.194	152.434	155.356	16.228	95.400	1,926.957
	10. Ukupno prodano distributivnim poduzećima	19,900.904	2,176.283	430.406	4,981.416	1,049.150	3,331.481	7,932.168
	11. Ukupno prodano direktnim potrošačima	7,149.739	1,040.398	571.008	1,191.871	1,243,799	1,725.817	1,376.846
	12. Ukupan izvoz energije u inozemstvo	905.522	175.085	787	76	25.484	127.012	577.078
	13. Ukupno isporučena energija	27,956.165[1]	5,418.960	1,154.635	6,328.719	2,334,661	5,279.710	11,813.049
	14. Gubici energije u prijenosu	1,596.132	259.172	23.280	333.398	40,749	143.506	796.027

Potrošnja električne energije u Hrvatskoj

[2]

Tablica 18

Potrošači	1960.		1965*		1970.		1971.		1972.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Elektrokemija	183,6	8,0	230,1	6,1	494,8	8,2	456,1	7,1	533,8	7,6
Elektrometalurgija	289,7	12,6	270,6	7,1	326,0	5,4	321,1	5,0	345,5	4,9
Ostali ind. dir. pot.	95,8	4,2	101,5	2,7	180,7	3,1	191,6	2,9	179,9	2,6
Dir. ind. potr. ukupno	569,1	24,8	602,2	15,9	1001,5	16,7	968,8	15,0	1059,2	15,1
Neindustr. dir. potroš.	—	—	—	—	87,0	—	115,4	—	132,7	—
Ugljenokopi	21,1	0,9	6,2	0,1						
Cementare	117,2	5,1	116,0	3,1	1333,3	22,2	1552,4	24,1	1776,0	25,3
Ostala industrija	333,4	14,5	871,3	20,6						
Industr. vlast. snabd.	212,4	9,3	(279,6)	—	250,9	4,2	271,3	4,2	258,7	3,6
Ukupna industrija	*1253,2*	*54,6*	*1505,7*	*39,7*	*2585,7*	*43,1*	*2792,5*	*43,3*	*3093,9*	*44,0*
Električne željeznice	20,7	0,9	53,5	1,4	140,0	2,3	169,9	2,6	180,2	2,5
Domaćinstva	409,2	17,8	842,6	22,3	1496,8	24,9	1637,9	25,3	1772,3	25,2
Komunalna potrošnja	165,2	7,2	148,8	3,9						
Poljoprivreda	9,1	0,4	16,0	0,5	911,1	15,2	943,3	14,6	994,3	14,1
Ostali	67,5	3,0	380,5	10,0						
Široka potrošnja	651,0	28,4	1441,4	38,1	2407,9	40,1	2581,2	39,9	2766,6	39,3
Ukupno potrošači	*1924,9*	*83,9*	*2947,1*	*77,8*	*5133,6*	*85,5*	*5543,6*	*85,8*	*6040,7*	*86,0*
Vlastita potrošnja	61,5	2,7	76,5	2,0	91,3	1,5	157,8	2,4	165,6	2,4
Gubici razvoda	175,9	7,7	274,9	7,3	505,9	8,5	482,5	7,5	487,7	6,9
Potrošnja u SRH	*2162,3*	*94,3*	*3298,5*	*87,1*	*5730,8*	*95,5*	*6183,9*	*95,7*	*6693,7*	*95,3*
Gubici prijenosa	131,0	5,7	487,7*	12,9	269,9	4,5	277,5	4,3	333,4	4,7
Raspoloživo bruto	*2293,3*	*100,0*	*3786,2*	*100,0*	*6000,7*	*100,0*	*6461,4*	*100,0*	*7027,1*	*100,0*

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

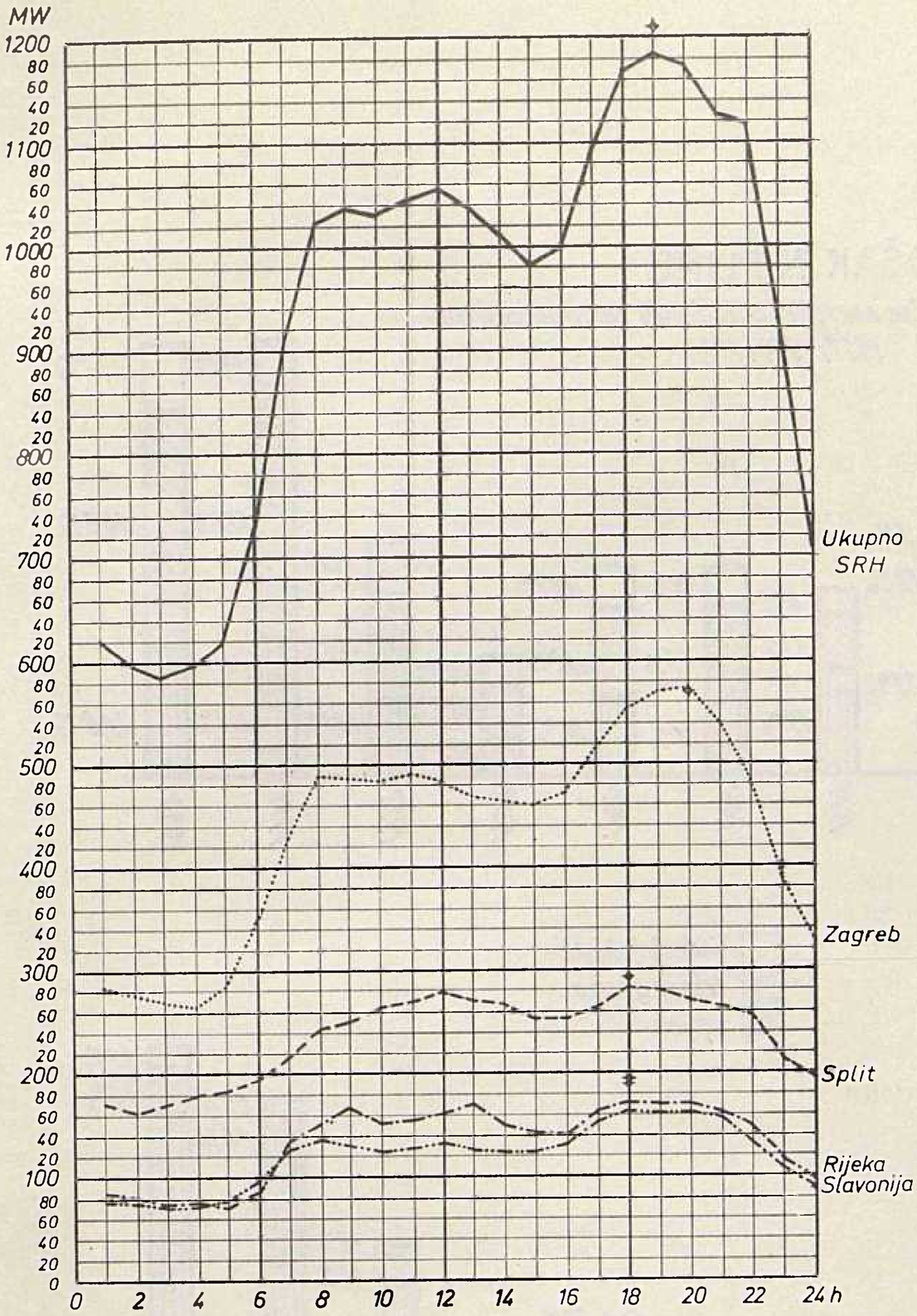
Potrošnja električne energije SR Hrvatske prema tehnološkoj namjeni[1]

u MWh [3]

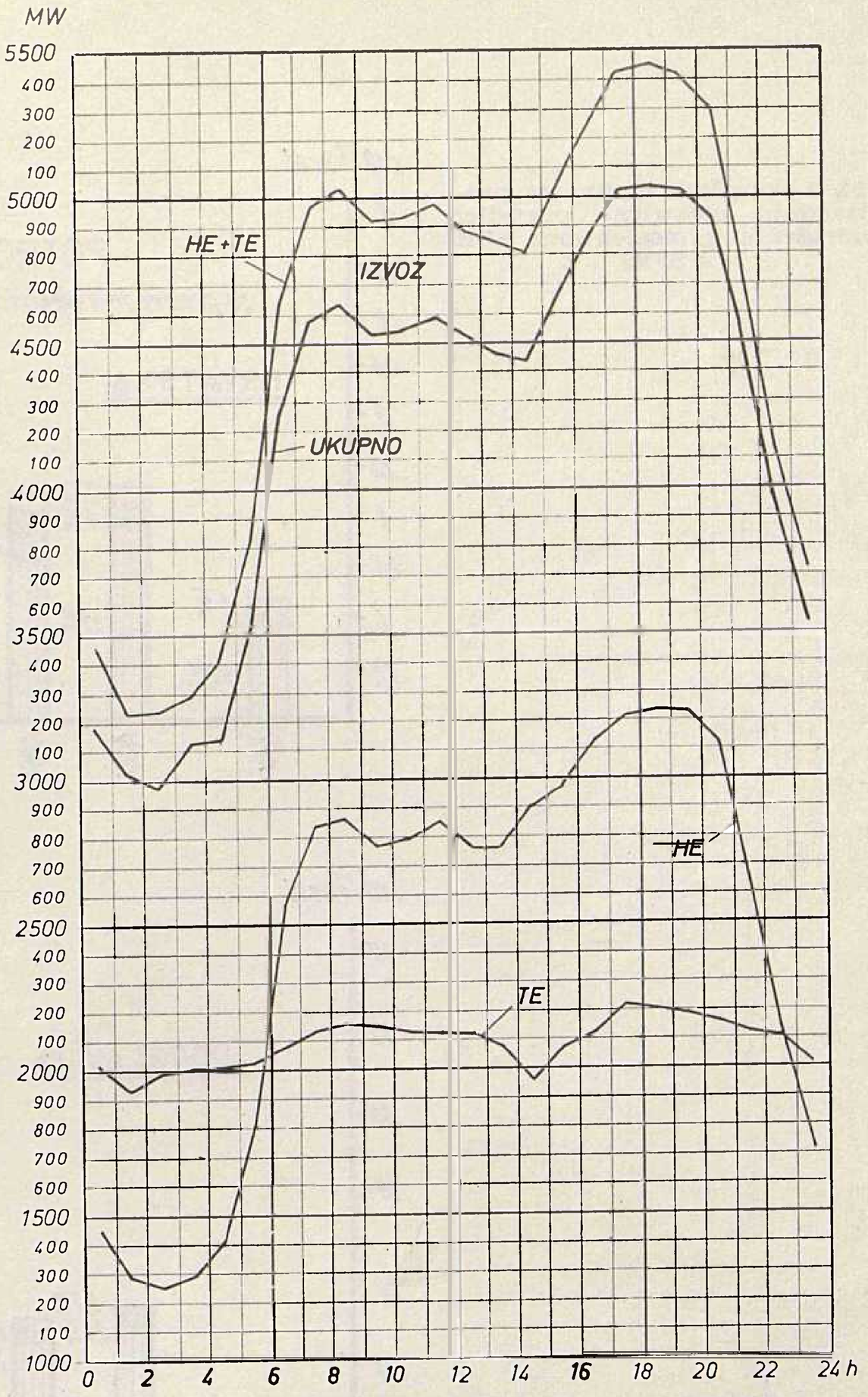
Tablica 19

		Ukupno	Za termičke svrhe	Za elektrolizu i galvanizaciju	Za elektromotore	Ostalo
1962.		1 473 000	288 000	239 000	870 000	...
1963.		1 706 000	362 000	249 000	1 011 000	...
1964.		1 848 000	387 000	161 000	1 199 000	...
UKUPNO	1965.	1 954 747	401 992	153 412	1 284 849	114 494
Elektroenergija		83 735	3 540	—	73 546	6 649
Ugljen i prerađevine		97 728	368	—	95 489	1 871
Nafta i prerađevine		82 609	230	—	74 715	7 664
Crna metalurgija		90 154	21 998	—	62 296	5 860
Obojena metalurgija		258 310	114 760	101 648	40 404	1 498
Nemetali		43 442	14 170	33	27 339	1 900
Metalna industrija		146 285	39 510	4 422	86 281	16 072
Brodogradnja		57 535	2 150	20	50 564	4 801
Elektroindustrija		33 705	6 899	1 187	21 343	4 276
Kemijska industrija		350 874	181 748	45 187	117 840	6 099
Građevni materijal		165 520	1 617	—	159 291	4 612
Drvna industrija		64 457	1 114	1	57 339	6 003
Industrija papira		99 906	160	—	92 270	7 476
Tekstilna industrija		159 429	6 748	—	134 038	18 643
Industrija kože i obuće		18 478	275	156	16 387	1 660
Industrija gume		23 620	2 370	24	15 841	5 385
Prehrambena industrija		142 940	2 640	520	128 424	11 356
Grafička industrija		13 368	1 497	84	9 890	1 897
Industrija duhana		1 347	18	—	1 035	294
Filmska industrija		494	—	—	346	148
Rudarska istraživanja		18 624	—	—	18 510	114
Ostala industrija		2 187	180	130	1 661	216
1966.		...	...	...	...	...
1967.		2 119 000	509 000	180 000	1 304 000	125 000
1968.		2 311 000	541 000	176 000	1 468 000	126 000
1969.		2 577 000	550 918	173 758	1 712 317	140 406
UKUPNO	1971.	2 863 931	527 470	149 192	1 997 043	190 226
Elektroenergija		170 053	2 177	—	150 207	17 669
Ugljen i prerađevine		49 053	318	—	48 267	468
Nafta i prerađevine		194 862	2 847	—	179 257	12 758
Crna metalurgija		178 763	60 684	—	105 109	12 970
Obojena metalurgija		297 153	159 491	93 767	40 224	3 671
Nemetali		85 978	45 084	—	37 524	3 370
Metalna industrija		181 406	50 049	5 856	112 134	13 367
Brodogradnja		89 570	3 583	—	81 071	4 916
Elektroindustrija		47 308	8 222	2 615	32 610	3 861
Kemijska industrija		611 811	174 309	44 206	372 342	20 954
Građevni materijal		248 091	730	—	225 727	21 634
Drvna industrija		86 294	905	891	75 148	9 350
Industrija papira		118 699	229	—	107 302	11 168
Tekstilna industrija		213 811	4 715	—	186 897	32 199
Industrija kože i obuće		19 343	1 601	—	16 001	1 741
Industrija gume		39 034	2 299	100	27 755	8 880
Prehrambena industrija		205 139	7 715	1 387	179 532	16 505
Grafička industrija		18 905	2 055	11	13 153	3 686
Industrija duhana		3 059	204	—	2 348	507
Filmska industrija		482	45	—	270	167
Rudarska istraživanja		1 998	—	—	1 821	177
Ostala industrija		3 119	208	359	2 344	208

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



Sl. 7 Dnevni dijagram opterećenja za SRH, Srijeda 15. 12. 1971.



Sl. 8 Dnevni dijagram opterećenja za SFRJ, Srijeda 15. 12. 1971.

POTROŠNJA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

Potrošnja goriva u udruženim termoelektranama Jugoslavije

[4] Tablica 20

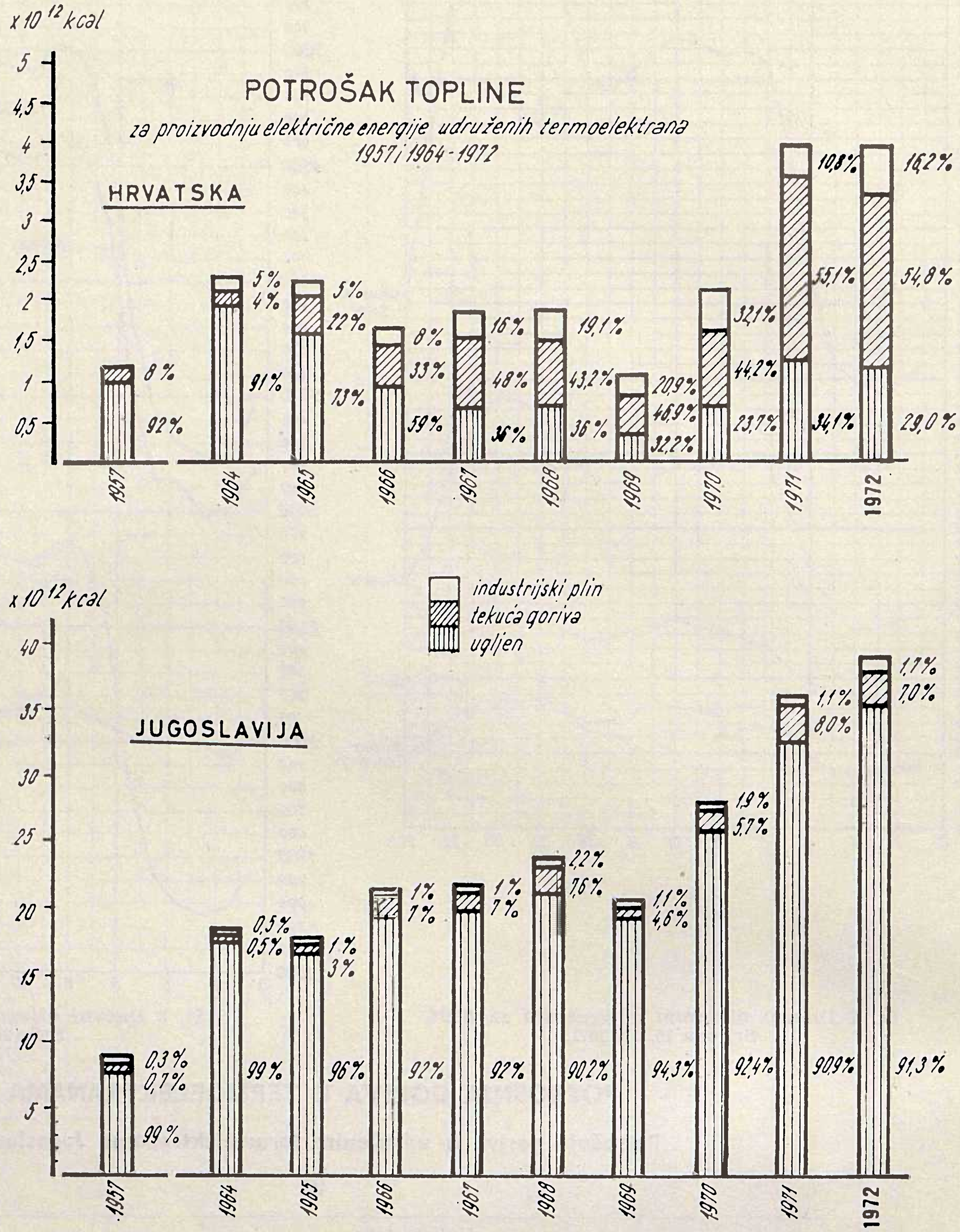
	Ugljen - tona				Tekuća goriva - tona	Prirodni plin u 000 Nm^3
	ukupno	kameni	mrki	lignit		
1960	3 529 182	35 343	1 041 033	2 452 806	4 548	58 861
1965	7 769 741	18 482	1 649 573	6 101 686	49 378	74 285
1966	9 081 378	11 712	1 496 021	7 573 645	154 938	112 849
1967	8 936 287	13 923	1 692 459	7 229 905	148 667	76 858
1968	9 641 152	51 091	1 899 347	7 690 714	184 449	53 529
1969	9 192 455	26 630	1 821 527	7 344 298	102 768	35 823
1970	11 821 034	192 240	2 580 283	9 048 511	203 350	68 556
1971	14 921 590	250 808	2 781 331	11 889 451	284 029	49 619
1972	16 046 143	197 501	2 541 799	13 308 843	273 965	66 051

Potrošnja goriva u udruženim termoelektranama Hrvatske

[2] Tablica 21

Gorivo		1960.	1965.	1970.	1971.	1972.
Ugljen: kameni	t	33 234	12 861	91 484	200 100	170 000
mrki	t	32 143	8 142	—	—	—
lignit	t	391 324	662 196	75 975	92 325	76 000
U k u p n o	t	457 201	683 199	167 459	292 425	246 000
Tekuće gorivo	t	2 854	47 188	96 580	222 797	221 000
Zemni plin	10^3 Nm^3	—	10 746	51 964	42 056	66 000
Svega kalorija	10^6	1 066 130	2 168 020	2 119 571	3 584 848	3 945 000
kcal/kWh — prag		5 193	4 114	2 935	2 465	2 572

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

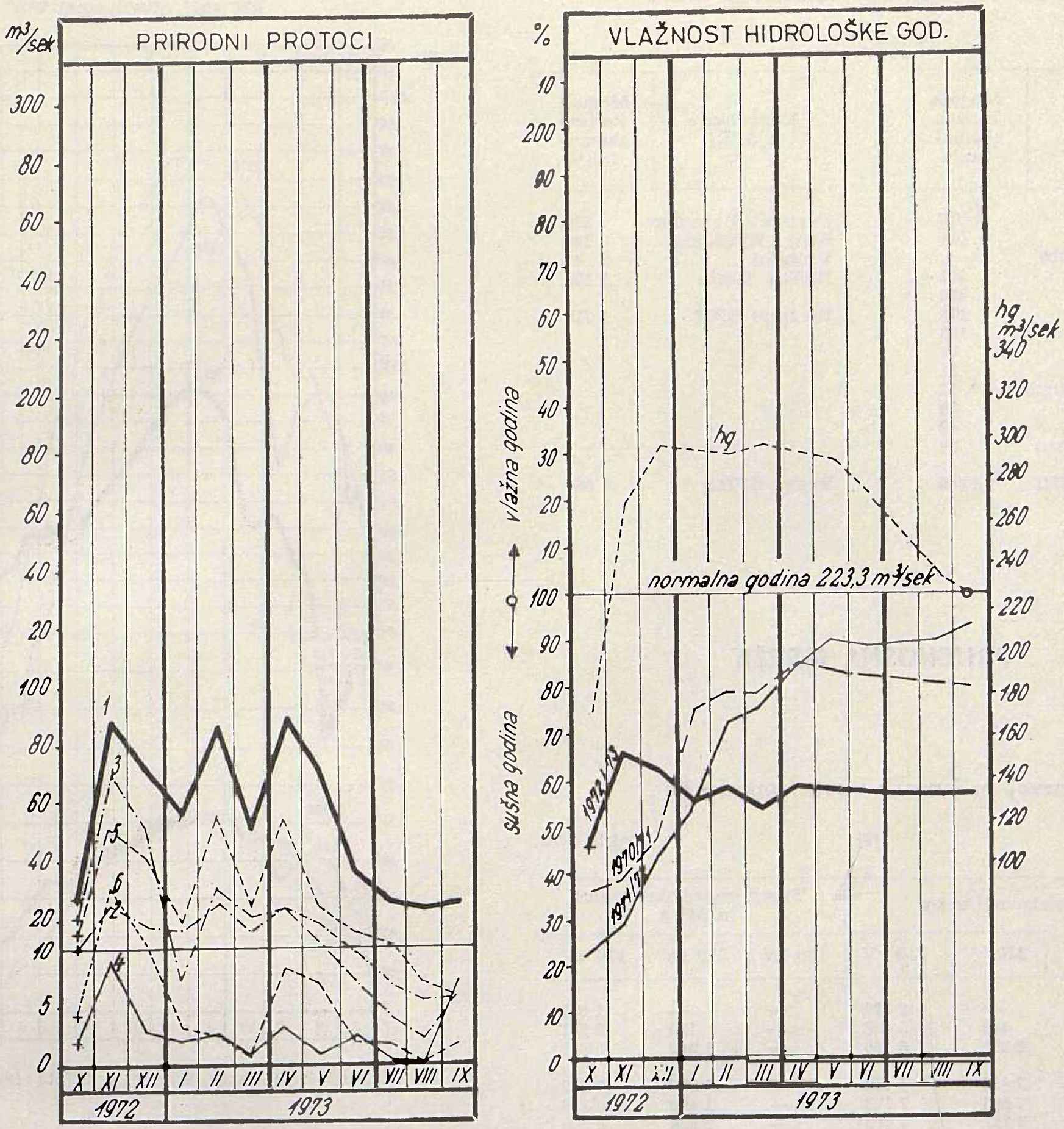


PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA SRH

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

$m^3/sek.$ [1] Tablica 22

Vodotok	God'na	Prosjek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cetina profil Gard. Mlinica	1971.	97,6	242,2	144,0	142,0	190,8	94,3	58,8	24,7	20,6	24,7	23,1	66,8	139,6
	1972.	95,1	182,5	181,4	141,9	163,9	113,1	49,6	39,5	38,0	42,6	27,4	88,3	72,8
	1973.	—	56,3	87,4	50,7	89,4	71,2	37,5	26,3	23,0	25,6	—	—	—
Krka profil Mataše	1971.	19,7	51,1	26,9	24,6	31,5	18,8	18,6	8,5	6,6	6,1	6,3	11,5	26,1
	1972.	21,2	34,1	33,7	28,5	28,7	29,7	16,2	9,9	9,3	12,9	9,9	25,0	17,0
	1973.	—	16,3	26,9	15,3	25,0	18,3	9,7	6,9	5,6	5,7	—	—	—
Mrežnica+Dobra	1971.	22,5	65,3	38,2	36,3	49,8	11,0	15,6	9,5	1,8	2,1	3,5	17,5	18,9
	1972.	47,6	14,6	57,4	42,4	109,0	81,2	17,1	27,2	27,5	50,1	21,2	71,4	52,5
	1973.	—	7,3	29,5	20,7	48,5	11,8	6,9	4,2	2,3	6,1	—	—	—
Ličanka-Lokvarka Križ	1971.	2,0	6,3	1,9	3,1	4,1	1,4	2,3	0,7	0,2	0,2	0,2	2,5	1,5
	1972.	3,2	2,2	4,6	4,4	4,5	4,2	0,4	0,6	1,5	2,4	2,0	9,0	2,6
	1973.	—	2,0	2,8	0,9	3,1	0,7	2,3	0,3	0,1	1,8	—	—	—
Lika i Gacka	1971.	28,3	81,9	51,5	36,6	58,3	26,6	15,6	9,2	7,2	6,0	3,6	14,1	28,8
	1972.	47,1	39,1	123,8	67,2	49,4	97,0	24,8	11,0	9,6	35,5	14,8	52,0	40,6
	1973	—	19,3	56,9	25,2	54,3	25,1	16,6	10,3	6,7	5,8	—	—	—
Rječina	1971.	6,1	13,6	5,6	10,1	16,0	7,2	6,8	0,9	0	—	2,1	7,9	2,9
	1972.	9,2	3,9	5,1	11,0	12,8	21,6	2,1	1,7	2,2	3,1	4,3	30,5	11,5
	1973.	—	3,3	2,6	0,8	8,3	6,7	1,7	1,5	0,2	7,6	—	—	—



Sl. 10 Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1972/1973.

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

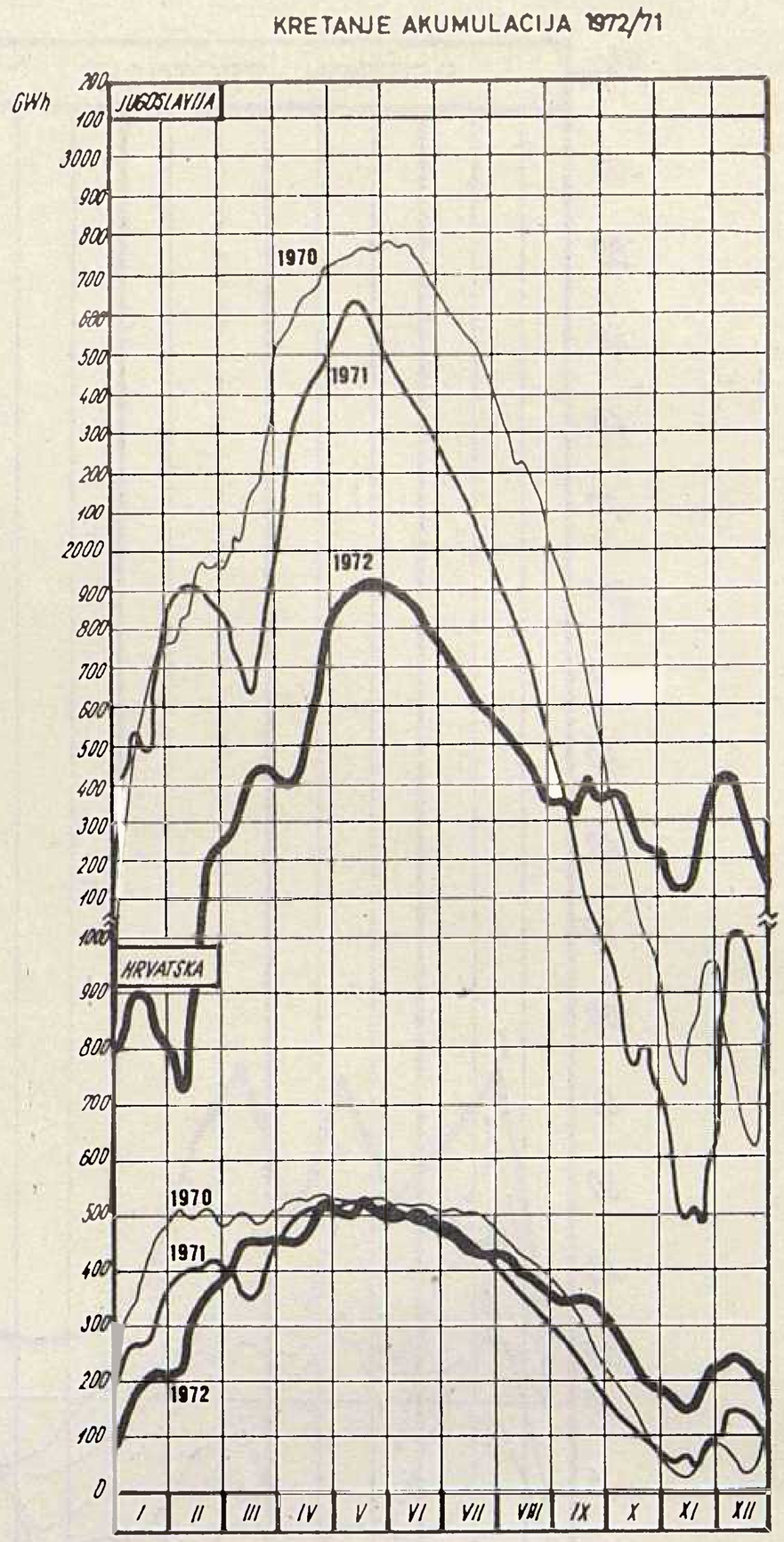
Vlažnost	Hidrološke godine 1971/72			Hidrološke godine 1972/73		
Vodotok	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %	Zimsko razdoblje %	Ljetno razdoblje %	Godišnje razdoblje %
Cetina	85,6	102,6	91,3	44,3	62,7	50,5
Krka	70,4	88,6	77,1	55,0	59,7	56,8
Dobra-Mrežnica	59,6	239,2	120,6	78,9	60,8	72,9
Ličanka-Lokvarka	45,5	92,0	60,0	58,2	56,0	57,5
Lika-Gacka	73,7	151,0	96,3	55,7	76,1	62,4
Rječina	49,5	72,3	60,4	79,3	42,6	62,3
Ukupno	75,6	126,0	92,8	54,4	63,1	57,4

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.

Korisni volumen akumulacionih jezera

u GWh

Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija	Akumulacija u SFRJ	Moguća korisna akumulacija
Bileća	1 013	Peruća - Zakučac	352
Mavrovo	365	Senj - Kruščica	140
Bistrica - Kokin Brod	201	Vinodol	44
Rama	420	Buško Blato	1 180
Vlasina	178	Ukupno SRH	1 716
Slano	138		
Vrtac	89		
Jablanica	60		
Perućica - Krupac	52		
Tikveš	50		
Špilje	40		
Ohridsko jezero	39		
SFRJ - bez SRH	2 645	Svega SFRJ	4 361



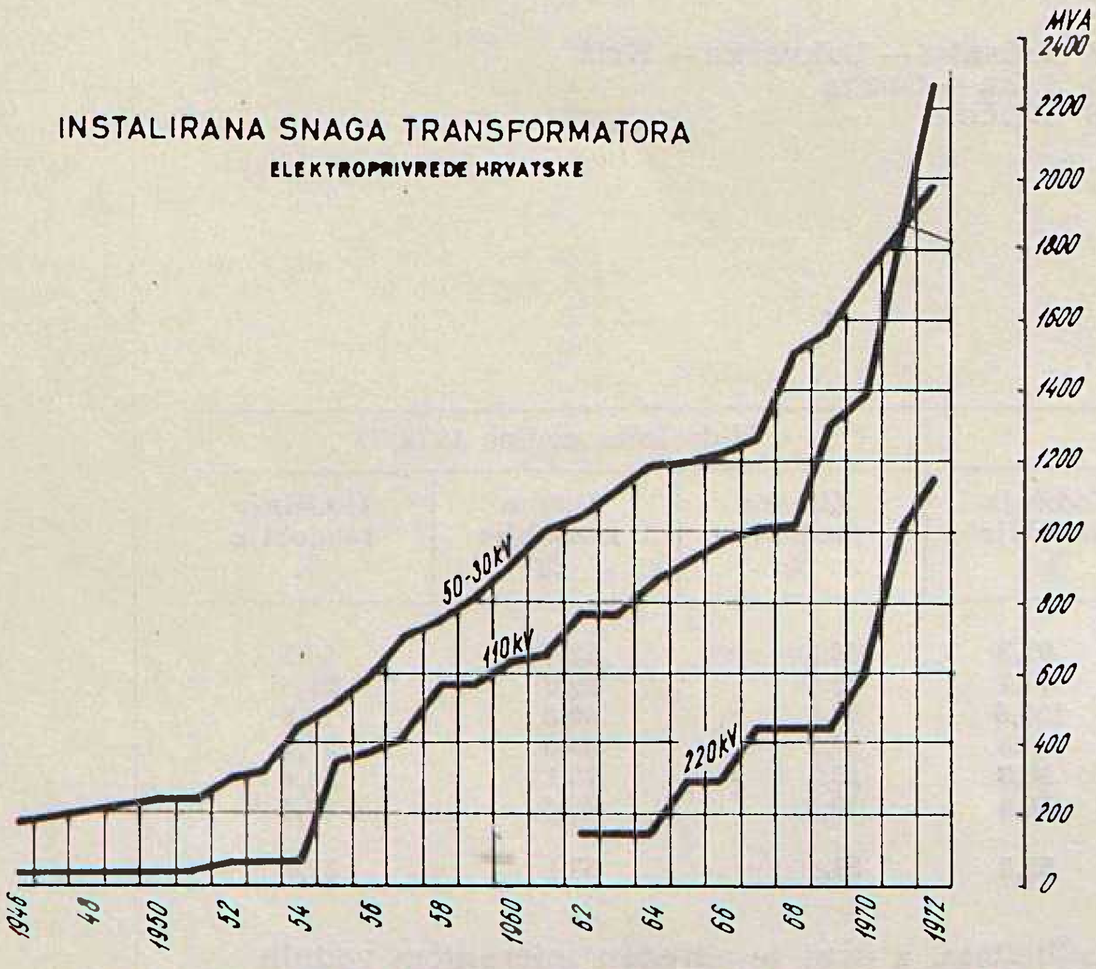
Sl. 11 Kretanje akumulacije u SFRJ 1970. i 1971.

PRIJENOSNA MREŽA

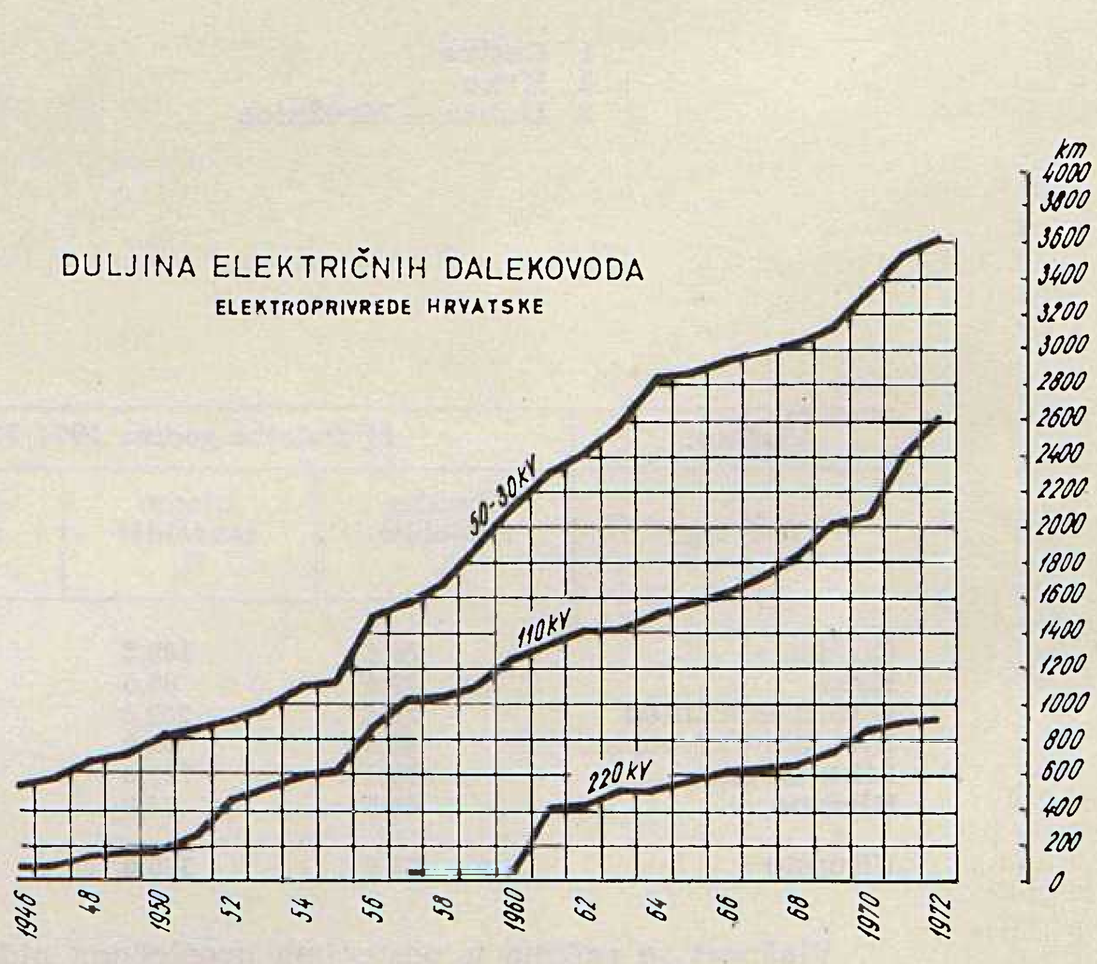
Razvoj prijenosne mreže Jugoslavije

[4] Tablica 23

	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	380 kV	220 kV	110 kV	380 kV	220 kV	110 kV
1955	—	—	2 884	—	—	1 070
1960	—	409	5 428	—	150	2 361
1965	—	2 290	6 550	—	1 300	3 691
1966	—	2 418	6 783	—	1 600	3 798
1967	—	2 693	7 173	—	1 900	4 120
1968	—	3 151	7 560	—	2 350	4 390
1969	—	3 366	8 039	—	2 500	5 095
1970	203	3 691	8 290	800	2 800	5 683
1971	286	3 969	8 899	1 100	4 550	7 815
1972	372	4 804	9 565	1 100	4 900	8 263



Sl. 12 Instalirana snaga transformatora elektroprivrede Hrvatske



Sl. 13. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Elektrificiranost naselja i domaćinstava po područjima distributivnih poduzeća

Tablica 24

Područje poduzeća	Postotak elektrificiranosti													
	naselja %							domaćinstava %						
	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Elektrolika Gospić	—	—	—	—	—	85	96	—	—	—	—	—	73	79
Elektra Karlovac	72	76	84	89	92	98	98	67	74	76	80	84	94	94
Elektroistra Pula	74	80	85	89	91	91	94	71	76	77	80	82	83	89
Elektroslavonija Osijek	88	94	95	98	98	98	98	95	96	97	98	99	99,5	99
Elektroprimorje Rijeka	88	89	90	91	93	93	93	95	95	96	97	98	98	99
Elektra Sisak	72	84	88	94	96	97	99	60	65	68	74	79	80	85
Elektrodalmacija Split	67	72	78	84	88	90	92	75	78	81	88	89	92	94
Elektra Zagreb	95	97	97	99	99,7	99,8	99,8	89	89	92	96	96	97	98
SR Hrvatska	83	87	90	93	95	96	96	82	83	85	89	92	93	94

Pregled općina SR Hrvatske svrstanih po postotku elektrificiranosti domaćinstava

[1]

Tablica 25

Postotak elektrificiranosti domaćinstava												
0 – 75 %		76 – 85%		86 – 95%		96 – 99%		99 – 100%		100%		
Obrovac	40	Gospić	78	Drniš	86	Biograd n/m	96	Poreč	99,3	Brač		
Senj	61	Donji Lapac	78	Slav. Požega	86	Vis	96	Umag	99,3	Omiš		
Slunj	60,9	Tit. Korenica	78	Valpovo	87	Duga Resa	96	Novigrad	99,4	Ploče		
Benkovac	62	Đakovo	79	Otočac	88	Čabar	97	Karlovac	99,5	Samobor		
Gračac	63	Podr. Slatina	79	Sinj	88	Čazma	97	Labin	99,6	Sesvete		
Vrginmost	74	Pag	79,5	Daruvar	88	Ivanec	97	Rovinj	99,6	Vel. Gorica		
Beli Manastir	75	Glina	79,6	Dvor	88,5	Koprivnica	97	Jastrebarsko	99,8	Zagreb		
		Županja	80	Kostajnica	88,8	Buje	97,7	Krk	99,7	Zaprešić		
		Našice	82	D. Miholjac	89	Delnice	98	Donja Stubica	99,8	Zelina		
		Vinkovci	84	Osijek	89	Vrbovsko	98			Zlatar Bistrica		
		Sl. Orahovica	85	Petrinja	90,1	Split	98			Dubrovnik		
		Sl. Brod	85	Vojnić	90,8	Šibenik	98			Dugo Selo		
		Knin	85	Metković	91	Trogir	98			Korčula		
		Sisak	85	Zadar	91	Križevci	98			Pula		
		Grubišno p.	85	Bjelovar	91	Vrbovec	98			Lastovo		
				Nova Gradiška	91	Ogulin	98			Opatija		
				Mali Lošinj	92	Buzet	98,8					
				Garešnica	92,8	Novi Marof	99					
				Kutina	93	Rijeka	99					
				Novska	93	Hvar	99					
				Virovitica	93	Imotski	99					
				Vukovar	94	Makarska	99					
				Vrgorac	94	Čakovec	99					
				Rab	94	Đurđevac	99					
				Crikvenica	95	Klanjec	99					
				Ivanić Grad	95	Krapina	99					
				Pakrac	95	Ludbreg	99					
				Ozalj	95	Zabok	99					
						Pazin	99					
						Varaždin	99					

ZAPOSLENO OSOBLJE U ELEKTROPRIVREDI

Zaposleno osoblje u udruženoj elektroprivredi i distribuciji Jugoslavije

[4]

Tablica 26

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

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

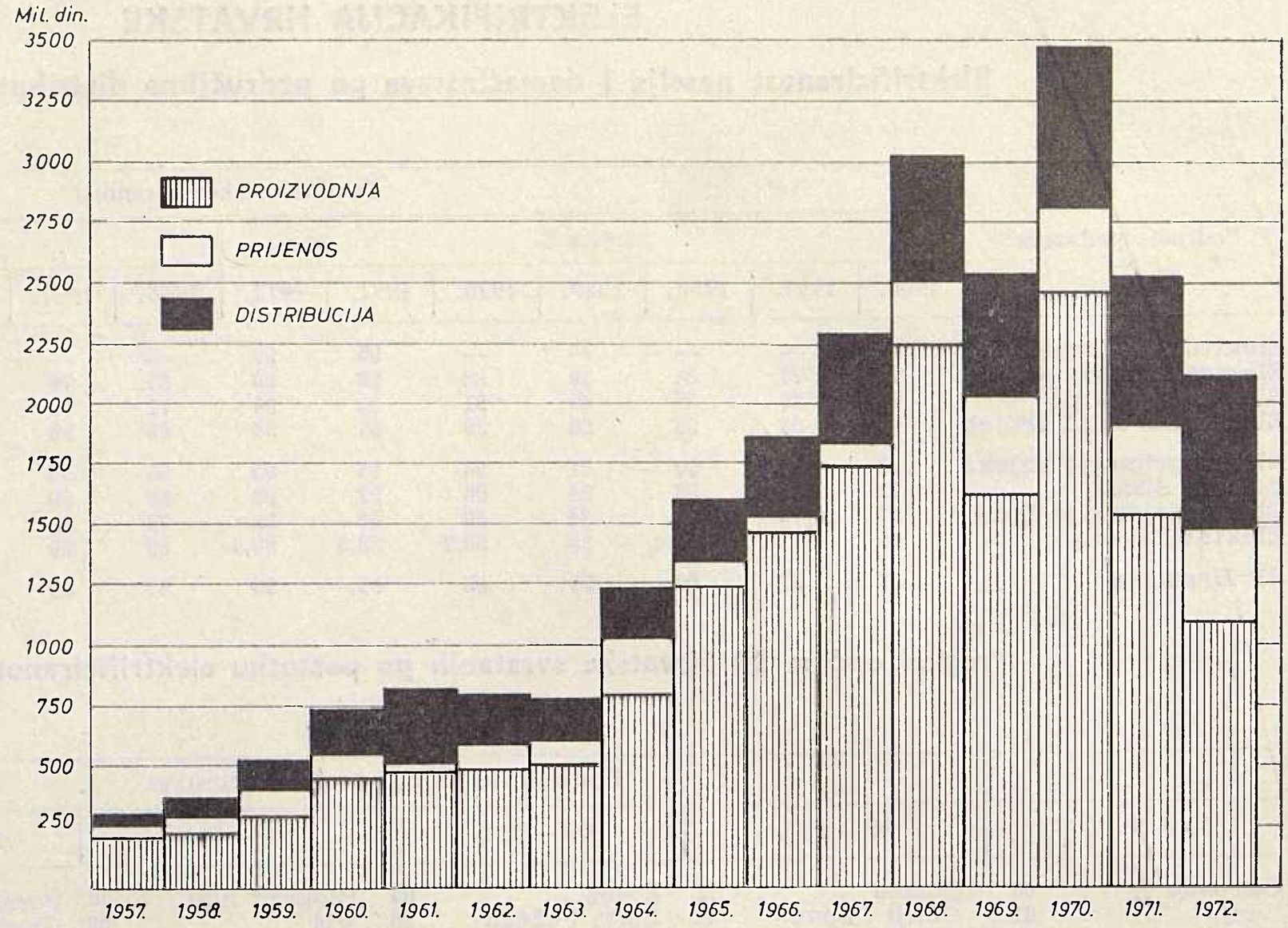
Zaposleno osoblje u udruženoj elektroprivredi, distribuciji i poduzećima u izgradnji Hrvatske

[2]

Tablica 27

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

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



Sl. 14. Investiciona ulaganja u Elektroprivredu Jugoslavije 1957—1972.

Investiciona ulaganja u elektroprivredne kapacitete SFRJ 1960—1972. godine

mln din [4]

Tablica 28

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

NEKI PODACI IZ SVJETSKE ELEKTROPRIVREDE

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

kWh/stanovnik [4]

Tablica 29

Zemlja	1938.	1960.	1965.	1970.	1971.	Zemlja	1938.	1960.	1965.	1970.	1971.
Austrija	316	1 640	2 155	2 832	2 992	Norveška	3 110	7 671	11 284	13 145	13 860
Belgija	573	1 467	2 022	2 862	3 021	Poljska	. . .	819	1 119	1 659	1 785
Bugarska	. . .	513	1 025	1 864	2 036	Rumunjska	63	340	710	1 272	1 350
Čehoslovačka	. . .	1 496	2 107	2 865	3 036	Španjolska	. . .	485	799	. . .	1 558
Danska	284	1 010	1 711	2 663	2 800	Švedska	1 134	3 921	5 517	7 039	7 400
Istočna Njemačka	. . .	2 044	2 718	3 213	3 368	Švicarska	1 138	2 896	3 372	3 945	4 102
Finska	766	1 832	2 818	4 298	4 673	Turska	. . .	86	134	208	215
Francuska	400	1 436	1 924	2 563	2 670	Vel. Britanija	609	2 242	3 085	3 838	3 950
Grčka	54	227	447	965	1 123	S A D	965	4 310	5 470	7 358	7 660
Mađarska	126	669	1 026	1 470	1 573	S S S R	203	1 193	2 040	2 790	2 980
Italija	310	964	1 402	1 968	2 033	Zap. Njemačka	. . .	1 960	2 597	3 544	3 797
Holandija	365	1 278	1 805	2 821	3 004	Jugoslavija	. . .	393	679	1 071	1 202

Maksimalna neto snaga elektrana u nekim zemljama Evrope i SAD

u 1938, 1970. i 1971. godini — u MW [4]

Tablica 30

Zemlja	1938.			1970.				1971.			
	Ukupno	Hidro	Termo	Ukupno	Hidro	Termo	Nuklearne	Ukupno	Hidro	Termo	Nuklearne
Austrija	1 157	738	419	7 976	5 467	2 509	—	8 229	5 657	2 752	—
Belgija	2 152	24	2 128	6 257	62	6 184	11	7 057	329	6 717	11
Bugarska	85	44	41	4 117	816	3 301	—	4 479	824	3 655	—
Čehoslovačka	...	...	...	10 141	1 447	8 694	—	10 973	1 448	9 525	—
Istočna Njemačka	...	...	...	12 067	653	11 339	75	12 778	652	12 051	75
Danska	552	9	543	4 488	8	4 480	—	4 758	8	4 750	—
Finska	750	430	320	4 822	2 135	2 687	—	4 918	2 119	2 799	—
Francuska	6 300	3 000	3 300	36 139	14 916	19 577	1 646	39 094	15 448	21 481	2 165
Grčka	196	14	182	2 488	1 038	1 450	—	2 698	1 038	1 660	—
Italija	5 012	4 082	930	30 055	13 355	16 149	551	32 512	13 448	18 472	552
Mađarska	...	...	...	2 477	20	2 457	—	2 639	20	2 619	—
Holandija	1 741	—	1 741	10 197	—	10 147	50	11 000	—	10 948	52
Norveška	2 055	1 938	117	...	...	...	...	12 910	12 783	127	—
Poljska	...	...	...	13 710	740	12 970	—	14 500	790	13 710	—
Rumunjska	501	48	453	...	...	...	...	7 346	1 200	6 146	—
Španjolska	...	...	...	7 346	1 200	6 146	—	...	...	...	...
Švedska	1 650	1 650	—	15 308	10 863	4 435	10	15 976	11 279	4 687	10
Švicarska	2 090	1 960	130	10 540	9 620	570	350	10 890	9 630	560	700
Turska	...	...	...	2 292	723	1 569	—	2 381	723	1 658	—
Vel. Britanija	11 722	323	11 399	62 065	2 153	56 485	3 427	66 907	2 153	60 669	4 085
S A D	46 873	11 682	35 191	359 534	55 755	297 286	6 493	386 499	56 586	321 226	8 687
SSSR	8 941	1 173	7 768	166 150	31 368	134 782	...	173 365	33 448	141 917	...
Zap. Njemačka	...	...	...	47 540	4 700	41 950	890	50 470	4 770	44 800	900
Jugoslavija	505	174	331	6 873	3 630	3 243	—	7 523	3 880	3 643	—

Neto proizvodnja električne energije u nekim zemljama Evrope i SAD

u GWh [4]

Tablica 31

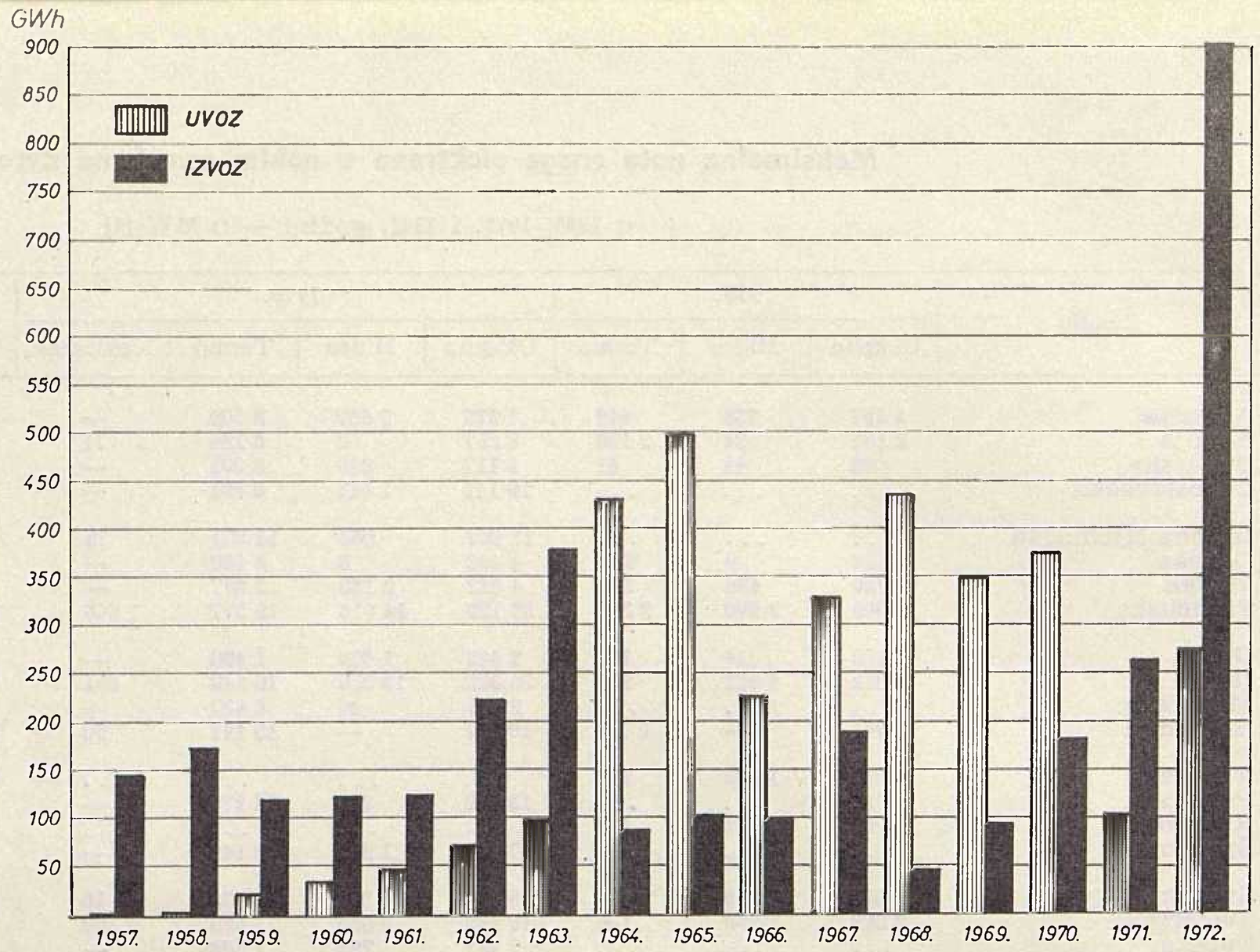
	Austrija			Belgija			Bugarska			Čehoslovačka			Danska			Istočna Njemačka		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	2994	2408	586	5132	44	5088	207	140	67	4052	493	3559	1144	...	...	...	...	...
1960.	15919	11844	4075	14120	172	13948	4657	1886	2771	22589	2479	20110	5242	—	5242	40305	617	39688
1965.	22203	16046	6157	20363	270	20093	10445	2005	8440	34190	4454	29736	7394	—	7394	48581	...	...
1970.	30036	21240	8796	30523	246	30277	19513	2152	17361	45163	3670	41493	18864	37	18827	67650	1251	65399
1971.	28755	16770	11985	31597	156	31441	21616	2170	18846	47237	2684	44553	17540	20	17520	69421	1217	68204

	Finska			Francuska			Grčka			Mađarska			Italija*			Holandija		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	3110	2460	650	18770	10026	8744	427	25	402	1315	...	...	15544	14585	761	3472	—	3472
1960.	8339	5119	3220	69601	39591	30810	2130	442	1688	7431	93	7338	54282	45389	8895	15515	—	15515
1965.	13989	9487	4502	98532	45435	53097	4361	759	3602	10977	74	10903	79230	42367	36863	23653	—	23653
1970.	22161	9428	12733	146837	57183	89654	9820	2636	7184	14537	88	14449	117423	41300	76123	40859	—	40859
1971.	21633	9324	12309	155796	49364	106432	...	...	...	14990	94	14896	124860	40019	84841	44904	—	44904

	Norveška			Poljska			Rumunjska			Španjolska			Švedska			Švicarska		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	9927	9820	107	3699	...	...	1130	148	982	...	...	...	8162	7307	855	7043	7010	33
1960.	30963	30745	218	26851	654	26197	7626	397	7229	17582	14871	2711	34794	31143	3651	20672	20504	168
1965.	48757	48630	77	39737	905	38832	17202	1011	16191	30472	19379	11093	49093	46431	2662	25280	24797	491
1970.	57204	57009	195	64530	1886	62644	35088	2773	32315	56484	27540	28944	60646	41539	19107	33173	29330	3843
1971.	62883	62647	236	69871	1919	67952	39391	4370	35021	59668	32208	27460	66549	52027	14522	32785	29448	3337

	Turska			Velika Britanija			SAD*			SSSR*			Zapadna Njemačka*			Jugoslavija		
	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE	Svega	HE	TE
1938.	312	...	...	31822	985	30837	141955	48395	93651	39366	5084	34282	32430	7180	25250	1173	566	607
1960.	2887	1026	1861	129700	3130	126570	830458	149063	691395	292520	51024	241496	108945	12817	96128	8917	5952	2945
1965.	4937	2169	2768	183750	4621	171129	1157391	197002	960389	506709	81431	425278	160554	15145	145409	15485	8945	6540
1970.	8617	3039	5588	232703	5654	227049	1638010	250611	1387399	749926	124377	626549	242606	17758	224848	26023	14741	11282
1971.	9781	2501	7280	239529	4300	235229	1717521	269580	1447941	800360	126099	674261	259633	14044	231545	29509	15644	13865

* U koloni TE obuhvaćena je i proizvodnja nuklearnih elektrana



Sl. 15 Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

Izvoz i uvoz električne energije u nekim zemljama Evrope u 1971. godini

u GWh [4]

Tablica 32

Zemlja uvoznica / Zemlja izvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čehoslovačka	Danska	Istočna Njemačka	Finska	Francuska	Grčka	Mađarska	Italija	Luksemburg	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Zapadna Njemačka	Jugoslavija	Ostale zemlje
Austrija	●			125						266	150											4153	13	
Belgija		●						138				795										224		
Bugarska			●																		...		21	
Čehoslovačka	294			●		418				81					33						0			
Danska					●													1 51				1185		
Istočna Njemačka				431		●									272							36		
Finska							●											17						
Francuska		849						●			968						195		789	118		1988		66
Grčka									●														15	
Mađarska	238			456						●													4	
Italija								198			●								995				1	
Luksemburg												●										1021		
Holandija		148											●									1577		
Norveška							2							●				3645						
Poljska				1523		371									●									
Rumunjska	64		...													●					...		50	
Španjolska								2516									●							2
Švedska					726		2069							436				●						
Švicarska	395							1171			2116								●			3634		
Vel. Britanija								1												●				
SSSR				1594		420	464			4555					1961	...					●			
Zapadna Njemačka	1156	73			5			134				2016	1						4589			●		
Jugoslavija	23		20						10	211	0												●	
Ostale zemlje				3				31											2		...			●

UGLJEN I NAFTA

Proizvodnja ugljena, koksa i nafte u Jugoslaviji

u hilj. tona i mln* m^3 [5]

Tablica 33

	1939.	1946.	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
UGLJEN I KOKS											
Ugljen ukupno	7 032	6 652	22 713	29 957	29 292	26 467	26 732	26 496	28 422	30 902	30 941
Kameni ugljen	1 410	757	1 283	1 169	1 133	909	835	681	643	707	599
Mrki ugljen	4 132	3 824	9 628	10 509	10 080	9 023	9 508	9 422	8 989	9 333	9 184
Lignit	1 210	2 072	11 801	18 279	18 080	16 535	16 389	16 373	18 790	20 862	21 157
Koks koksara	—	—	1 083	1 253	1 226	1 219	1 234	1 226	1 309	1 297	1 298
Koks plinara	35	21	20	14	11	7	2	—	—	—	—
NAFTA I PLIN											
Sirova nafta	1,1	29	944	2 063	2 222	2 374	2 494	2 699	2 854	2 961	3 200
Zemni plin*	2,6	8,5	53	330	402	461	584	730	977	1 151	1 242
Benzin	65	2,2	277	546	788	886	935	1 003	1 233	1 472	1 394
Gazolin	—	0,1	6	15	17	18	23	23	25	28	28
Petrolej za osvj.	39	3	15	16	14	16	16	12	12	11	9
Petrolej za motore	1	—	59	66	79	81	104	134	151	204	202
Vajt špirit	—	0,5	9	16	16	17	18	19	21	21	21
Plinsko ulje	49	3,1	354	890	1 830	1 389	1 380	1 722	2 092	2 665	2 495
Ulje za loženje	36	9,1	396	1 148	1 764	1 816	1 847	1 967	2 509	2 930	2 989
Propan-butan	...	...	13	36	49	54	68	78	95	105	196
Maziva ulja	24	2,0	61	134	158	138	103	88	103	114	122
Parafin	0,2	—	2,1	1,1	1,0	0,8	0,7	0,5	0,5	3,7	6,0
Bitumen	25	0,0	72	112	140	771	245	314	358	376	368
Čađa	0,2	0,2	3,9	5,1	6,6	12	9	16	13	16	13

Proizvodnja ugljena, nafte i plina u Hrvatskoj

u hilj. tona i mln* m^3 [3]

Tablica 34

	1946.	1960.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
UGLJEN I PRERAĐEVINE										
Ugljen, ukupno		2 530	1 957	1 771	1 302	1 174	916	718	640	577
Kameni ugljen		802	751	765	611	506	381	363	422	382
Mrki ugljen		538	468	403	280	283	191	81	21	19
Lignit		1 190	738	603	411	384	344	274	197	176
Koks plinara		9	10	8	3	2	—	—	—	—
Plin plinara*		32	50	51	55	63	74	86	94	105
NAFTA I PLIN										
Sirova nafta		770	1 414	1 545	1 702	1 818	1 934	2 057	2 142	2 362
Zemni plin*		34	156	189	232	330	404	476	547	569
Benzin		198	467	681	749	755	667	826	991	914
Gazolin		3	3	8	10	13	13	13	12	13
Petrolej za osvjetljenje		11	9	8	8	9	9	8	7	8
Petrolej za motore		56	64	70	68	88	105	114	151	137
White špirit		6	12	14	14	15	14	13	11	8
Plinsko ulje		256	714	1 019	1 176	1 108	1 076	1 327	1 617	1 543
Ulje za loženje		261	805	1 340	1 399	1 253	703	1 093	1 513	1 590
Propan-butan		11	24	35	40	50	48	51	50	147
Maziva ulja		43	111	133	116	83	69	77	84	90
Parafin		2	1	1	1	1	1	1	4	6
Bitumen		38	70	105	128	198	215	211	196	197
Čađa		4	5	7	12	9	16	13	16	13

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

[3]

Tablica 35

	Elektro-energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin
	GWh	u tisućama tona							mln m³
1960	1 264	57	232	171	1 028	852	79	65	30
1961	1 385	68	238	156	999	882	91	60	. . .
1962	1 456	64	232	163	977	876	97	59	. . .
1963	1 680	70	243	181	1 037	1 415	109	75	. . .
1964	1 716	69	241	234	1 045	1 355	195	130	. . .
1965	1 888	81	226	229	916	1 191	296	189	98
1966	2 054	76	234	179	831	854	280	311	158
1967	2 196	74	196	130	778	645	293	416	178
1968	2 339	87	203	108	700	627	278	490	272
1969	2 524	89	190	91	692	513	230	538	351
1970	2 661	81	194	157	669	396	246	634	443
1971	2 846	74	195	255	666	371	270	783	492
1972	3 068	66	195	218	609	328	303	844	521
Elektroenergija		—	—	170	0	77	1	313	77
Ugljen i prerađevine		—	—	4	0	1	4	—	34
Nafta i prerađevine		—	9	—	—	—	155	28	83
Crna metalurgija		3	127	—	—	3	—	45	59
Obojena metalurgija		8	0	—	17	11	1	2	—
Nemetali		—	0	0	0	40	6	33	10
Metalna industrija		0	24	0	17	11	8	11	7
Brodogradnja		—	1	1	1	1	3	3	—
Elektroindustrija		—	0	—	1	7	1	3	1
Kemijska industrija		9	27	0	60	1	92	44	216
Građevni materijal		46	1	38	172	28	10	224	10
Drvna industrija		—	0	—	46	6	3	10	4
Industrija papira		—	—	—	61	0	0	20	—
Tekstilna industrija		—	—	0	49	83	3	36	2
Industrija kože i obuće		—	—	1	5	0	0	4	—
Industrija gume		—	0	—	65	—	—	5	—
Prehrambena industrija		—	6	4	113	59	16	61	17
Grafička industrija		—	—	0	2	0	0	0	0
Industrija duhana		—	—	0	—	—	0	2	—
Filmska industrija		—	—	—	0	—	—	0	—
Ostala industrija		—	—	—	—	—	0	0	1

Literatura

1. Godišnjak elektroprivrede Hrvatske 1972. (rukopis)
2. Statistički pregled elektroprivrede SRH 1972.
3. Statistički godišnjak SRH 1973.
4. Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1972.
5. Statistički godišnjak SFRJ 1973.

CRPNI AGREGATI — JUGOTURBINA TIP VPM i VPT

Poduzeće »Rade Končar« počelo je proizvoditi crpne agregate, pa ćemo se u ovom napisu osvrnuti na taj proizvod.

Crpni agregati upotrebljavaju se za opskrbljivanje pitkom i potrošnom vodom u kućanstvu, stambenim zgradama, industriji, poljoprivredi, obrtu, školama, itd.

Veoma su jednostavni za rukovanje i jeftini za održavanje. Mogu se koristiti kao posebne jedinice ili u sklopu sa hidroforima.

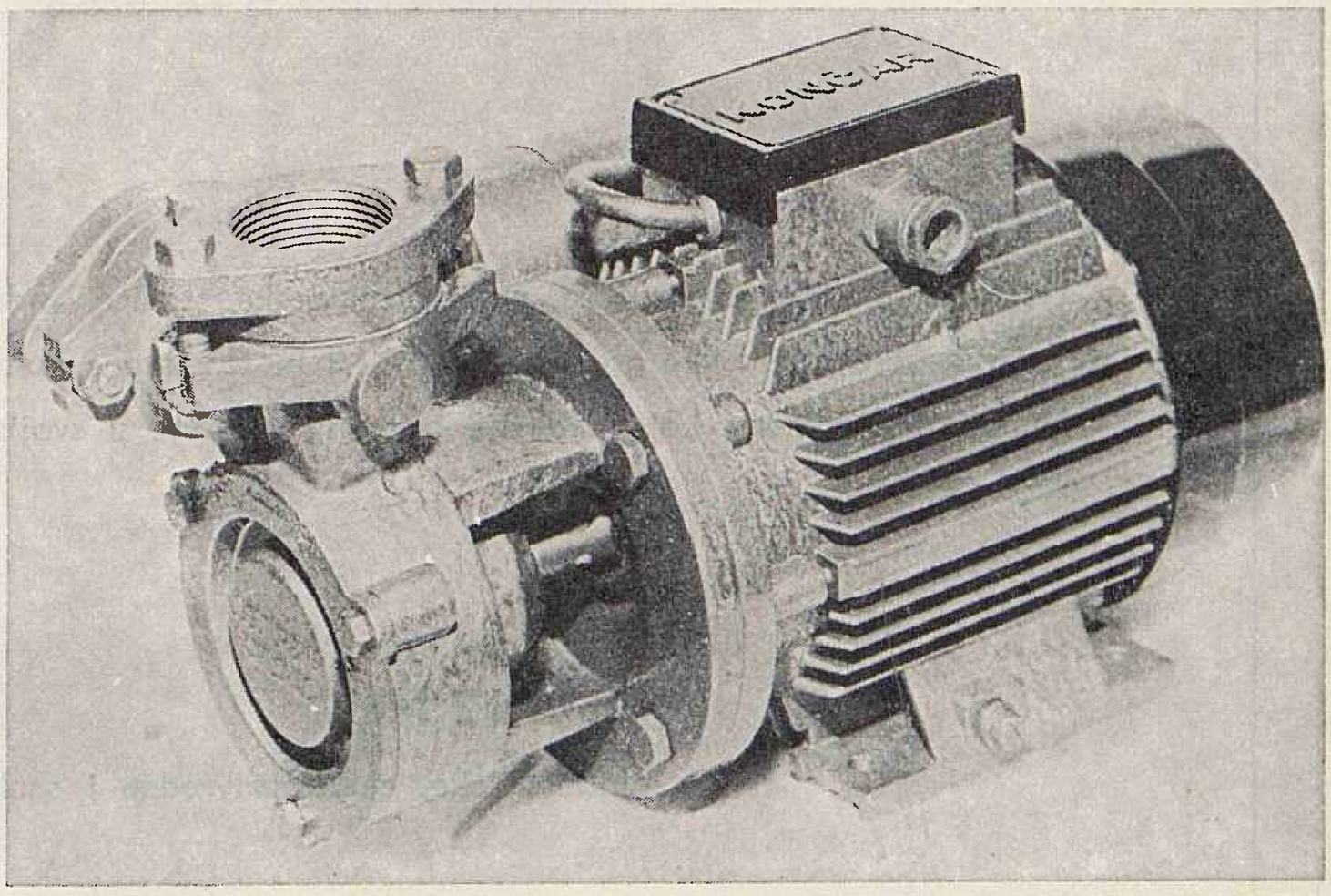
Crpni agregati VPM i VPT što se proizvode u poduzeću »Rade Končar« su jednostepene, horizontalne vrtložne crpke s pogonskim elektromotorima u monoblok izvedbi, te je osovina elektromotora ujedno i pogonska osovina crpke.

Pogonski elektromotor kod crpke VPM je jednofazni, a kod crpke VPT trofazni.

Mehanička zaštita motora je IP_{44} (prema IEC preporukama), što čini zaštitu od namjernog dodira, podizanja krupne prašine, prskajuće vode iz bilo kojeg smjera.

Elektromotor štiti osim postojećim mrežnim osiguračima i motorskom zaštitom sklopkom koja štiti od preopterećenja i od prekida struje u jednoj fazi (za trofazne motore).

Kod odabiranja automatske zaštitne sklopke valja paziti da odgovara podacima elektromotora, koji su naznačeni na natpisnoj pločici agregata. Samo pravilno odabrana sklopka sa sigurnošću štiti motor.



Crpni agregat proizvodnje »Rade Končar«

TEHNIČKI PODACI

Tip agregata	Snaga	Nazivna struja kod		Brzina vrtnje	Kondenzator		Protok	Visina dobave	Težina
	kW	220 V A	380 V A	c/min	Kapac. μF	Napon V	l/min	m V. S	kp
S jednofaznim motorom									
VPM — 82	0,55	4,8	—	2740	16	380	30 — 60	30 — 10	11
VPM — 88	0,75	5,8	—	2750	10	380	20 — 60	50 — 15	14,5
VPM — 94	1,1	7,8	—	2750	25	380	42 — 78	55 — 10	15,5
S trofaznim motorom									
VPT — 88	0,75	3,5	2	2750	—	—	20 — 60	50 — 15	14
VPT — 94	1,1	4,8	2,8	2750	—	—	42 — 78	55 — 10	15

»RADE KONČAR«
PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME,
PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

DALEKOVOD

ELEKTRO — PRIVREDNO PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE, GRADNJU, MONTAŽU I PROIZVODNJU — ZAGREB

ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 37

Račun kod N. B. u Zagrebu 30101-601-1146 ▪ Brzojav: Dalekovod Zagreb ▪ Tel. 511-455 i 513-822 ▪ Pošt. pret. 208

PROJEKTIRA

dalekovode, transformatorske stanice svih napona, mreže niskog napona za seosku elektrifikaciju u zemlji i inozemstvu

Izrađuje kalkulacije za sve radove

GRADI

dalekovode, električne mreže, transformatorske stanice, industrijske objekte i niske gradnje u zemlji i inozemstvu s materijalom i opremom, koje nabavlja odnosno izrađuje u svojim radionicama

MONTIRA

industrijske, elektroprivredne i saobraćajne elektroobjekte

PROIZVODI

u svojim pogonima električno montažni osvjesni i spojni materijal, čelične i druge konstrukcije za električne vodovodne i transformatorske stanice, industrijske odlivke, te razne kovane i presane alate

SPECIJALIZIRANO

za polaganje svih vrsta podvodnih i podzemnih kabela

Velika jugoslavenska špediterska kuća

JUGOTRANSPORT

Poduzeće za međunarodnu špediciju i skladišta

CENTRALA **ZAGREB** JUGOSLAVIJA

ZAGREB, Vodovodna 20a, Poštanski pretinac 786
Telefon: 572-722 serija, Telex: 21-127
Telegrafska adresa: Jugotrans
Uprava — telefon 571-477
Uvoz — telefon 571-243, 571-632, 572-939
571-529
Izvoz — telefon 571-411, 572-641
Tarifno konjunkturni sektor — telefon 571-518
Računovodstvo — telefon 571-066
Skladište — telefon 572-722
Loko odjel — telefon 572-722
Vozni park — telefon 572-722

Ispostave u Zagrebu

Zagrebački velesajam — telefon 511-493
Aerodrom Zagreb — telefon 511-422

FILIJALE:

BEOGRAD, Kneza Miloša 47
telefon 645-253, 645-860, 644-485
telex 11-319
Ispostava Zemun — telefon 608-153
Ispostava Aerodrom Beograd —
telefon 601-444
Ispostava Beogradski sajam —
telefon 51-080

RIJEKA, Rade Končara 7, telefon 25-641
telex 24-336

OSIJEK, Zrinjevac 12, telefon 57-37

SISAK, Vladimira Majdera, telefon 227-55
telex 21-305

ISPOSTAVE:

KOPRIVNICA, Đure Salaja br. 3, telefon 443
KOTORIBA, Željeznička stanica, telefon 12
VUKOVAR, I. L. Ribara, telefon 760
BELI MANASTIR, telefon 77-159
SPLIT, Tolstojeva 28, telefon 26-70
KOPER, Nabrežje SM 1a, telefon 21-677
KRALJEVO, Hajduk Veljkova b. b., telefon 760
NIŠ, Dimitrije Tucovića b. b., telefon 24-997
telex 16-146
VRŠAC, Maršala Tita br. 23, telefon 80-450
PANČEVO, ul. Oslobođenja 35, telefon 32-34

PREDSTAVNIŠTVA:

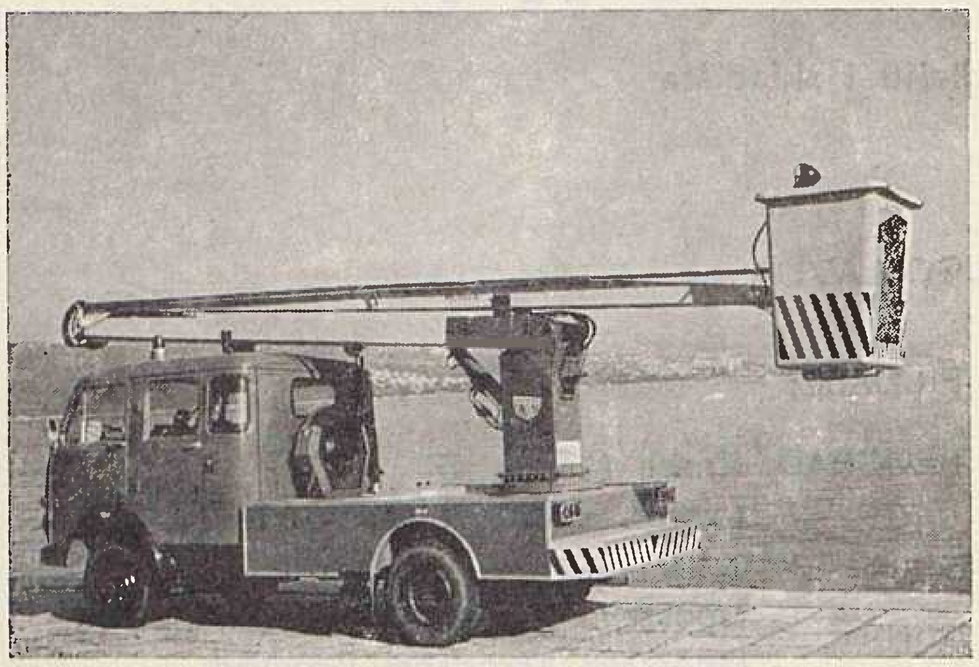
SEŽANA
NOVA GORICA
JESENICE
PREVALJE
MARIBOR
LJUBLJANA
ZADAR
NOVI SAD
SUBOTICA
DIMITROVGRAD
SKOPLJE
GEVGELIJA
BAR

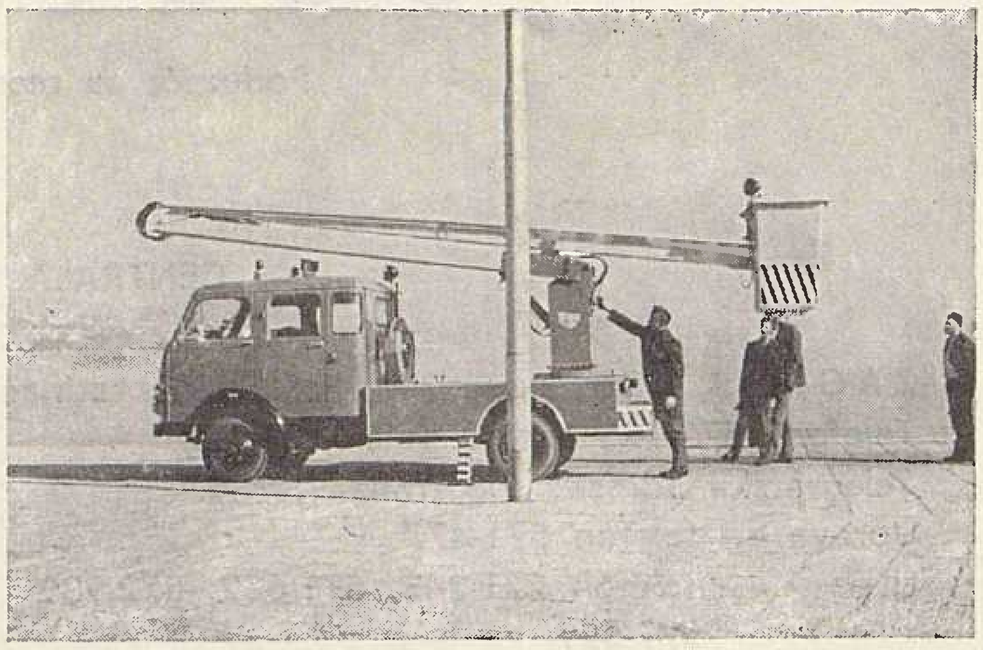
Područje rada međunarodne špedicije

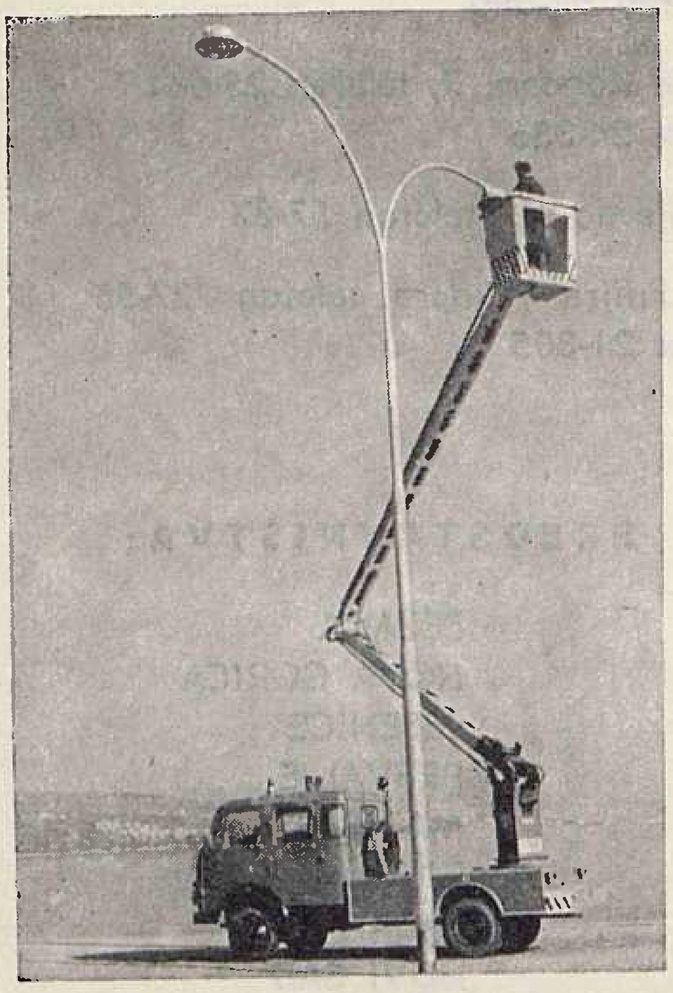
JUGOTRANSPORT ZAGREB

Uvozni, izvozni i tranzitni poslovi
Masovni transporti — Industrijska postrojenja — Strojevi — Specijalni tereti
Čarterovanje — Pomorski i zračni saobraćaj
Transporti živog i lakopokvarljive robe — Hranjenje — Pojenje — Doleđivanje
Zbirni saobraćaj
Riječna plovidba
Selidbe
Uskladištenje u vlastita skladišta
Pakovanje — Sortiranje — Vaganje
Carinsko posredovanje — Kontrola težine — Vađenje uzoraka
Sajamska roba
Osiguranje
Savjetovanje o transportnim pitanjima
Oferte — Informacije — Kalkulacije — Instradacije — Kontrola tovarnih dokumenata
Ispostave i predstavništva na svim graničnim prelazima, važnijim sajmovima i aerodromima

ZHP ZGLOBNA HIDRAULIČKA PLATFORMA ZHP-10, ZHP-12, ZHP-17, i ZHP-21 m







ZGLOBNA HIDRAULIČKA PLATFORMA JE SPECIJALNO VOZILO VELIKIH MANEVARSKIH SPOSOBNOSTI. SLUŽI ZA IZVOĐENJE ELEKTROMONTERSKIH RADOVA, GRAĐEVINSKIH RADOVA, KOD GAŠENJA POŽARA, ZA SPASAVANJE LJUDI I IMOVINE TE ZA VRŠENJE DRUGIH RADOVA NA VEĆIM VISINAMA.

PODUZEĆE »TEHNOMEHANIKA« IZRAĐUJE ČETIRI TIPA ZGLOBNIH HIDRAULIČKIH PLATFORMI: ZPH-10, ZHP-12, ZHP-17, ZHP-21 m.

ZGLOBNE HIDRAULIČKE PLATFORME UGRAĐUJEMO NA VOZILA TAM-a I NA OSTALA STABILNA VOZILA POZNATIH JUGOSLAVENSKIH I SVJETSKIH PROIZVOĐAČA.

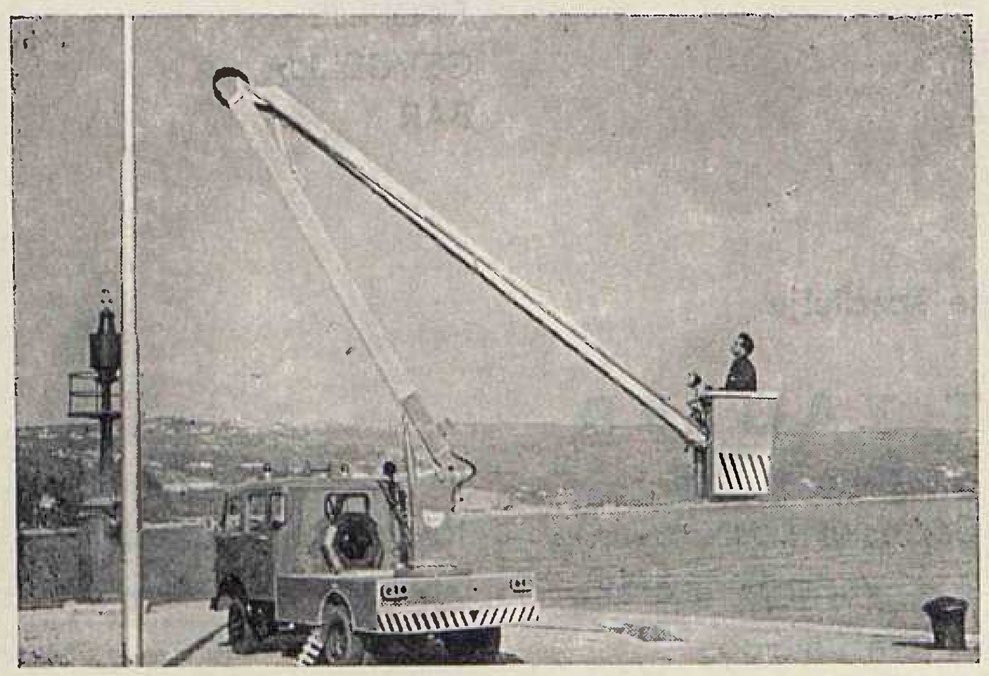
SVI POKRETI ZHP VRŠE SE POMOĆU HIDRAULIKE KOJA DOBIVA POGON OD MOTORA VOZILA. RADNA KOŠARA ZHP PODIŽE SE POMOĆU DVIJE POLUGE SA HIDRAULIČKIM CILINDRIMA NA ŽELJENU VISINU I ZAKREĆE SE OKO VERTIKALNE OSI KUPOLE ZA POTREBNI KUT, KOJI MOŽE IZNOSITI OD 0° DO 360°.

RADNA KOŠARA ZHP IZRAĐENA JE IZ ČVRSTIH ARMIRANIH PLASTIČNIH MASA KOJE ZAŠTIĆUJU RADNIKA OD ELEKTRIČNIH UDARA DO 1000 V.

MOTOR VOZILA POKREĆE HIDRAULIČKU PUMPU IZ KOJE PREKO RAZVODNIKA I CIJEVI DOLAZI ULJE U HIDRAULIČKE CILINDRE.

HIDRAULIČKI CILINDRI PO NAŠOJ ŽELJI IZVRŠAVAJU RADOVE UTVRĐIVANJA VOZILA, DIZANJA I SPUŠTANJA KOŠARE NA ŽELJENU VISINU TE OKRETANJE KUPOLE OKO VERTIKALNE OSI ZA ŽELJENI KUT.

RUKOVANJE PLATFORMOM ZHP JE VRLO JEDNOSTAVNO. ZA RUKOVANJE POSTOJE DVA KOMANDNA MJESTA, NA RADNOJ KOŠARI I NA POSTOLJU VOZILA. OVIM SISTEMOM UPRAVLJANJA MOŽE SE KOŠARA DOVESTI U ŽELJENI POLOŽAJ RUKOVANJEM IZ SAME KOŠARE ILI SA POSTOLJA VOZILA.



PODUZEĆE METALNIH PROIZVODA

MARIJA BISTRICA — TELEFON 2

ZAGREB: KOMERCIJALNO PROJEKTNI SEKTOR, VUKOVIĆEVA 3 — tel. 574-284

BEOGRAD: PREDSTAVNIK, FRANCUSKA 38 — tel. 25-989

TEHNOMEHANIKA X BISTRICA

Tehnomehanika

GOD. 23 (1974) energija BROJ 3 — 4

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

PRORAČUNAVANJE TEHNIČKO-ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA BLOKA TERMOELEKTRANE DIGITALNO PROCESNIM RAČUNALOM ZA UVJETE TERMOELEKTRANA JUGOSLAVIJE

Duško Čorak — Stjepan Ivančić, Zagreb

Obrađena je primjena digitalno procesnih računala za provođenje kontinuiranih pogonskih tehničko-energetskih bilanci blokova termoelektrana i to za slučaj korištenja niskokaloričnih lignita i tekućih goriva, tj. za normalne uvjete rada blokova u Jugoslaviji. Kao reprezentativni blokovi na kojima je prikazana predložena metoda odabrani su blokovi snage 200 MW u TE Obrenovac i TE Sisak. Pri razradi metode bilanciranja za lignite posebno se pazilo da se potrebni ulazni podaci za bilance, koji normalno slijede kao rezultat kemijsko-laboratorijskih analiza, zamijene pomoću ulaznih podataka koji se bez poteškoća mogu kontinuirano mjeriti sa zadovoljavajućom točnošću. To omogućuje uspješnu primjenu predložene metode i za slučaj relativno čestih i osjetnih promjena karakteristika lignita.

DK 621.311.22:681.3

1. Uvod

Veliki udio troškova goriva u cijeni proizvedenog kWh u postrojenjima termoelektrana, zahtijeva pažljivu kontrolu ekonomičnosti rada postrojenja i napuštanje zastarjelih metoda praćenja ekonomičnosti postrojenja termoelektrana.

Ručna kontrola ekonomičnosti rada stavlja na raspolaganje podatke o radu postrojenja s velikim zakašnjenjem. Dobiveni podaci izloženi su utjecaju ljudskih pogrešaka, pa stoga nisu pouzdani.

Praćenje ekonomičnosti rada digitalnim procesnim računalima, vezanim na postrojenje, isključuje nedostatak ručne obrade. Za uspješnu primjenu digitalnih procesnih računala pri kontroli ekonomičnosti termoelektrana u slučaju upotrebe niskokaloričnih lignita i tekućih goriva, razradio je autor metode za energetsko bilanciranje.

Predložene metode za energetsko praćenje rada postrojenja loženih krutim, odnosno tekućim gorivom, omogućuju uspješnu primjenu digitalnih procesnih računala. Primjena predloženih metoda, moguća je i u slučajevima kad blokovska postrojenja nemaju instalirana procesna računala, već u tu svrhu mogu koristiti digitalna računala (off line), instalirana radi automatske obrade podataka u okviru računskih centara. U jednom i drugom slučaju kontrola ekonomičnosti postrojenja termoelektrana zahtijeva brižljivost u održavanju mjerne tehnike. U slučaju praćenja kontrole ekonomičnosti pomoću off line računala, zahtijeva se posebna pažnja u pogledu točnog očitavanja mjernih vrijednosti s pokaznih i registrirajućih instrumenata.

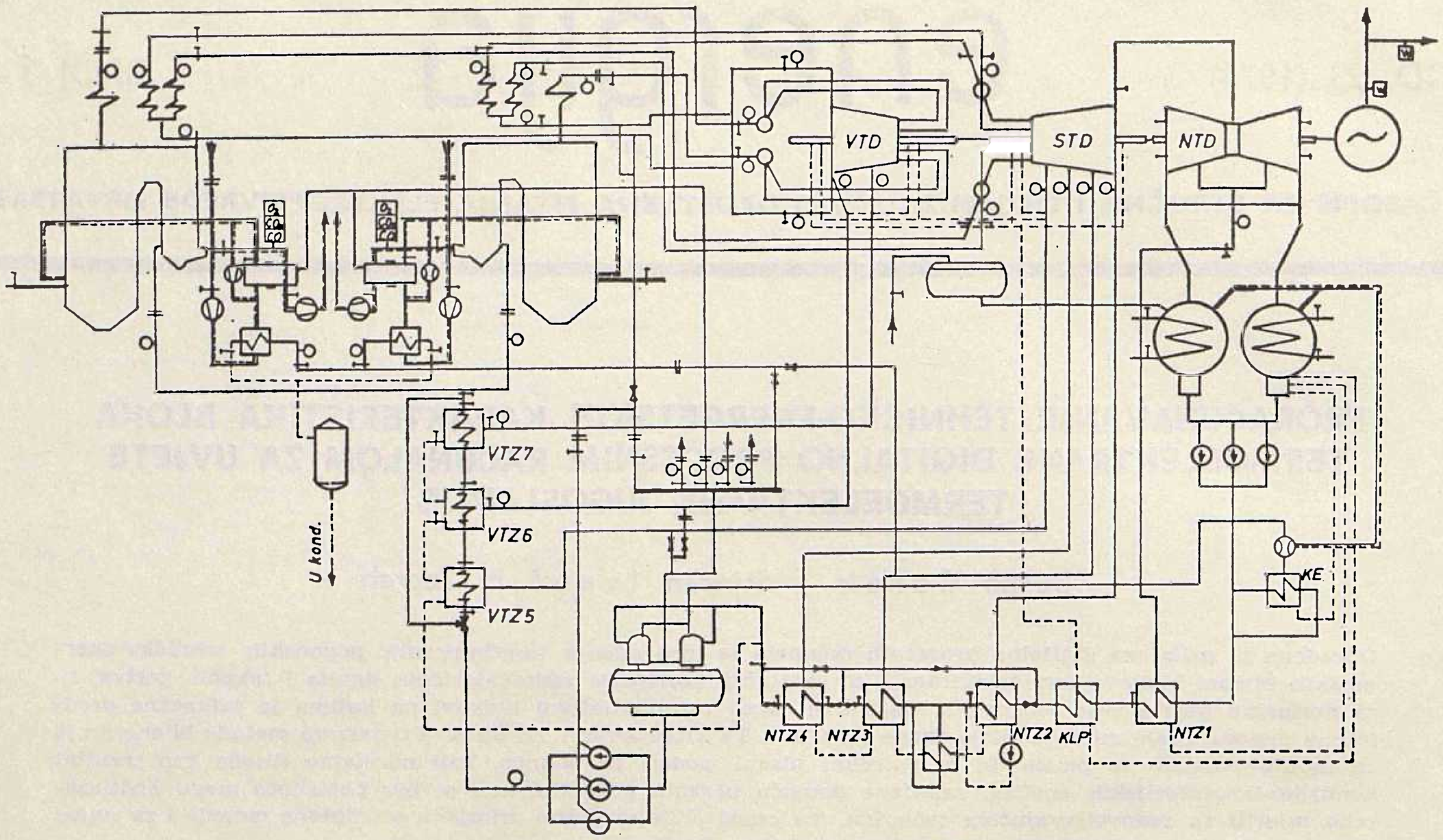
Postavljene metode za praćenje kontrole ekonomičnosti su opće, kako za slučaj lignita, tako i za slučaj mazuta. Uspješna primjena jedino zahtijeva prilagođenje u pogledu toplinske sheme i karakteristika goriva. Troškovi u pogledu pripreme za primjenu kontrole ekonomičnosti i rada postrojenja na predloženi način, mogu se smatrati zanemarljivim.

Kontrola ekonomičnosti na predloženi način, omogućit će nove i kvalitetne pristupe u dispečiranju termoelektranama u sistemu, a time i smanjenje ukupnih troškova sistema.

2. Osnovna razmatranja

U izučavanju cjelokupnog elektroenergetskog sistema, značajno mjesto zauzima određivanje energetskih karakteristika svakog elementa. Na osnovi energetskih karakteristika u jednom velikom sistemu, postavljaju se međusobne ovisnosti, zatim angažiranje pojedinih jedinica na bazi minimuma troškova, snabdijevanja gorivom, načinom angažiranja, itd. Na osnovi energetskih karakteristika pojedinih elemenata (kotao turboagregat, sistem za transformaciju) čine se energetske karakteristike blokova, a na osnovi blokovskih karakteristika, prave se u termoelektranama sa više blokova, energetske karakteristike čitave termoelektrane. Angažiranje pojedinih jedinica blokova, ili čitave termoelektrane, osnovano je upravo na energetskim karakteristikama, pa se za pokrivanje konzuma najprije angažiraju jedinice s najmanjim, a tek onda jedinice s većim specifičnim troškovima.

Sve ovisnosti se upravo izgrađuju na opisanim karakteristikama, pa je stoga postavljen zadatak načinu izračunavanja energetskih karakteristika. Izučavanja koja će biti provedena odnosit će se na kotao i turboagregat.



Sl. 1. Toplinska shema blokovskog postrojenja 200 MW — TE Sisak

Izgradnjom bloka i njegovim puštanjem u eksploataciju, stavlja se pred korisnika niz značajnih zadataka. Jedan od najznačajnijih je osiguranje rada bloka i uvjeta koji omogućuju postizanje energetskih projektom predviđenih karakteristika.

Ovaj zadatak, naizgled ne težak, stavlja često pred pogonsko osoblje termoelektrane znatne probleme.

Za provjeru, da li blok elektrane, ili elektrana u cjelini za vrijeme pogona radi s karakteristikama predviđenim projektom, potrebne su stalne informacije o onim parametrima koji definiraju stanje pogona bloka, odnosno energetske karakteristike.

Želja za potpunijom kontrolom i povećanom ekonomičnošću, dovela je do primjene računala u pogonima termoeletrana. Procesna računala prikupljaju i automatski obrađuju informacije o stanju procesa. Oni omogućuju simultanu automatsku obradu podataka pogona, gdje se bez suvišnih postupaka podaci od postrojenja (bloka) prenose i direktno obrađuju u računalu po unaprijed uprogramiranom programu. Na osnovi zadanih računskih programa obavlja se korekcija dobivenih vrijednosti u odnosu na baždarne, provjeravaju se kritične vrijednosti u odnosu na gornju i donju granicu, izračunavaju se energetske karakteristike i bilance, a sve važnije indikativne vrijednosti, prekoračene granične vrijednosti, zapisuju se uz pomoć pisača u formi protokola.

Izračunavanjem tehničko-energetskih pokazatelja, kao što su:

— stupanj korisnog djelovanja kotla
— stupanj korisnog djelovanja turboagregata
— efikasnost rada kondenzatora
— efikasnost rada regenerativnog ciklusa
— specifična potrošnja topline turbinskog ciklusa i bloka
— vlastita potrošnja električne energije
— troškovi goriva i transporta,

procesno računalo služi da se uoče izvjesni poremećaji u pogonu, koji su prouzrokovani bilo načinom rukovanja i vođenja pogona, bilo određenim nedostacima na samom postrojenju, što ima za posljedicu smanjenje rentabilnosti, odnosno ekonomičnosti postrojenja termoelekrane s jedne strane, a s druge strane, sukcesivno se prate troškovi proizvodnje električne energije. Najveći dio poremećaja odražava se prethodno navedenim tehničko-energetskim pokazateljima, a ne eventualnim pogonskim smetnjama, koje bi lako uočilo pogonsko osoblje. Spomenuti poremećaji bi se po svom porijeklu mogli zadržati duže vrijeme u procesu proizvodnje, a da se ne uoče poteškoće u pogledu održavanja postrojenja u pogonu. Nastale smetnje se, dakle, isključivo odražavaju na povećanje troškova proizvodnje, a time i na smanjenje ekonomičnosti rada pogona.

Za izračunavanje prethodno navedenih tehničko-energetskih karakteristika uz pomoć procesnog računala, razvijeno je niz metoda i postupaka, kojima je zajednička karakteristika upotreba mjernih podataka o stanju procesnih medija postrojenja termoelektrana.

Prije osvrta na metodu izračunavanja tehničko-energetskih karakteristika uz pomoć procesnog računala, vrijedno je istaći bitne činjenice koje se često izgube iz vida pri rješavanju ove problematike:

— Optimiranje termoelektrane obavlja se u fazi njenog planiranja, a ne za vrijeme njenog pogona. To, ne umanjuje opravdanost primjene procesnog računala u pogonu termoelektrane, koje u stvari

treba da kontrolira ekonomičnost i uspješni rad termoelektrane.

— Procesno računalo primijenjeno u pogonu termoelektrane radi energetskog bilanciranja, nije samo sebi cilj. Za njegovu uspješnu primjenu nužno je razraditi način i metodu rada, drugim riječima valja pripremiti potrebne ulazne podatke i tok proračuna prilagođen jeziku računala. Tako postavljeni zadatak, može procesno računalo u pogonu termoelektrane rješavati brzo i uspješno, savjesnije i bolje od pogonskog osoblja.

3. Kontrola ekonomičnosti

Za ocjenjivanje uspješnosti rada postrojenja — kotla turboagregata ili bloka u cjelini u toku pogona, potrebno je raspolagati sa:

a) krivuljom specifičnog potroška topline utvrđenim na neki prikladan način (npr. na osnovi garantnih ispitivanja)

b) korekcijskim krivuljama dobivenim od isporučioca opreme

c) postupcima za svođenje proračunatog trenutnog stanja postrojenja na uvjetno stanje

d) trenutnom specifičnom potrošnjom topline postrojenja u toku pogona u stvarnim uvjetima.

Podaci od a) do c) stoje na raspolaganju korisniku postrojenja, a utvrđuju se mjerenjem neposredno nakon puštanja postrojenja u eksploataciju (krivulja specifičnog potroška) ili se dobivaju od isporučioca (korekcione krivulje). Postupci za svođenje stvarnog stanja na uvjetno dani su u VDI ili ASME propisima.

Za utvrđivanje trenutne specifične potrošnje topline postrojenja u toku pogona potrebno je raspolagati sa:

a) podacima koji pokazuju stanje postrojenja

b) metodom za izračunavanje tehničko-energetskih pokazatelja

— specifične potrošnje topline

— stupnja korisnog djelovanja.

Podaci o trenutnom stanju postrojenja dobivaju se sa mjernih instrumenata, za tu svrhu instaliranih na postrojenju.

Metoda za izračunavanje tehničko-energetskih pokazatelja postrojenja u toku pogona, u prvom redu ovisi o mogućnosti dobivanja podataka mjerenjem, zatim točnosti dobivenih mjernih vrijednosti.

Na osnovi prethodno navedenih podloga i podataka mogu se izvršiti izračunavanja trenutnih vrijednosti tehničko-energetskih pokazatelja, a njih je moguće usporediti s korespodentnim uvjetnim vrijednostima, odnosno izračunati odgovarajuća odstupanja.

4. Izračunavanje tehničko-energetskih pokazatelja (metoda)

4.1. Izračunavanje stupnja korisnog djelovanja kotla

Određivanje stupnja korisnog djelovanja kotla moguće je direktnom ili indirektnom metodom. Upotreba direktne metode vezana je uz poznavanje količine goriva, njegove ogrjevne vrijednosti, i predane količine topline na izlazu iz kotla. Određivanje količine, te ogrjevne vrijednosti goriva povezano je s nepremostivim poteškoćama, osobito kod krutih goriva, onda kada se želi u toku pogona kontinuirano izračunavati stupanj korisnog djelovanja kotla. U slučaju izračunavanja stupnja korisnog djelovanja kotla direktnom metodom, kod kotlova visokog kapaciteta i stupnja korisnog djelovanja, metoda je povezana s povećanim tolerancijama određivanja stupnja djelovanja.

To navodi na opravdanost primjene indirektne metode izračunavanja stupnja korisnog djelovanja kotla. Ova metoda osniva se na utvrđivanju toplinskih gubitaka. U slučaju i većih pogrešaka pri utvrđivanju toplinskih gubitaka, njihov je utjecaj na vrijednost stupnja korisnog djelovanja smanjen.

Određivanje stupnja korisnog djelovanja, odnosno toplinskih gubitaka, vezano je između ostalog s poznavanjem elementarne analize goriva i ogrijevne vrijednosti. Ove veličine kod jugoslavenskih lignita mijenjaju se i za ugljen iz jednog bazena u širokim granicama. Promjene ogrjevne vrijednosti i sastava goriva najčešće nemaju čvrstu korelacionu povezanost i mogu biti relativno brze, što ovisi o uvjetu kopa, vremenskim prilikama, kvaliteti sloja, itd.

Promjene ogrjevne vrijednosti na primjeru kolubarskog bazena kreću se u granicama od 1200 kcal/kg do 2200 kcal/kg. One se pojavljuju u veoma kratkim vremenskim razmacima.

Utvrđivanje elementarne analize i ogrijevne vrijednosti goriva, vezano je za uzimanje reprezentativnog uzorka, a potom za prilično dugotrajne kemijsko-laboratorijske analize. To navodi na činjenicu da je nemoguće prihvaćanje postupka kontinuiranog određivanja stupnja korisnog djelovanja kotla u toku pogona, uz prethodno spomenuti način utvrđivanja ulaznih podataka.

Navedene poteškoće, zahtijevale su iznalaženje indirektnog načina utvrđivanja kemijske analize i ogrjevne vrijednosti goriva uz pomoć veličina koje se mogu kontinuirano bez poteškoća utvrđivati odnosno mjeriti zadovoljavajućom točnošću.

U slijedećem prikazu bit će ukratko prikazane metode određivanja stupnja korisnog djelovanja kotla, posebno za kruto, a posebno za tekuće gorivo.

a) Kruto gorivo — lignit

Metoda određivanja stupnja korisnog djelovanja kotla primijenjena je na toplinskoj shemi bloka 200 MW TE Obrenovac, a prema tome su i određene veličine prilagođene toplinskoj shemi i karakteristikama goriva. Primijenjena metoda je opća i može se primijeniti, uz odgovarajuće korekcije vezane za toplinsku shemu i karakteristike goriva, i na bilo koje drugo kotlovsko postrojenje.

Zbog jednostavnosti prikazivanja toka proračuna sve su oznake dane u posebnoj specifikaciji, pa se u toku proračuna neće posebno objašnjavati uvedeni simboli.

Toplinski gubici kotla mogu se prikazati slijedećim funkcionalnim ovisnostima:

$$x_1 = f_1 (A, b_1, H_1, a, H_d, q_L) \quad (1)$$

$$x_2 = f_2 (A, b_2, a, H_d, q_L) \quad (2)$$

$$x_3 = f_3 (V_V, H_d, q_L, t_d, t_o) \quad (3)$$

$$x_4 = f_4 (V_S, CO, H_d, q_L) \quad (4)$$

$$x_5 = f_5 (A, b_1, t_š, a, H_d, q_L) \quad (5)$$

$$x_6 = f_6 (A, b_2, t_d, t_o, a, H_d, q_L) \quad (6)$$

$$x_7 = f_7 (D_K/D_{Knom}) \quad (7)$$

$$x_8 = f_8 (D_{isp}, t_d, i_{WN}, B, H_d, q_L \quad (8)$$

U funkcionalnim ovisnostima za toplinske gubitke od x_1 do x_6, te x_8 kao varijabla se pojavljuje donja ogrijevna vrijednost H_d.

Za lignit kolubarskog bazena utvrđeno je na osnovi mnogobrojnih raspoloživih kemijskih analiza, da se donja ogrijevna vrijednost može izraziti slijedećom funkcionalnom ovisnošću.

$$H_d = f (a_u, W_u) \quad (9)$$

Iz ove relacije proizlazi da je za utvrđivanje donje ogrijevne vrijednosti dovoljno poznavati sadržaj vlage i pepela u ugljenu.

Za određivanje nepoznanica a_u i W_u uspostavljene su relacije, koje zahtijevaju poznavanje kompletne analize dimnih plinova uključujući sadržaj vlage na izlazu iza EKA (CO_2, O_2, CO, N_2, H_2O), količine zraka za izgaranje (V_L), te ukupno prihvaćene topline u kotlu (Q_D). Iz uspostavljenih relacija nakon sređivanja dobiveni su izrazi koji određuju vrijednost a_u i W_u:

$$a_u = \frac{\beta}{2\alpha} - \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - \frac{\gamma}{\alpha}} \quad (10)$$

$$W = \frac{2E + 600 - (E + F)a_u}{2(E+600)} -$$

$$- \sqrt{\left[\frac{2E + 600 - (E + F)a_u}{2 (E + 600)}\right]^2 - \frac{(1 - a_u) (E - F \cdot a_u)}{E + 600}} \quad (11)$$

gdje je

$$\alpha = \left(\frac{B}{A + C} - \frac{F}{E + 600}\right)^2 + \left(\frac{A + B}{A + C} - \frac{E + F}{E + 600}\right)$$

$$\frac{AF - BE}{(A + C) (E + 600)} \quad (12)$$

$$\beta = \left(\frac{A}{A + C} - \frac{E}{E + 600}\right) \frac{AF - BE}{(A + C) (E + 600)} + 2\left(\frac{B}{A + C} -\right.$$

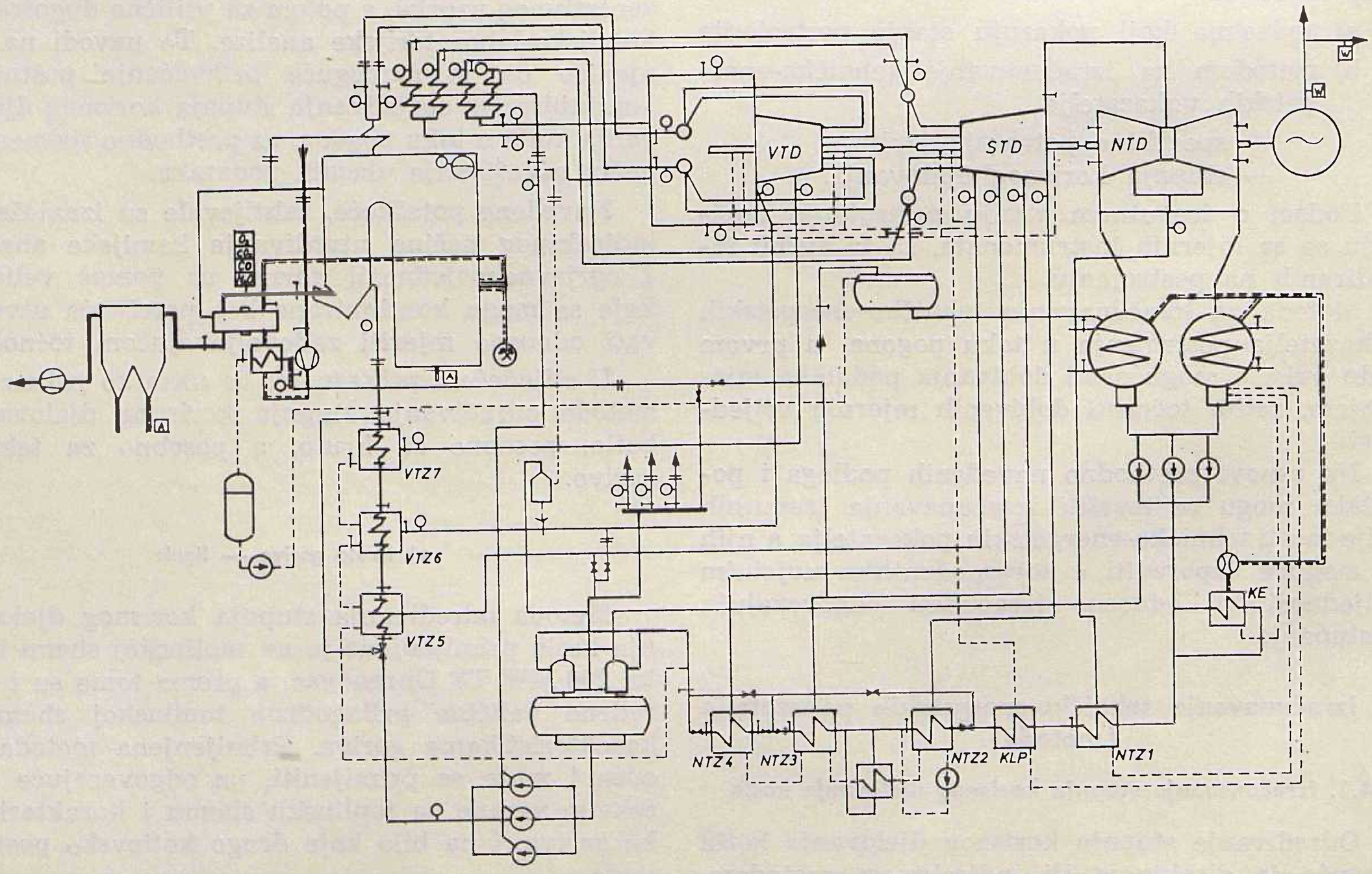
$$\left. - \frac{F}{E + 600}\right)^2 + 2 \left[\frac{AB}{(A + C)^2} - \frac{AF + BE}{(A + C) (E + 600)} +\right.$$

$$\left. + \frac{EF}{(E+600)^2}\right] - \left(\frac{A + B}{A + C} - \frac{E + F}{E + 600}\right)\left[\frac{B}{A + C} - \frac{F}{E + 600} -\right.$$

$$\left. - \frac{AF - BE}{(A + C) (E + 600}\right] \quad (13)$$

$$\gamma = \frac{A B}{(A+C)^2} - \frac{AF + BE}{(A + C) (E + 600)} + \frac{EF}{(E+600)^2} +$$

$$+ \left(\frac{A}{A + C} - \frac{E}{E + 600}\right) \frac{AF - BE}{(A + C) (E + 600)} \quad (14)$$



Sl. 2. Toplinska shema blokovskog postrojenja 200 MW — TE Obrenovac

$$A = \lambda\left(1 - \varkappa\frac{1 - H_2O'}{H_2O}\right)7{,}43490 - 0{,}23260 - 0{,}75166\,\frac{1 - H_2O}{H_2O} \quad (15)$$

$$B = \lambda\left(1 - \varkappa\frac{1 - H_2O}{H_2O}\right)2{,}07014 - 0{,}1617 - 0{,}11667\,\frac{1 - H_2O}{H_2O} \quad (16)$$

$$C = 1{,}243\,\frac{1 - H_2O}{H_2O} \quad (18)$$

$$E = 6664{,}7 - 7{,}43490\ y \quad (18)$$

$$F = 2043{,}3 - 2{,}07014\ y \quad (19)$$

$$y = \left(\frac{Q_D}{\eta_K} - Q_L\right)\frac{\lambda^*(1 + \varkappa)}{V_L} \quad (20)$$

Veličine η_K i λ^* u jednadžbi (20) pretpostavljaju se prilikom proračuna, ili se pak uzimaju posljednje izračunate vrijednosti. Zbog razlika između stvarnog stupnja korisnog djelovanja i pretpostavljenog, kao i stvarnog pretička zraka i pretpostavljenog, postupak proračunavanja je iterativan. Iteracija se obavlja tako dugo dok se razlika između dviju susjednih vrijednosti ne smanji na $\Delta\eta = 0{,}002$ i $\Delta\lambda = 0{,}005$.

Nakon poznavanja sadržaja pepela i vlage u gorivu, određuje se donja ogrijevna vrijednost.

Zbog pojednostavljenja izraza za donju ogrijevnu vrijednost uvedene su slijedeće veličine:

$$a^* = a_u / (1 - W_u) \quad (21)$$

$$g^* = 1 - a_u - W_u \quad (22)$$

$$H_d = (6664{,}7 - 2043{,}3\,a^*)\,g^* - 600\,W_u \quad (21)$$

Poznatim veličinama a_u i W_u, moguće je odrediti kompletnu elementarnu analizu goriva. Uvođenjem dobivenih vrijednosti u izraze za karakteristike izgaranja i nakon njihova sređivanja moguće je odrediti toplinske gubitke kotla

$$\sum_{i-1}^{\infty} x_i = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \quad (24)$$

POPIS OZNAKA PRIMIJENJENIH U POGLAVLJU IZRAČUNAVANJA TEHNIČKO-ENERGETSKIH POKAZATELJA

x_1	%	Gubitak neizgorenog u šljaci
x_2	%	Gubitak neizgorenog u letećem pepelu
x_3	%	Gubitak osjetne topline dimnih plinova
x_4	%	Gubitak neizgorenog u dimnim plinovima
x_5	%	Gubitak osjetne topline šljake
x_6	%	Gubitak osjetne topline letećeg pepela
x_7	%	Gubitak isijavanja i provođenja
x_8	%	Gubitak uslijed rada parnih ispuhivača
A		Pomoćna veličina
B		Pomoćna veličina
C		Pomoćna veličina
D_K	kg/h	Količina svježe pare
D_{Knom}	kg/h	Nominalna količina svježe pare
D_{isp}	kg/h	Količina pare za ispuhivače
E		Pomoćna veličina
F		Pomoćna veličina
V_L	Nm^3h	Ukupna količina zraka
V_V	Nm^3/kg	Stvarna količina vlažnih dimnih plinova
V_S	Nm^3/kg	Stvarna količina suhih dimnih plinova
CO_2	%	Postotak CO_2 u suhim dimnim plinovima iza EKO
CO	%	Postotak CO u suhim dimnim plinovima iza EKO
O_2	%	Postotak O_2 u suhim dimnim plinovima iza EKO
N_2	%	Postotak N_2 u suhim dimnim plinovima iza EKO
H_2O	Nm^3/Nm^3	Sadržaj vlage u dimnim plinovima
Q_D	kcal/h	Ukupno prihvaćena toplina u kotlu
Q_L	kcal/h	Količina topline za parne zagrijače zraka
H_1	kcal/kg	Ogrijevna vrijednost neizgorenog u šljaci
H_d	kcal/kg	Donja ogrijevna vrijednost ugljena
W_u	kg/kg	Sadržaj ukupne vlage u ugljenu
a	kg/kg	Pepeo
a_u	kg/kg	Sadržaj pepela u ugljenu
b_1 b_2	%	Sadržaj izgorivog u šljaci i letećem pepelu
q_L	kcal/kg	Količine topline dovedene zrakom za izgaranje
i_{WN}	kcal/kg	Entalpija pojne vode
t_o	°C	Temperatura okolišnjeg zraka
t_d	°C	Temperatura dimnih plinova iza LUVO
$t_š$	°C	Temperatura šljake
α		Pomoćna veličina
β		Pomoćna veličina
γ		Pomoćna veličina
λ		Pretičak zraka iza EKO
$\varkappa$	Nm^3/Nm^3	Molarna vlažnost zraka
y		Pomoćna veličina
η_K	%	Stupanj djelovanja kotla
λ^*		Pretičak zraka na kraju kotla
g^*	kg/kg	Čista goriva supstance ugljena
a^*	kg/kg	Sadržaj pepela u bezvodnoj snazi ugljena

b) Tekuće gorivo — mazut

Promjene kemijskog sastava i ogrijevne vrijednosti tekućeg goriva — mazuta kreću se u uskim granicama i relativno su male. Ova činjenica omogućuje određivanje stupnja korisnog djelovanja uz unaprijed određene vrijednosti kemijskog sastava i ogrijevne vrijednosti. Način utvrđivanja kemijske analize i ogrijevne vrijednosti objašnjeno je u poglavlju »mjerenje«.

Metoda izračunavanja stupnja korisnog djelovanja počiva na određivanju toplinskih gubitaka i općenita je, a usklađena je s VDI propisima za primopredajna ispitivanja kotlovskih postrojenja.

5. Mjerenja

Prema postavljenoj metodi kontrole ekonomičnosti postrojenja termoelektrane utvrđena su potrebna mjerna mjesta i prikazana na toplinskoj shemi blokovskog postrojenja 200 MW TE SISAK, danoj na slici 1, te na toplinskoj shemi blokovskog postrojenja 200 MW TE Obrenovac, danoj na slici 2.

5.1. Mjerenje količine pare

Za provedbu mjerenja količine pare potrebno je uvažiti činjenicu, da su moguće greške mjerenja značajne (čak do 2%) stoga je preporučljivo nadomještanje mjerenja količine pare s količinom vode ili kondenzata. Ako je nužno mjerenje količine pare, tada je pogodnija upotreba Venturijeve sapnice od mjerne prigušnice.

5.2. Mjerenje količine goriva

Mjerenja količine tekućih i plinovitih goriva moguće je, sa zadovoljavajućom preciznošću, pomoću brojila koja se nalaze u upotrebi. Ovo se posebno odnosi na mjerenje tekućih goriva.

Mjerenje količine krutih goriva radi određivanja količine topline koja se unosi u kotao, ne može se smatrati pouzdanom i valja je izbjegavati. Stalno vaganje ili mjerenje brzine transportne trake za slučaj mjerenja niskokaloričnih ugljena (lignita), koji osim toga imaju znatno promjenljivu ogrjevnu vrijednost, može se smatrati neprecizним za kontrolu ekonomičnosti postrojenja u radu. Stoga, je u ovakvim slučajevima potrebno prihvatiti indirektno mjerenje količine goriva, uz pomoć analize dimnih plinova i količine zraka.

5.3. Mjerenje količine zraka

Za potrebe sagorijevanja potrebna je znatna količina zraka. Zrak se pomoću ventilatora i kanala vodi preko predgrijača zraka u zagrijač zraka, gdje se zagrijava do temperature 250—300°C, a zatim odvodi na uređaj za loženje.

Mjerenje količine zraka koja se unosi na uređaj za loženje moguće je upotrebom venturijevih sapnica. Ukupnu zračnu struju kod velikih kotlovskih jedinica poželjno je razdijeliti na dva ili više kanala, čime se postiže veća točnost mjerenja.

5.4. Mjerenje temperatura

Za potrebe industrijskih mjerenja, stoje na raspolaganju električni termometri dovoljne preciznosti, a pružaju garanciju pouzdanosti. Između termoelemenata i otpornih termometara, može se u slučaju da vremenska konstanta ne igra veću ulogu, dati prednost otpornim termometrima, koji su precizniji i manje osjetljivi na električne smetnje.

U slučaju mjerenja temperature u velikim kanalima, potrebno je instalirati veći broj termoelemenata raspoređenih po presjeku, a potom izračunati srednju temperaturu.

5.5. Mjerenje tlaka

Manometri sa Burdonovom cijevi najčešće se koriste za mjerenje većih vrijednosti tlaka, dok se za manje vrijednosti tlaka koriste manometri s membranom.

Točnost koja se postiže pomoću navedenih instrumenata namijenjenih za industrijsku upotrebu obično ne prelazi 1%, a može se povećati periodičnim baždarenjem. U takvim slučajevima može se postići točnost mjerenja do 0,25%.

5.6 Mjerenje snage

Mjerenjem snage sa watmetrima spojenim u Aronov spoj ili pomoću sheme sa tri watmetra, čija klasa iznosi 0,2, može se postići visoka preciznost pri čemu valja voditi računa o potrebnoj klasi točnosti mjernih transformatora.

5.7. Mjerenje analize dimnih plinova

Radi utvrđivanja toplinskih gubitaka pri kontroli ekonomičnosti u tekućem pogonu, potrebno je kontinuirano mjerenje analize dimnih plinova. Uz uobičajene instrumente za mjerenje sadržaja CO_2, O_2 i CO, predviđeno je mjerenje sadržaja vlažnosti (H_2O) u dimnim plinovima.

Analizu dimnih plinova u tekućem pogonu radi određivanja toplinskih gubitaka, potrebno je obaviti u presjeku dimnog kanala ispred rotacionog zagrijača zraka.

5.8. Mjerenje kemijske analize goriva

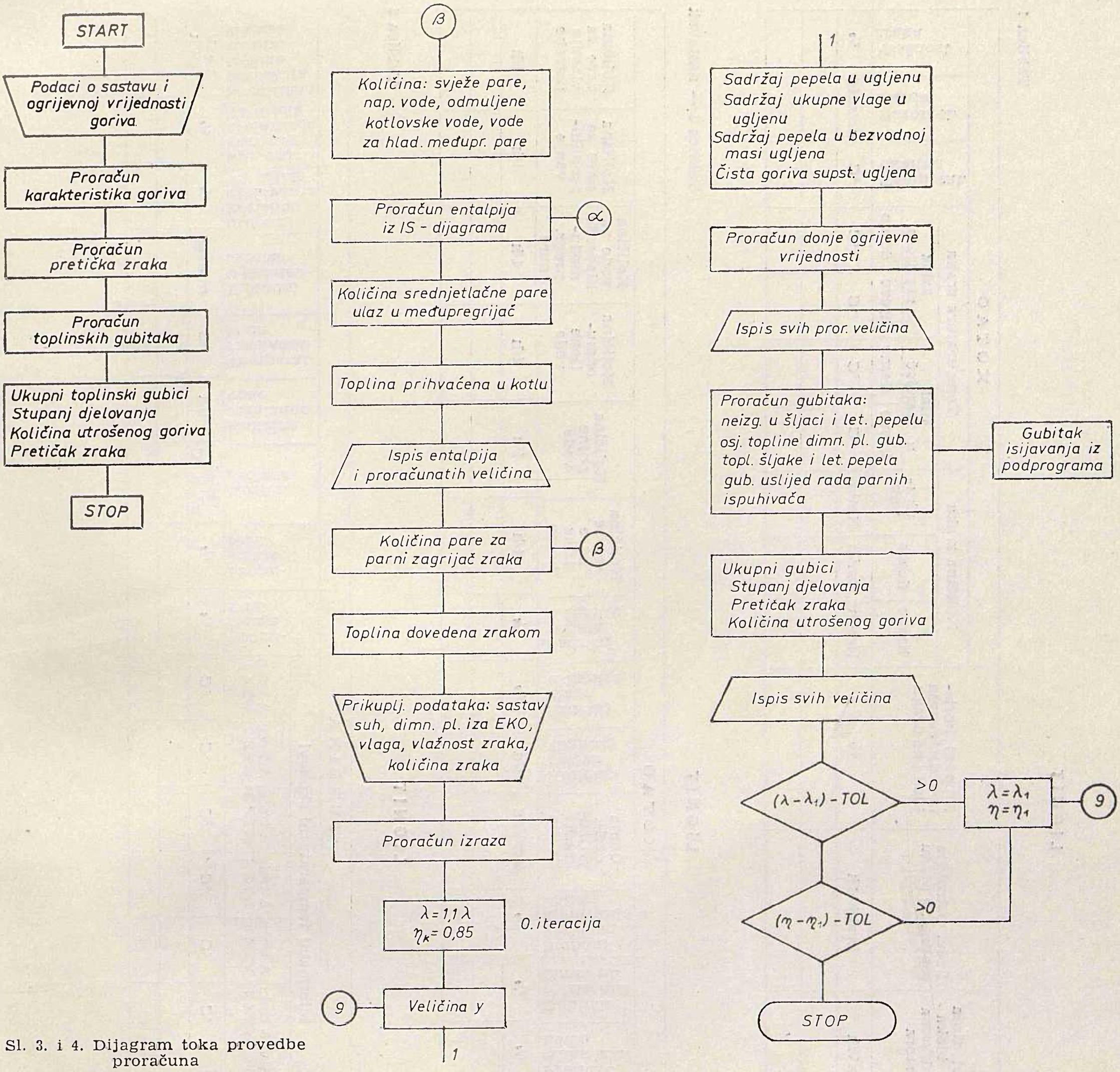
Kruta goriva

Kontinuirano mjerenje kemijske analize krutog goriva direktnom metodom za vrijeme tekućeg pogona nije moguće. Utvrđivanje toplinskih gubitaka radi određivanja stupnja korisnog djelovanja kotla indirektnom metodom uključuje poznavanje ogrijevne vrijednosti i kemijskog sastava goriva. Kontradiktornost navedenih činjenica zahtijeva određivanje ogrijevne vrijednosti i analize goriva indirektnim putem. Koristeći veličinu sadržaja vlage u dimnim plinovima, dobivenu mjerenjem, zatim količine zraka, moguće je postavljenim relacijama odrediti sadržaj vlage i pepela u gorivu. Postavljene relacije općenito vrijede za sva kruta goriva, uz napomenu da je vrijednosti koeficijenata potrebno odrediti za svako gorivo (bazen) posebno.

Tekuća goriva

Promjena ogrijevne vrijednosti tekućih goriva može se kretati u veoma uskim granicama, za razliku od krutih goriva (Lignita), gdje su ove promjene znatne. Sastav i ogrijevna vrijednost tekućeg goriva, koje se doprema iz rafinerije nafte može varirati od šarže do šarže. Kemijska analiza svake šarže određuje se u okviru rafinerije nafte. U slučaju da se termoelektrana nalazi u neposrednoj blizini, i kada se iz procesa rafinerije direktno odvodi mazut na uređaj za loženje, utvrđena kemijska analiza u rafineriji može se smatrati vjerodostojnom.

Ako se mazut doprema iz rafinerije do termoelektrane vagonskim cisternama i skladišti u rezervoarima, tada je preporučljivo utvrđivanje kemijske analize svake kompozicije. Na taj način



Sl. 3. i 4. Dijagram toka provedbe proračuna

utvrđeni sastav goriva ubacuje se u procesno računalo u svrhu utvrđivanja stupnja korisnog djelovanje kotla.

5.9. Točnost mjerenja

Točnost rezultata proračuna ne ovisi isključivo o metodi proračunavanja koja se koristi za izračunavanje tehničko-energetskih pokazatelja, već i o preciznosti instrumenata kojima se mjeri. Tako će se pokazati koje se granice točnosti mogu očekivati u odnosu na maksimalnu i minimalnu preciznost instrumenata, kod proračunavanja tehničko-energetskih pokazatelja.

Parametar	Upotrebljeni instrument	Pogreška mjerenja % max.	min.
Temperatura pregrijane pare	Termoelementi	± 1	± 0,5
Temperatura dimnih plinova	Termoelementi	± 1	± 0,5
Temperatura pojne vode	Otporni termometar	± 1	± 0,5
Temperatura dodatne vode i kondenzata	Otporni termometar	± 1	± 0,5
Tlak pregrijane pare	Manometar	± 1	± 0,3
Snaga (uključivo mjerni transformatori)		± 1	± 0,5
Analiza dimnih plinova iza EKA O_2		± 1	± 1
Analiza dimnih plinova iza EKA CO_2, CO		± 1	± 1

Uz navedene točnosti mjerenja, može se odrediti točnost proračunatih tehničko-energetskih pokazatelja.

6. Organizacija i provedba proračuna tehničko-energetskih pokazatelja na elektroničkom računalu

Za postavljeni način izračunavanja tehničko-energetskih karakteristika radi kontrole ekonomičnosti rada postrojenja uz pomoć digitalno procesnog računala, prikazan je na sl. 3 i 4 dijagram toka provedbe proračuna.

LIGNIT

Tablica 1

Vrijeme	Snaga i energija na stezaljkama generatora		Snaga i energija vlastite potrošnje		Snaga i energija predana u mrežu		Spec. potrošnja topline bloka na stezaljkama generatora	Spec. potrošnja topline na pragu	Stupanj korisnog djelovanja bloka na pragu	KOTAO										
			Mjereno		Računato					Količina zraka			Temperatura zraka				Temperat. okoline	Barom. stanje	Vlažnost zraka
										lijevo	desno	ukupno	Ulaz u zagrijač		Izlaz iz zagrijača				
													lijevo	desno	lijevo	desno			
	MW	MWh	MW	MWh	MW	MWh	kcal/kWh	kcal/kWh	%	Nm³/h	Nm³/h	Nm³/h	°C	°C	°C	°C	°C	mmHg	%

LIGNIT

Tablica 1 — nastavak

KOTAO																				
Dimni plinovi							Pretičak zraka iza EKO	Pretičak zraka izlaz kotao	Gubitak u izlaznim dimn. pl.	Stupanj korisnog djelovanja kotla	Donja ogrij. vrijednost lignita	Količina goriva (lignita)	Sadržaj vlage u lignitu	Sadržaj pepela u lignitu	Količina svježe pare izlaz kotao	Količina pojne vode	Količina odmuljene vode	Količina vode za hlađenje međupregr. pare	Količina pare za propuhivanje	Količina pare za vlastite potrebe
Temperat. na izlazu			Analiza																	
lijevo	desno	srednja	O_2	CO_2	CO	H_2O														
°C	°C	°C	%	%	%	%	%	%	%	%	kcal/kg	t/h	%	%	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h

LIGNIT

Tablica 2

Vrijeme	TURBINA																					
	Svježa para		Međupregrijana para		Temperat. pojne vode	Temperat. kondenz. Hotwel	Minimalni temperaturni skokovi							Propuštanje VTZ	Propuštanje NTZ	Koefic. prolaza	Količina rashladne vode	Temperat. rashladne vode	Vakuum u kondenzatoru	Stupanj korisnog djelovanja VT dijela	Stupanj korisnog djelovanja ST dijela	Specifična potrošnja topline turbin. ciklusa
	Tem.	Tlak	Tem.	Tlak			Δ tmin VTZ 7	Δ tmin VTZ 6	Δ tmin VTZ 5	Δ tmin NTZ 4	Δ tmin NTZ 3	Δ tmin NTZ 2	Δ tmin NTZ 1									
	°C	kp/cm²	°C	kp/cm²	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%	%	kcal/m², h, °C	t/h	°C	mmHg	%	%	kcal/kWh

Da bi pogonsko osoblje moglo pratiti efikasnos rada postrojenja potrebno je prezentiranje termodinamičkih i tehničko-energetskih parametara, bilo da su dobiveni direktnim mjerenjem ili pak proračunom. Prezentiranje termodinamičkih parametara tehničko-energetskih pokazatelja predviđeno je u skladu s protokolom prikazanim u tablici 1 i 2 za lignit.

U protokolu je predviđeno da se osim energetskih pokazatelja, tiskaju i izvjesne veličine koje ne ulaze u tokove proračuna energetskih pokazatelja, ali po svom značaju predstavljaju korisne pokazatelje za operativno osoblje.

Vremenska provedba proračuna

Organizacija programa proračuna provodi se tako da izlazni rezultati proračuna na najbolji način odraze prosječno stanje postrojenja.

Za potrebe proračuna procesno računalo koristi podatke koji su uneseni u centralnu memoriju računala, a koji u svako vrijeme odražavaju stvarno stanje postrojenja.

Za svaku veličinu nalazi se niz vrijednosti, koje računalo po vremenskom programu preuzima prethodno izračunavši njezinu srednju vrijednost. Srednje vrijednosti predstavljaju ulazne podatke za izračunavanje po programu.

Provedba proračuna tehničko-energetskih pokazatelja može biti svakih 10 minuta ili s drugim vremenskim intervalom na koji se podesi interni sat računala.

Vremensko tiskanje protokola

Izlazne veličine proračuna upotpunjuju se svakih 10 minuta, dok se tiskanje obavlja na posebnom protokolu, a u vremenskom razmaku koji se podesi na internom satu računala. Broj izlaznih vrijednosti može se također podesiti, ovisno o potrebi. Za blokovske jedinice koje su predviđene za vožnju baznog opterećenja, tiskanje izlaznih vrijednosti dovoljno je svakog sata, uz mogućnost da operater u svakom času može zatražiti tiskanje izlaznih vrijednosti analogno jednosatnim.

Blokovske jedinice predviđene za vožnju varijabilnog dijela dijagrama opterećenja, moraju imati češće tiskanje izlaznih vrijednosti u odnosu na blokovske jedinice predviđene za pokrivanje baznog opterećenja. Tiskanje izlaznih vrijednosti kod ovakvih jedinica dovoljno je svakih pola sata, uz mogućnost da operater u svakom trenu može zatražiti izlazne vrijednosti analogne polusatnim.

Nakon 24 sata, a iza posljednjeg jednosatnog, odnosno polusatnog tiskanja izlaznih vrijednosti, dobiva se pregled (rezime) — dnevnog protokola.

Literatura

1. Hrvoje Požar: *Ekonomična raspodjela opterećenja*, Školska knjiga, Zagreb, 1953.
2. H. Kruse: *Einsatz Elektronischer prozesrechenanlagen in Dampfkraftwerken*, Brennstof — Wärme — Kraft 16 (1964.) br. 5
3. G. Kimmich, R. V. Klösterlein, G. Schwab, G. Schwerdtner: *Der Prozesrechner im praktischen Einsatz im Dampfkraftwerk*, Energie 1966, № 5.
4. G. Kimmich, R. V. Klösterlein G. Schwab, G. Schwerdtner: *Der prozesrechner im praktischen Einsatz im Dampfkraftwerk*, Teil II, Energie 1966, № 7.
5. H. Dittmar und G. Schwab: *Turbinenabnahmeversuch mit einer Digital Arbeitenden Rechenmaschine im Kraftwerk Westfalen*, Energie und Technik 1965, № 1.
6. Z. Selanec, S. Ivančić: *Tekuće dnevno energetsko bilanciranje u TE Kolubara*, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1966.
7. *Asme Power test Codes Steam Turbines*, The American Society of Mechanical Engineers New York, 1949.
8. *Asme Power test Codes Appendix to Steam Turbines*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1949.
9. *Asme Power test Codes Steam Generating Units*, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1965.
10. DIN 1953 VDI — *Temperaturmessregeln*
    DIN 1952 *Durchflussmessregeln*
    DIN 1942 *Abnahmeversuche an Dampferzeugern*
    DIN 1943 VDI — *Dampfturbinenregeln Abnahmeversuche an Dampfturbinen*
11. W. Koch, E. Schmidt: *VDI Steam Tables*, Springer — Verlag, Berlin, 1956.
12. Melvin Klerer, Ph. D, Granino A. Korn, Ph. D: *Digital Computer User's Hand Book* McGraw-Hill Book Company
13. Saccenti G., Pisanechi F., Trivella A.: *Alcune Considerazioni sulla strumentazione per la misure delle grandezze elettriche e non elettriche e sui relativi circuli di collegamento agli elaboratori di processo, destinati al controllo delle centrali termoelettriche*, Rendiconti della LXXII Riunione Annuale AEI, 1971.
14. —: *Sistema IBM 1710 Descrizione dei programmi e modello matematico*, ENEL, 1970.
15. —: *Centrale di la spezia — Unita 3 e 4 descrizione e norme d'uso del programma »Calpre« per icalcoli periodici di prestazione*, ENEL, 1972.

Naslov pisaca: Mr. Duško Čorak, dipl. ing.
Stjepan Ivančić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, Zagreb

O PITANJU STOHASTIČKIH KVAROVA U TEHNICI ELEKTRIČKIH POSTROJENJA

Kurt W. Edwin, Aachen

Oslanjajući se na poznate pojmove i definicije iz teorije vjerojatnosti prikazane su osnovne relacije za određivanje raspoloživosti funkcija postrojenja koja se mogu opisati dvostepenim ili višestepenim modelom. Iznesene su poteškoće s kojima se susreće prilikom računanja pouzdanosti složenijih sistema, kao i potrebne pretpostavke pri istraživanju pouzdanosti. Također je ukazano na ciljeve istraživanja.

DK 621.316.9

1. Uvod

Onovni zadatak opskrbe električnom energijom, dakle pretvorbe primarne energije u električnu i raspodjele do konačnog potrošača, može se u principu odrediti sa četiri zahtjeva: dovoljno, pouzdano, jeftino i čuvanje ljudske okolice. Pri tome je svaki od tih zahtjeva ovisan o drugom. Tako je npr. sigurnost opskrbe električnom energijom ovisna o redundanciji sistema, o troškovima primijenjene tehnologije za pretvorbu i prijenos, te u rastućoj mjeri od zahtjeva društva.

Stoga se zadaća optimalne opskrbe električnom energijom mora riješiti u polju tih većim djelom proturječnih uvjeta.

Ako se istražuje sigurnost postrojenja i sistema za opskrbu električnom energijom saznaje se da su ukupni sistemi vrlo pouzdani. Smetnje u opskrbi potrošača su rijetke. Uprkos tome, zbog dinamike ravoja, dobit će istraživanje sigurnosti opskrbe električnom energijom sve veće značenje. U prilog tome govori niz tehničkih razloga:

a) S općom potrebom za energijom raste potreba za električnom energijom natprosječno. U SR Njemačkoj se predviđa da će u 2000-toj godini proizvodnja električne energije sudjelovati s 50% u ukupnim potrebama za primarnom energijom. Upotreba elektriciteta kao nosioca informacije raste na sličan način. Time će opskrba električnom energijom u slijedećim desetljećima dobiti centralno značenje.

b) Jedinačna snaga postrojenja za proizvodnju, prijenos i razdiobu povećava se eksponencijalno. Izgradnja postrojenja postaje složenija, a time veća mogućnost pojave kvara. kvara.

c) Stupanje automatiziranosti pogona elektrana i mreža postaje zbog sve veće primjene procesnih računala, veći. Veći stupanj automatiziranosti nekog sistema zahtijeva i veću sigurnost postrojenja.

d) Zbog kvarova u postrojenjima (npr.: u nuklearnim elektranama) mogu biti ugroženi i ljudi. Zato je potrebno da se unaprijed, po mogućnosti točno, izračuna vjerojatnost ispada.

Nadalje, mora se voditi računa o dvjema gospodarski utjecajnim veličinama koje su i do sada jako utjecale na istraživanje sigurnosti.

a) Stupanj iskorištenja kapitalnointezivnih postrojenja za pretvorbu i prijenos energije mora se iz gospodarskih razloga što više povećati. Smanjenje sigurnosti, a time i smanjenje korištenja postrojenja znatno povećava specifične troškove proizvodnje.

b) Budući da se jedinične snage postrojenja za proizvodnju i potrošnju električne energije povećavaju, postaje ispad sve značajniji zbog direktnih ili indirektnih troškova koji pri tome nastaju.

Prema tome problem opskrbe električnom energijom nije samo u tome da je ona sada sigurna, već da, uzimajući u obzir prethodno spomenute utjecajne veličine, i ostane sigurna i u slijedećim desetljećima.

2. Vladanje postrojenja u pogonu

2.1. Općeniti prikaz problema

U najednostavnijem slučaju može se vladanje neke komponente u pogonu opisati s dva moguća stanja, kao: pogon B i ispad A. Poznate karakteristične veličine sigurnosti, koje se iz toga mogu izvesti, su pojmovi teorije vjerojatnosti [3, 4].

Funkcija sigurnosti:

$$R(t) \equiv P(B) = \lim_{n \to \infty} H_n(B), \text{ za } 0 \leq t_b = \text{konst} \leq \infty.$$

Intenzitet ispada:

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt}.$$

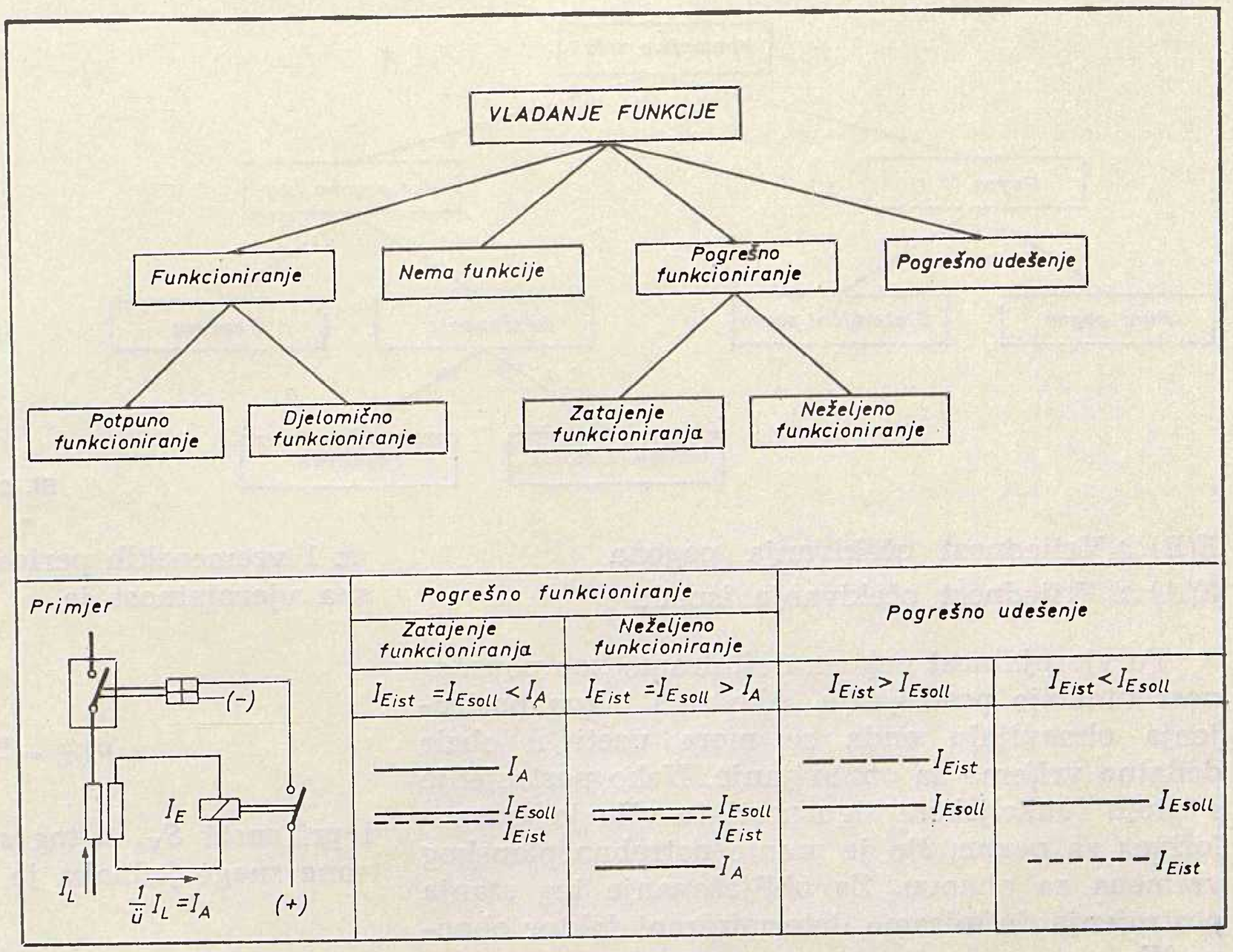
Funkcija popravka:

$$M(t) \equiv P(A) = \lim_{n \to \infty} H_n(A), \text{ za } 0 \leq t_b = \text{konst} \leq \infty.$$

Intenzitet popravka:

$$\mu(t) = \frac{1}{1 - M(t)} \cdot \frac{dM(t)}{dt}.$$

Kod postrojenja koja ne proizvode energiju može se vladanje u pogonu često opisati čisto stohastičkim vladanjem funkcije. Iako je ponašanje takvih, postrojenja jednostavno, ili pogon ili ispad, funkcijske mogućnosti prema slici su raznolike. Budući da kod takvih postrojenja, prema pretpostavci, ne može nastupiti održavanje, vrijeme rezerve, ni promjena snage, može se nji-



Sl. 1 Vladanje funkcije postrojenja

hovo funkcioniranje opisati kao proces iz teorije vjerojatnosti koji se obnavlja s dva stanja.

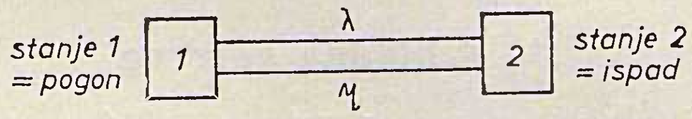
Kod postrojenja, koja neposredno služe pretvorbi i prijenosu električne energije, takav opis je nedovoljan i mora se zamijeniti opisom promjene snage i vremena. Prema slici 2 može se to vladanje u radu opisati stohastičkom promjenom snage i determiniranim, odnosno stohostičkim trajanjima.*

* Ako bi se točno promatralo, moralo bi se trajanje uzimati u skladu s teorijom vjerojatnosti. Zbog velike vjerojatnosti da će planirano vrijeme popravka biti i stvarno, dozvoljeno ga je smatrati determiniranim.

2.2. Matematički opis

2.2.1. Dvostepeni model pogona

Takvo vladanje u pogonu može se predstaviti jednostavnim dijagramom stanja: »pogon« i »ispad« s konstantnim intenzitetom ispada i konstantnim intenzitetom popravka.



Pri tome određuje recipročna vrijednost intenziteta ispada λ srednje vrijeme između nastupa dvaju ispada (MTBF), a intenzitet popravka μ srednje vrijeme popravka (MTTR).

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda}; \quad \text{MTTR} = \frac{1}{\mu} \tag{1}$$

Vjerojatnost pogona, dakle vjerojatnost nastupa stanja 1 jednog takvog postrojenja za vremensko razdoblje $t + \Delta t$, ako je μ, $\lambda = f(t)$, $t_1 \triangleq$ posljednji popravak, $t_2 \triangleq$ posljednji ispad,

$$O[\Delta t] = \frac{1}{R(t)} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{d^n R}{dt^n} \frac{(\Delta t)^n}{n!}$$

općenito glasi:

$$P_i(t + \Delta t) = P_1(t) \cap [1 - \lambda(t - t_1)\Delta t] \cup P_2(t) \cap \mu(t - t_2)\Delta t + 0(\Delta t) \tag{2}$$

i vjerojatnost ispada za isto vremensko razdoblje

$$P_2(t + \Delta t) = P_1(t) \cap \lambda(t - t_1)\Delta t \cup P_2{:}t) \cap [1 - \mu(t - t_2)\Delta t] + 0(\Delta t). \tag{3}$$

Nakon preuređenja i prijelaza na diferencijalne kvocijente $\Delta t \to 0$ dobije se linearni sustav diferencijalnih jednadžbi koji opisuje vladanje stanja jednog takvog postrojenja.

$$\begin{bmatrix} \frac{dP_i(t)}{dt} \\ \\ \frac{dP_2(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda(t - t_1) & \mu(t - t_2) \\ \\ \lambda(t - t_1) & -\mu(t - t_2) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1(t) \\ \\ P_2(t) \end{bmatrix} \tag{4}$$

Ako je, kako se kod takvih postrojenja uzima,

$$\lambda, \mu \neq f(t) \tag{5}$$

dade se uz pomoć Laplace-ove transformacije pisati rješenje sustava jednadžbi za pogonsku vjerojatnost

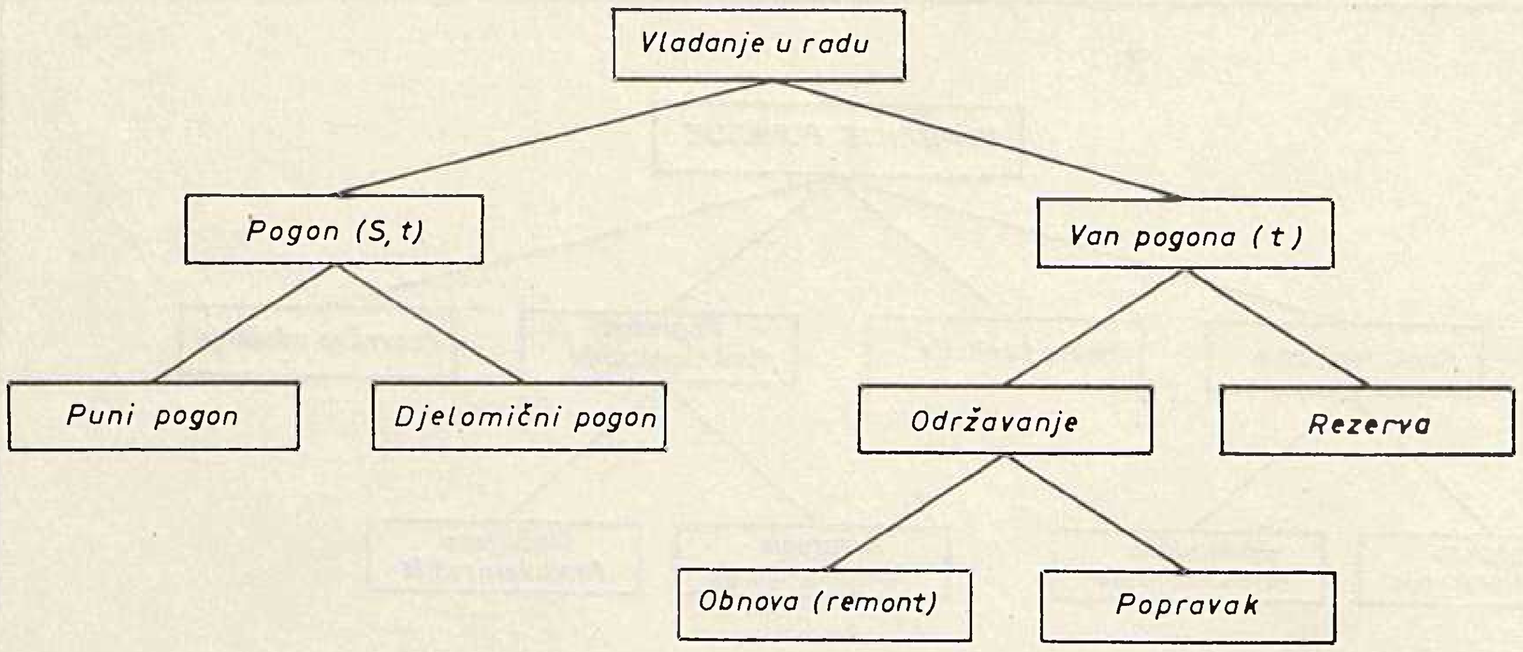
$$P_1(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\exp[-(\lambda + \mu)t]}{\mu + \lambda} [\lambda P_1(0) - \mu P_2(0)]. \tag{6}$$

Drugi član te jednadžbe teži 0, ako je

$$t > 5(\lambda + \mu)^{-1} \tag{7}$$

pa se dobije ustaljeno vladanje pogona takvog postrojenja:

$$P_1 = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{E(B)}{E(B) + E(A)} = V_F \tag{8}$$



Sl. 2 Vladanje postrojenja u radu

$E(B) \triangleq$ Vrijednost očekivanja pogona

$E(A) \triangleq$ Vrijednost očekivanja ispada

Tu vjerojatnost pogona definiramo kao pouzdanost funkcije postrojenja. Ako se i takva postrojenja obnavljaju onda se mora uzeti u obzir dodatno vrijeme za obnavljanje. Neko postrojenje s istom funkcijskom sigurnosti to više je »raspoloživo« za pogon, što je manje potrebno planskog vremena za obnovu. Za obilježavanje tog stanja postrojenja definiramo determinirani faktor obnove W:

$$W = \frac{t_N - t_{Pl}}{t_N} \tag{9}$$

$t_N \triangleq$ nazivno vrijeme; $t_{Pl} \triangleq$ vrijeme potrebno za obnovu. Time se može općenito predstaviti raspoloživost funkcije k_F takvog postrojenja [2]:

$$k_F = V_F \cdot W \tag{10}$$

2.2.2. n-stepeni model pogona

Opisane karakteristične veličine nisu uvijek dovoljne za opis vladanja pogona postrojenja i sistem za opskrbu električnom energijom, kako to slike 3 i 4 nagovještavaju. Često prikazivana krivulja u obliku kade sa

$$t_1 \ll t_2;\ \lambda_{12} \neq f(t) \tag{11}$$

ne vrijedi za mnoga postrojenja za opskrbu električnom energijom jer se osim pogona, popravka, mora uzeti u obzir obnova, hladna rezerva, a naročito promjena snage postrojenja.

Na primjeru pogona elektrana prema slici 4 može se pokazati da za mnoga postrojenja ne odgovara opis vladanja postrojenja formuliran jednadžbom (10). Za označavanje vladanja snage mora se razlikovati stvarna snaga od moguće, kao i djelomični ispad od potpunog. Nadalje, pri određivanju vremenskih razdoblja moraju se obuhvatiti osim vremena za obnovu i popravak još i vremena hladne rezerve [5, 6].

Očekivana vrijednost snage $E(S_V)$ u vrijeme zahtjevanog pogona $t_{B\,gef}$, gdje je

$$t_{B\,gef} = t_B + t_S \tag{12}$$

$t_B \triangleq$ vrijeme pogona, $t_S \triangleq$ vrijeme potpunog ispada određuje se zbrojem od k stanja snage pomnoženih s vremenskom vjerojatnošću toga događaja, dakle, uz 1 vremenskih perioda za n-ti stupanj, vremenska vjerojatnost je

$$P(n) = \frac{\sum_{m=1}^{1} t_{nm}}{t_{B\,gef}} \tag{13}$$

i pri snazi S_{Vn} n-tog stupnja, vjerojatnost očekivane snage jednaka je

$$E(S_v) = \sum_{n=1}^{k} S_{Vn}\, P(n) \tag{14}$$

a time je stohastička sigurnost snage V_L postrojenja:

$$V_L = \frac{E(S_V)}{E(S_V) + E(S_{St})} = \frac{E(S_V)}{S_N}) \tag{15}$$

$$S_N = E(S_V) + E(S_{St}) \tag{16}$$

Pri tome $E(S_{tS})$ očekivanu vrijednost smanjenja snage pri djelomičnom ispadu. Uvažavanjem jednadžbi (13) i (14) dobije se sigurnost snage [2]

$$V_L = \frac{\sum_{n=1}^{k} S_{Vn} \sum_{m=1}^{1} t_{nm}}{S_N \cdot t_{Bgef}} \tag{17}$$

Ako se ponovno uvaži za obilježavanje »pogodnosti za održavanje postrojenja« faktor obnove W, gdje je

$$t_N = t_{Bgef} + t_R + t_{pl} \tag{18}$$

$t_R \triangleq$ hladna rezerva

tada se stvarna raspoloživost snage postrojenja određuje prema

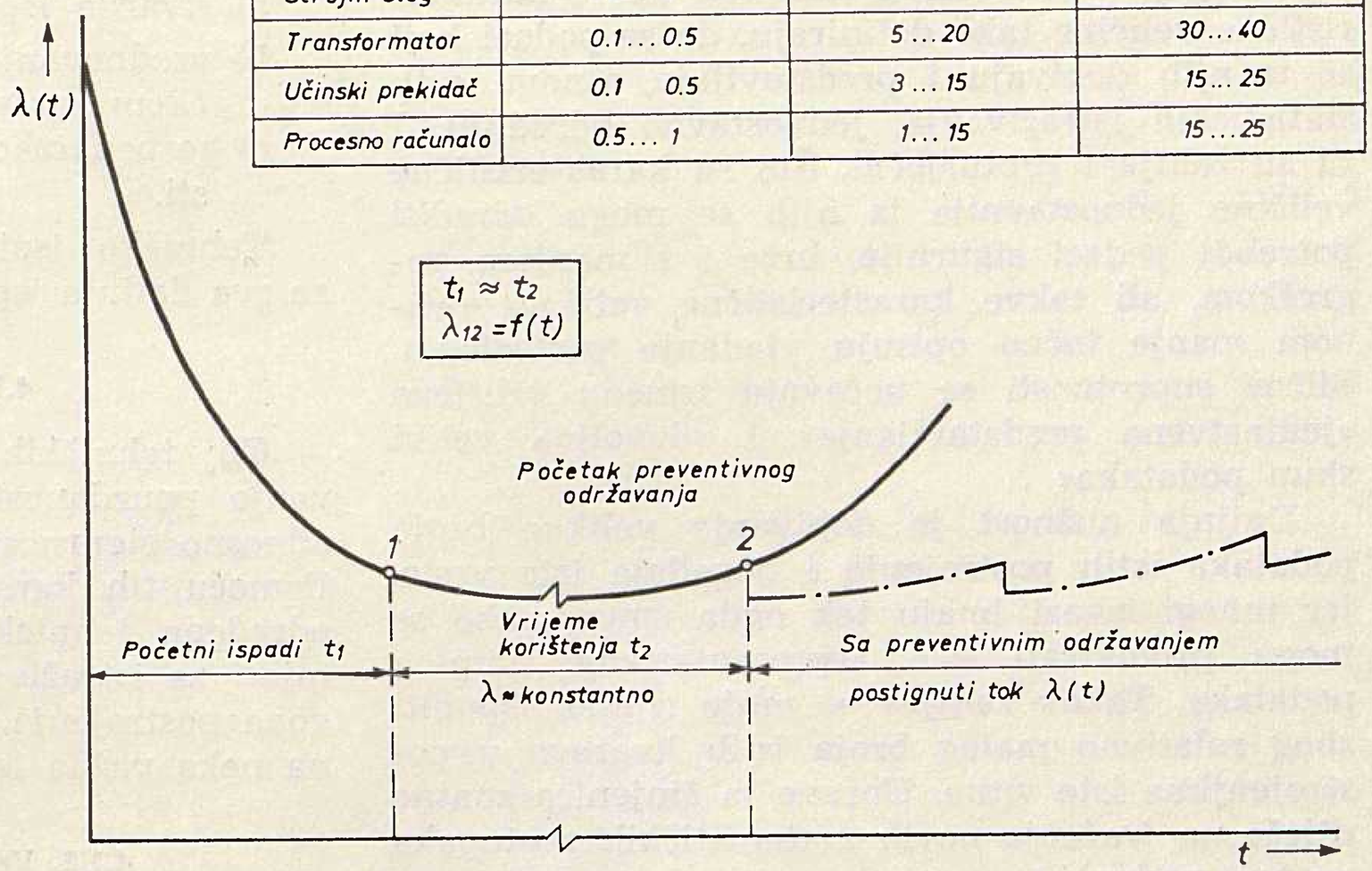
$$k_L = V_L \cdot W \tag{19}$$

Pojam raspoloživosti snage sadrži izjavu o sigurnosti postrojenja u pogonu, kao i izjavu o pogodnosti za održavanje. Budući da je kod velikog broja postrojenja za opskrbu električnom energijom vrijeme za obnovu t_{Pl} jednako

$$t_{Pl} = 0{,}04 - 0{,}15\ t_N;\quad t_N = 1a \tag{20}$$

pripisuje se i toj drugoj informaciji veliko tehničko i gospodarsko značenje.

Postrojenje	Početni ispadi/a	Vrijeme korištenja/a bez održavanja	Životna dob/a
Kotao	0.5.... 2	1.... 3	15 ... 30
Strojni slog	0.5... 1	2 ... 5	25 ... 40
Transformator	0.1... 0.5	5 ... 20	30 ... 40
Učinski prekidač	0.1 0.5	3 ... 15	15 ... 25
Procesno računalo	0.5... 1	1... 15	15 ... 25

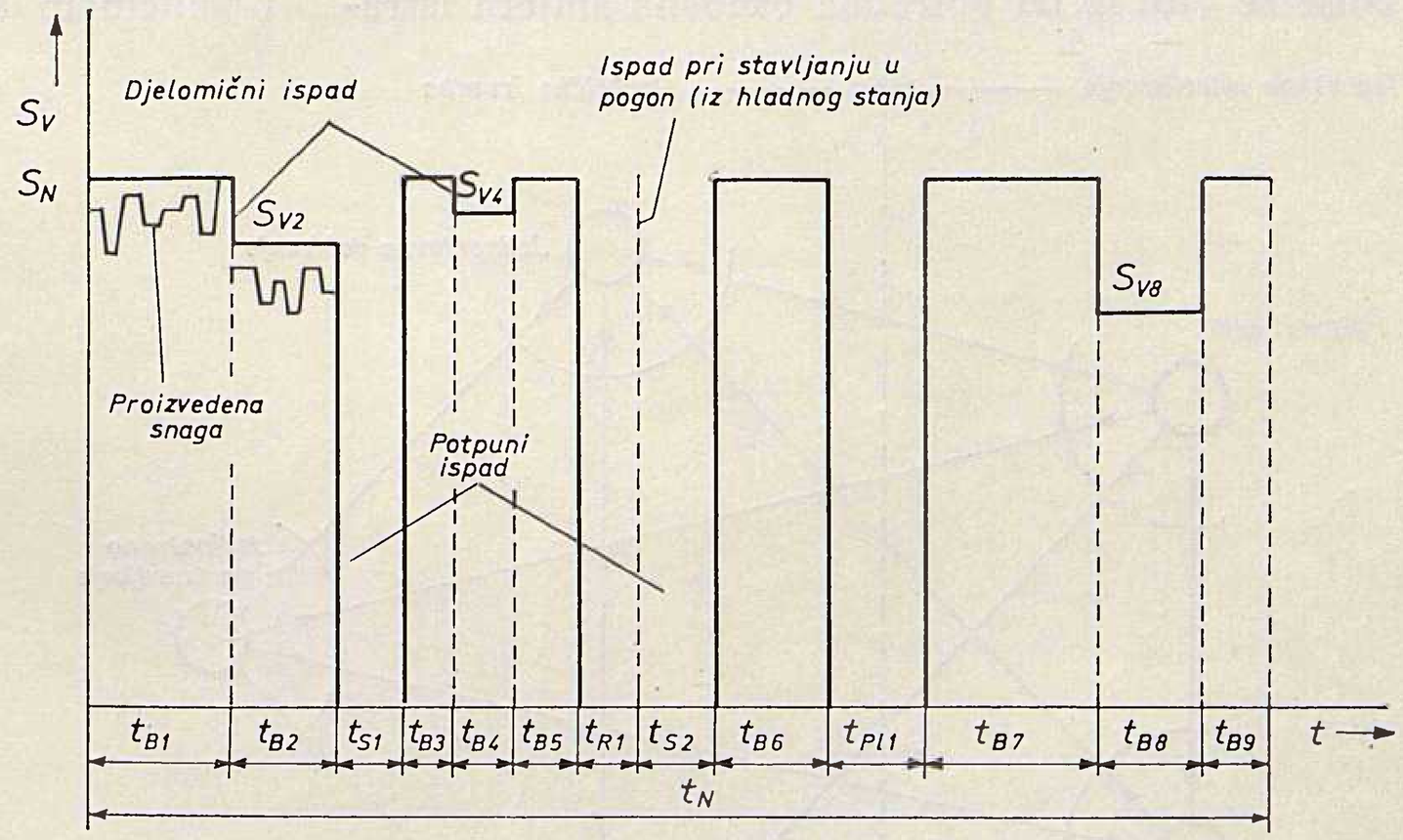


Sl. 3. Intenzitet ispada λ (t) u tehnici električne energije

3. Pretpostavke za ispitivanje sigurnosti

Ako se analiziraju pretpostavke potrebne za praktički primjenjivo ispitivanje, saznaje se da ispravni matematički opis pogonskog vladanja predstavlja samo j e d a n od nužnih zahtjeva na karakteristične veličine sigurnosti. Pokazuje se da, slično kao i kod zahtjeva na samu opskrbu električkom energijom, neki zahtjevi nisu međusobno konzistentni. Nije moguće potpuno istovremeno ispunjenje svih zahtjeva kojih značenje mora biti, u najmanju ruku jednako jednom točnom opisu.

Principijelni prikaz tih, kompleksnih ovisnosti, dan je u slici 5. Mora se također tražiti i optimalno rješenje tih proturječnih zahtjeva. Dva su zahtjeva uglavnom prilagođena teoretskim ispitivanjima, a tri, više praktičkom izvođenju. Potpuni opis vladanja postrojenja u pogonu pomoću određivanja vladanja funkcije, odnosno vladanja snage i trajanja, dano je u poglavlju. Pokuša li se na to nadograditi određivanje sigurnosti sistema uz pomoć prikladnih matematičkih metoda, za istraživanje, sukobljujemo se s djelomično još neriješenim problemima. Doduše, mnogi tehnički problemi sigurnosti su teoretski rješivi, troškovi računanja (potrebno vrijeme računanja i prostor u memoriji) sprečavaju ipak pri primjeni mogućih matematičkih metoda, pa čak i pri upotrebi velikih računskih strojeva, često praktičko ostva-



t_{Bi} ≙ Trajanje i-og intervala pogona
t_{Sj} ≙ Trajanje j-og potpunog ispada
t_{Rk} ≙ Trajanje k-og perioda hladne rezerve
t_{Plm} ≙ Trajanje m-og preventivnog održavanja

Sl. 4. Snaga S_v proizvođačke jedinice

renje. Pregled postupaka koji bi u budućnosti bili primjenjivi pri računanju sigurnosti opskrbe električkom energijom, daje slika 6.

Drugi problem leži u zahtjevu da se karakteristične veličine tako definiraju, da se podaci koji se iz njih dobivaju i predstavljaju osnovu svih statističkih istraživanja, jednostavno određuju. I tu su zahtjevi proturječni. Što su karakteristične veličine jednostavnije iz njih se mogu odrediti potrebni podaci sigurnije, brže i s manjom pogreškom, ali takve karasteristične veličine većinom manje točno opisuju vladanje postrojenja. Slične suprotnosti se uočavaju između zahtjeva »jedinstveno predstavljanje« i »dovoljno veliki skup podataka« .

Daljnja nužnost je dobivanje velikog broja podataka istih postrojenja i događaja iste vrste, jer mnogi iskazi imaju tek onda smisla, ako se mogu promatrati kao reprezentativna skupina podataka. Takav zahtjev se može rijetko ispuniti zbog relativno malog broja istih kvarova u postrojenjima iste vrste. Upravo ta činjenica znatno utječe na traženje novih matematičkih postupaka na tom području.

Konačno, postoji zahtjev za jedinstvenom definicijom. To je važno iz dva razloga. Prvo pri jedinstvenom obilježavanju se povećava količina podataka koja stoji na upotrebi i time mogućnost da se primijene određene statističke metode i poveća vrijednost rezultata. Drugo, samo pri jedinstvenoj definiciji karakterističnih veličina mogu se provesti usporedbena istraživanja.

Povezanost osnovnh pretpostavki jasno pokazuju kako je teško provesti konkretna istraživanja sigurnosti. Pri tome na komplesnu ovisnost znatno utječe pitanje cilja ispitivanja.

4. Ciljevi istraživanja sigurnosti

4.1. Potreban osnovni smjer

Općenito značenje istraživanja sigurnosti najbolje se vidi iz tri potrebna osnovna smjera istraživanja. To su (u smislu općih zahtjeva na opskrbu električnom energijom): da je sigurna da ne uništava ljudsku okolinu, da je jeftina;

a) stvarno ispitivanje tehničke sigurnosti
b) vrednovanje tehničke sigurnosti u tehničkom smislu
c) gospodarsko vrednovanje tehničke sigurnosti.

Tehničko ispitivanje sigurnosti je preduvjet za sva daljnja ispitivanja.

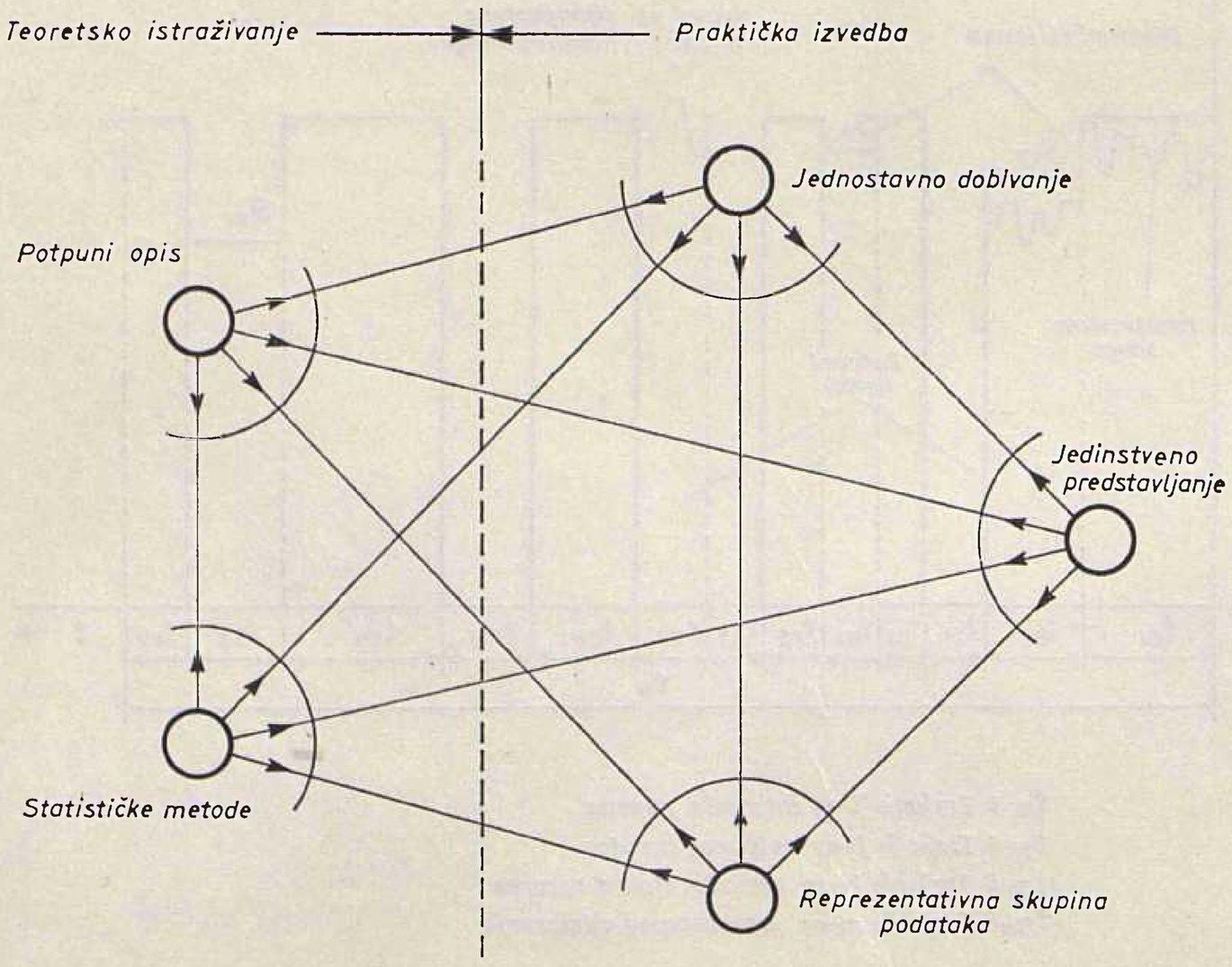
4.1.1. Tehnička sigurnost

Cilj tehničkih istraživanja sigurnosti je dobivanje pouzdanosti funkcije, faktora održavanja, odnosno sigurnosti snage komponenata i sistema. Pomoću tih karakterističnih veličina potpuno je određena tehnička sigurnost. To vrijedi u istoj mjeri za istraživanje kod izradbe, kao i kod pogona postrojenja. U poglavlju 4.2 bit će ukazano na neka važna istraživanja.

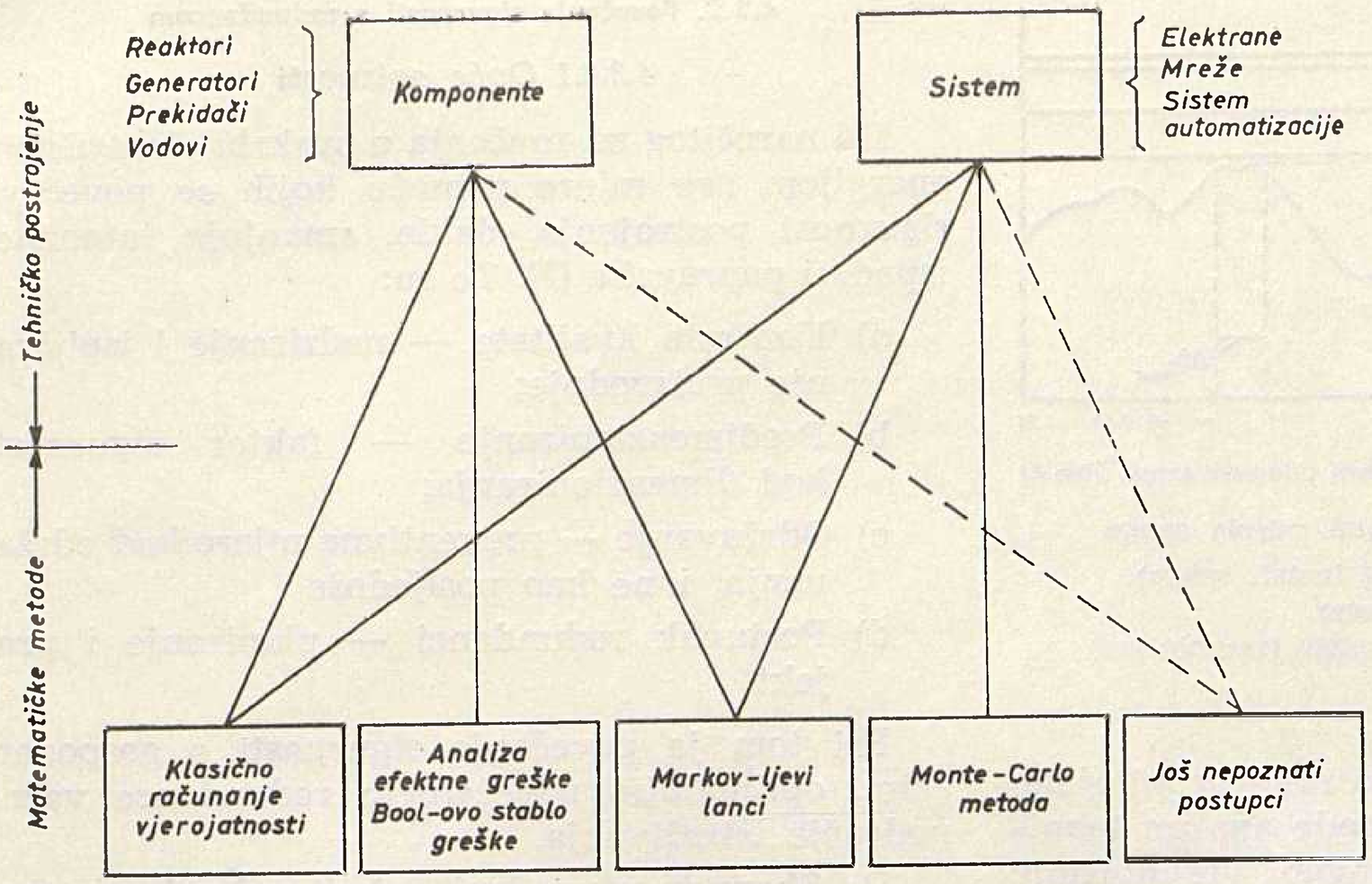
4.1.2. Vrednovanje tehničke sigurnosti

Istraživanja tehničke sigurnosti imaju za cilj tako razviti tehničke procese (prije svega kod nuklearnih elektrana) u normalnom pogonu i u slučaju kvara, da za čovjeka nastupi samo onaj rizik, koji je prihvatljiv u odnosu na već postojeće izvore nesreća (n.p. prometne nesreće). Do sada su primijenjene dvije metode istraživanja.

Može se tražiti, u okviru vjerojatnosti nastupa koja se u usporedbi s trajanjem pogona postrojenja još može tehnički naslutiti, najveća šteta koja bi se pri ispadu mogla pretpostaviti. Definira se na osnovi dosadašnjih iskustava i na osnovi kvalitativnih razmišljanja za svaki tip postrojenja najveća pretpostavljena nezgoda X(*GAU*). Jedan takav zamišljeni događaj definiran je prema tome s naslućivanom vjerojatnošću nastupa *P*(*X*) i veličinom štete pri nezgodi *U*(X)



Sl. 5. Pet zahtjeva na karakteristične veličine pouzdanosti



Sl. 6. Primijenjeni postupci (metode istraživanja)

$$P(X) \cdot U(X) = GAU \qquad (21)$$

Dakle subjektivno se određuje očekivani — krajnje mali — ljudski rizik pri ispadu postrojenja zbog događaja X i prema tome se dimenzionira postrojenje u odnosu na tehničku sigurnost. Takvo promatranje uvažava doduše kvalitativno razmišljanje iz teorije vjerojatnosti, ali ne omogućuje objektivne, kvantitativne tvrdnje.

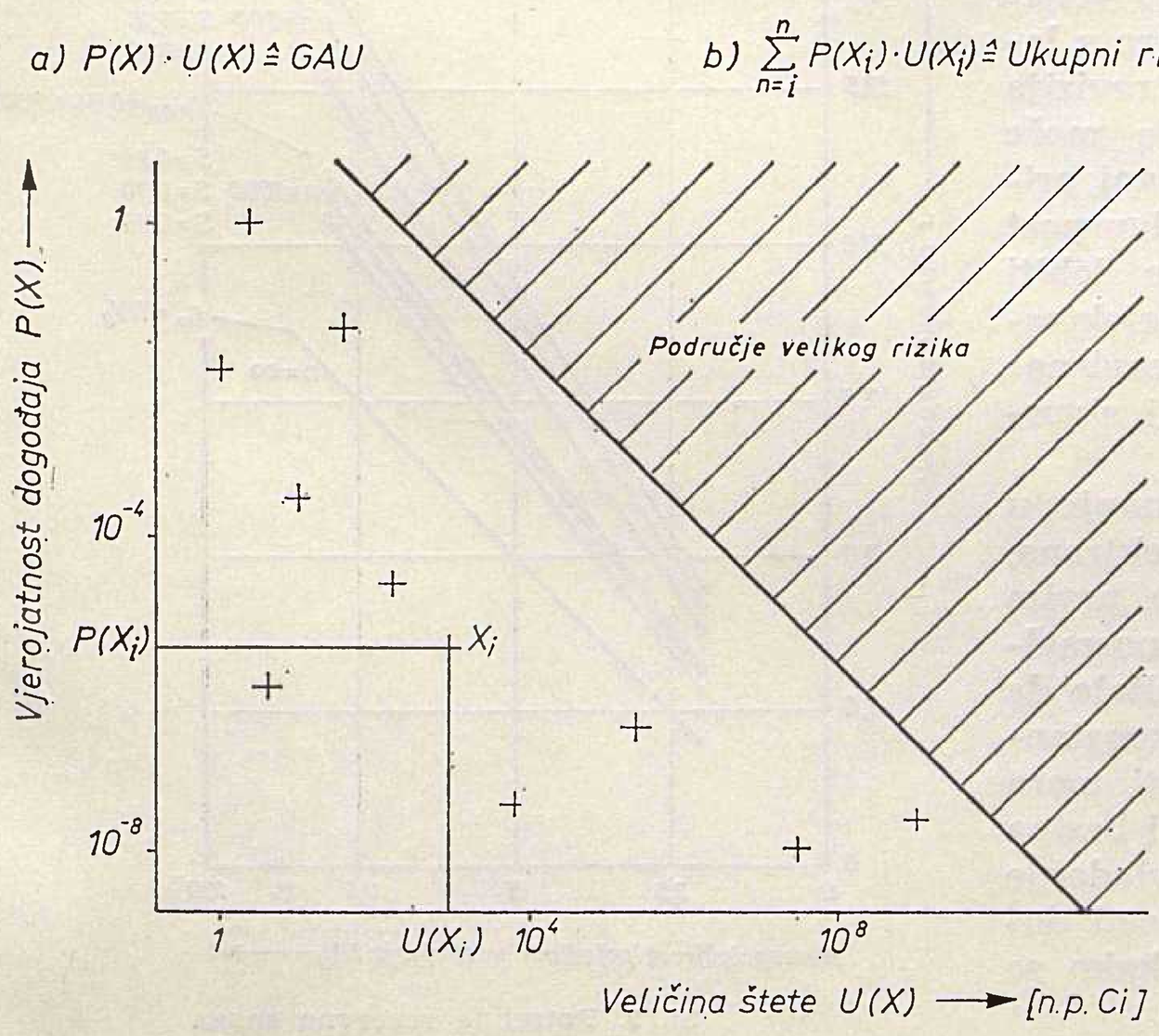
Da bi se to izbjeglo mogu se nadograđujući na istraživanje tehničke sigurnosti, slično sigurnosti opskrbe, računati vjerojatnosti rizika, i u usporedbi s drugim uzrocima nezgoda postaviti naslućujuće granice, kako je to u slici 7 prikazano. Zbroj umnožaka vjerojatnosti nastupa s veličinom štete svih n zamislivih ispada mjera je za objektivni rizik.

$$\sum_{i=1}^{n} P(X_i) \cdot U(X_i) \triangleq \text{ukupni rizik} \qquad (22)$$

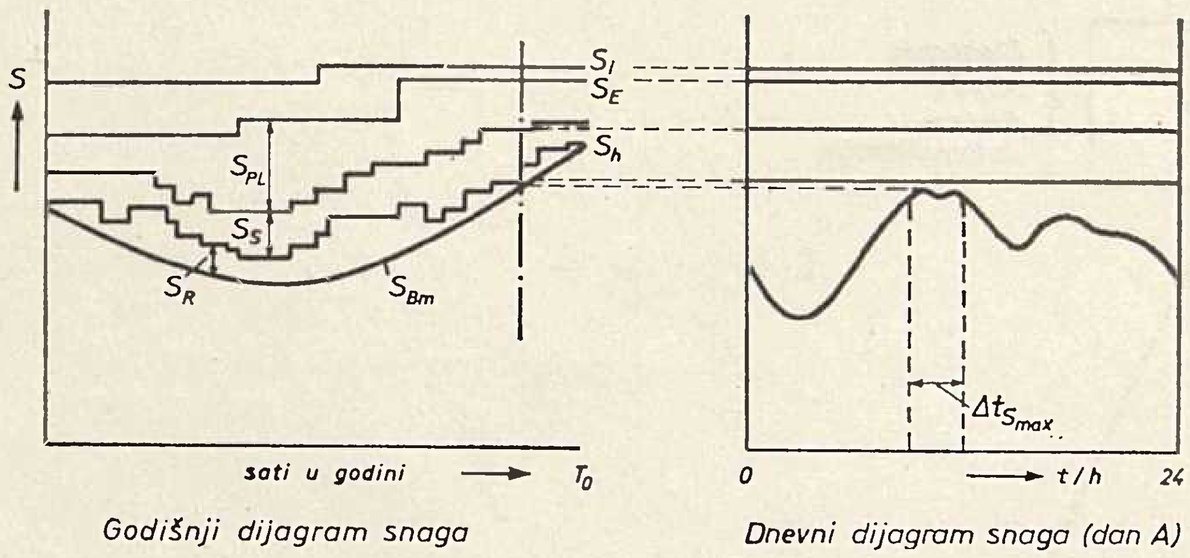
Bez obzira na to, što se kod te metode mora istraživati svaka zamisliva nezgoda kao lanac događaja bez prekida, najveća poteškoća leži u tome da se odredi stvarni intenzitet ispada i popravka relativno rijetkih i sigurnosnih komponenata. Za probleme tehničke sigurnosti detalja takav pristup prema teoriji vjerojatnosti je već odavno u primjeni.

4.1.3. Gospodarsko vrednovanje

Potreba da se provede gospodarsko vrednovanje nesigurnosti pri mnogim istraživanjima na



Sl. 7. Riziko tehničke sigurnosti postrojenja (npr. nuklearne elektrane)



Godišnji dijagram snaga *Dnevni dijagram snaga (dan A)*

Sl. 8. Godišnji i dnevni dijagrami udjela snaga

S_i = zbroj svih snaga generatora(instal. snaga)
S_E = snaga uskog grla (maks. snaga)
S_h = maks. snaga spremna za pogon (raspoloživa)
S_{Bm} = maksimalna dnevna snaga

način uspoređivanja, bilo je vrlo rano primijećeno [1]. Pri tome se mora, osim metode analize tehničke sigurnosti, provesti troškovno vrednovanje neraspoloživosti energije i snage uvažavajući i hladnu rezervu, koja se pri čisto tehničkim istraživanjima ne uzima u obzir kao utjecana veličina.

Nažalost potreba da se dođe do brzih i upotrebljivih rezultata, koji se mogu lagano dobiti podacima koji stoje na raspolaganju, dovela je upravo na tom području do velikih pojednostavljenja karakterističnih veličina koje sprečavaju važan tehničko-gospodarski smjer istraživanja. To se naročito tiče problema dobivanja raspoloživosti sistema elektrana, kao i potrebne rezerve snage.

4.2. Posebni problemi

4.2.1. Raspoloživost elektrane

Prvi koraci smjera istraživanja bili su dani već u 2. poglavlju. Po tome su sigurnost snage i faktor obnove veličine za obilježavanje. To diferencirano obilježavanje važno je kako za elektranu kao cjelinu, tako i za pojedina postrojenja u elektrani. Tako na primjer znatno utječe na raspoloživost elektrane dodatno plansko vrijeme mirovanja za mijenjanje goriva reaktora s lakom vodom (2 do 4 tjedna) ili potrebna revizija turbine. Tim veličinama za obilježavanje može se za sve »nezavisne elektrane o raspoloživoj primarnoj energiji« potpuno definirati sigurnost elektrane, ili sistema elektrana. Želi li se dobiti sigurnost sistema u kome se nalaze i hidroelektrane, mora se za protočne elektrane kao »zavisne« osim sigurnosti snage elektrane odrediti i sigurnost raspoložive primarne energije.

Daljnja, još neriješena zadaća je uzimanje u obzir činjenice da intenzitet ispada kod elektrana, naročito kod agregata graničnih snaga, u prvim godinama pogona djelomično viši nego u normalnom pogonu. Do sada se stalno pretpostavljalo da su vrijednosti očekivanja pogona i ispada konstantne. Zatim se za potpuni opis pouzdanosti mora istražiti kakav utjecaj ima broj promjena i brzina promjena snage, dakle d i n a m i č k o vladanje pogona, na karakteristične veličine sigurnosti dobivene za statističko vladanje pogona, i kako se mogu obuhvatiti.

4.2.2. Povećanje sigurnosti s redundancom

4.2.2.1 Opće ovisnosti

Od naročitog su značenja u opskrbi električnom energijom sve mjere pomoću kojih se povećava sigurnost postrojenja, dakle, smanjuje intenzitet ispada i popravaka [7]. To su:

a) Kontrola kvalitete — nadziranje i ispitivanje proizvodnje;
b) Predimenzioniranje — faktor sigurnosti kod dimenzioniranja;
c) Održavanje — preventivne mjere kod održavanja, i ne kao posljednje
d) Postupak redundanci — planiranje i projekt.

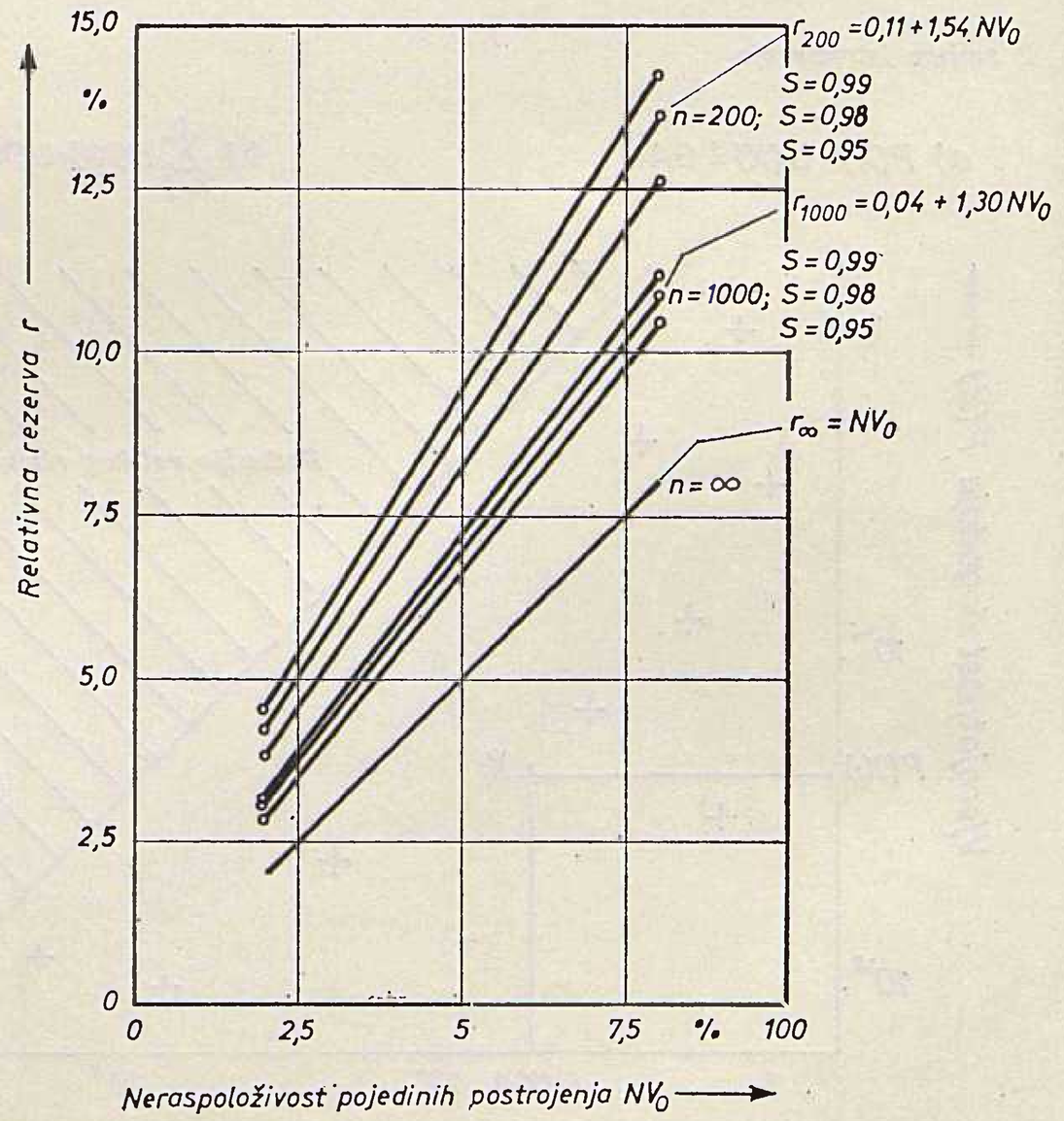
Pri tom je povećanje sigurnosti s gospodarskim, optimalnim povećanjem redundance važno područje istraživanja.

Po Shannon-u uvedeni pojam redundance znači, u prijenosu informacija, mjeru za onaj dio simbola informacije koji nemaju nikakvu dodatnu jedinicu obavijesti. U tehnici postrojenja podrazumijeva se pod redundancom logički paralelni spoj dodatnih postrojenja koja su spremna za pogon a nepotrebna su do momenta ispada postrojenja.

Takav, logički paralelni spoj ne smije se shvatiti samo u smislu tehnike spajanja, već kao iscrpljenje s v i h zamislivih mogućnosti da se s redundancom poveća sigurnost. Stoga valja razlikovati:

a) funkcijsku redundancu,
b) prostornu redundancu i
c) diverznu redundancu.

Funkcijska redundanca uzima u obzir sve mogućnosti spajanja sa i bez uzimanja u obzir vre-



Sl. 9. Potrebna rezervna snaga

menske ovisnosti (hladna i topla redundanca). Prostrana redundanca se odnosi na prostornu odvojenost postrojenja i rezervnih postrojenja, a diverzna redundanca uzima u obzir različitu građu koja može da proistječe iz načina funkcioniranja ili konstrukcijske izvedbe (npr. električne i termičke pojne pumpe).

Ti, za opskrbu električnom energijom, još nedovoljno istraženi postupci redundancija dobivaju sve veće značenje u sigurnosti postrojenja i sistema.

4.2.2.2 Računanje rezervne snage u sistemu

Veliki tehnički i gospodarski uspjesi Udruženja njemačkih elektrana, VDEW u postizanju pouzdanosti, pokazuju da za neke probleme sigurnosti sistema elektrana nije u svakom slučaju potreban točan opis vladanja pogona. Ali samo na osnovi točnih karakterističnih veličina, a bez podataka, nije moguće odrediti za sistem tako važnu rezervnu snagu.

Dosad se pri određivanju rezervne snage s jednostavnim sredstvima pokušavalo postići optimum između zahtjeva: dovoljno- sigurno i jeftino. Time što snaga sistema i bloka postaje veća, postaje veće tehničko i gospodarsko značenje određivanja točne rezervne snage u mreži, kao i vremena u kojem je raspoloživa.

U slici 8 predočen je taj problem i prikazan godišnji i dnevni dijagram snaga s principijelnim uzimanjem u obzir porasta potražnje i ponude. Pri tome se mora razlikovati vlastita od strane rezerve; prva se može uzeti iz vlastitog sistema elektrana, a posljedna preko spojnih vodova iz stranog sistema.

Da bi se dao principijelni uvid u značenje potrebne rezerve pri različitim veličinama sistema i sigurnosti opskrbe potrošača, predstavljena je u slici 9, uz pretpostavljena pojednostavljenja, ovisnost između neraspoloživosti elektrana, za koje je pretpostavljeno da su međusobno jednake, i relativne rezervne snage. Što je veća sigurnost potrošača i manji ukupni sistem, to mora biti veća relativna rezervna snaga. Stavi li se neraspoloživost od 7,5% i broj agregata od n = 1000, to se dobije, na primjer, potrebna relativna rezerva od 10% pri sigurnosti opskrbe potrošača od S = 0,98

Literatura

[1] K. Edwin: *Bedeutung und Möglichkeiten einer Kraftwerks-Fehlerstatistik*, E u. M 82 (1965) 5 S. 217—224

[2] K. Edwin, G. Traeder: *Zuverlässigkeitskenngrößen der elektrischen Energietechnik* ETZ — A 94 (1973) 10 S. 569—572

[3] W. Feller: *An introduction to probability theory with engineering applications*. 5. Aufl., John Wiley & Sons, London 1962

[4] A. Hald: *Statistical theory with engineering applications*. 5. Auflage, John Wiley & Sons, London 1962

[5] *Begriffsdefinitionen in der Energie wirtschaft*. Band 3: Verfügbarkeit von Wärmekraftwerken 1. Aufl. VDEW, Frankfurt 1970

[6] W. Fehndrich, W. Hlubek, D. Vetterkind: *Zuverlässigkeit von der Planung bis zum Betrieb thermischer Kraftwerke*, Energie Bd. 25 (1973) H. 7/8

[7] Messerschmitt—Bölkow—Blohm: *Technische Zuverlässigkeit*, Springer-Verlag, Berlin 1971.

Naslov pisaca: Prof. Dr. techn. Kurt W. Edwin, Institut Elektrische Anlagen Energiewirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen; Preveo Dr ing. Vjekoslav Filipović, Elektrotehnički fakultet, Zagreb

ISKUSTVA I MOGUĆNOSTI IZVEDBE EFIKASNOG UZEMLJENJA MREŽA SEOSKE ELEKTRIFIKACIJE U UVJETIMA LOŠE VODLJIVOSTI TLA

Josip Nevešćanin, Split

Navodi se da stanje uzemljenja u seoskim distributivnim mrežama ne zadovoljava. Radi lakšeg izvođenja uzemljenja transformatorskih stanica predlaže se da mreže 35 i 10 kV ostanu u pogonu s izoliranim zvjezdištem. Predlaže se odvajanje kabelskih od nadzemnih dijelova mreže. Za zaštitu dugih vodova nadzemne mreže 0,4 kV autor navodi kombiniranu zaštitu strujnim zaštitnim sklopkama i osiguračima.

DK 621.316.1

Uvod

Jugoslavija je zemlja s relativno velikim brojem malih seoskih naselja od kojih je većina elektrificirana u posljednjih deset godina.

Problem zaštite od dodirnog napona i uzemljenja distributivnih el. mreža u uvjetima seoske elektrifikacije općenito karakteriziraju neke specifičnosti. Npr.: velike dužine nadzemne električne mreže 35, 10 i 0,4 kV, što znatno povećava mogućnost dodira dijelova pod naponom, a time i potencijalne opasnosti od električne struje; velike dužine nadzemnih izvoda 0,4 kV, relativno malog presjeka, a time i male vrijednosti jednopolne struje kvara čime se komplicira brzo iskapčanje oštećenih dijelova mreže niskog napona. Potreba izvedbe velikog broja uzemljenja po jednoj TS 10/0,4 kV, koji kod uredno uzemljene zračne mreže 0,4 kV, ovisno o dužini i broju izvoda, može iznositi od 5—15 uzemljenja, pa su i troškovi uzemljenja u uvjetima seoske elektrifikacije značajna stavka ukupnih troškova. Ti troškovi iznose i nekoliko puta više od troškova uzemljenja gradskih kabelskih el. mreža, posebno u uvjetima loše vodljivosti tla.

Tehničko i ekonomsko značenje zaštite od dodirnog napona i uzemljenja u uvjetima seoske elektrifikacije u nas, najbolje ilustrira činjenica, da seoska naselja čine oko 99,46% ukupnog broja naselja, s nadzemnom mrežom na koju otpada više od 90% ukupne dužine distributivnih mreža u kojima na uzemljenje otpada oko 12% ukupnih troškova. Za razliku od nekih ekonomski razvijenih zemalja kod kojih nadzemna mreža uopće nema (npr. Holandija).

Nagli razvoj seoske elektrifikacije u nas, u uvjetima skromnog elektroenergetskog standarda, i na područjima s lošom vodljivošću tla, uvjetovao je često izvedbu zaštite od dodirnog napona, i uzemljenje loše kvalitete, što je imalo za posljedicu veći broj nesreća i smrtnih slučajeva od električne struje, prema nekim pokazateljima, oko 2 puta više od svjetskog prosjeka.

Polazeći od ovih činjenica, smatralo se da je od posebne važnosti da se izlože dosadašnja iskustva i specifičnosti, i neki rezultati i mogućnosti ekonomične izvedbe efikasne zaštite od dodirnog napona i uzemljenja distributivnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije, s posebnim osvrtom na prilike i probleme u uvjetima loše vodljivosti tla.

Broj seoskih naselja u Jugoslaviji prema posljednjem popisu stanovništva iz 1971. iznosi kao što je navedeno u tablici 1.

U posljednjih 10 godina poduzeta je akcija opće elektrifikacije seoskih naselja i domaćinstava u čemu su postignuti značajni rezultati, kao što se npr. za područje SR Hrvatske vidi iz slike 1.

Ovako nagli razvoj seoske elektrifikacije, gdje se npr. na području SRH postotak elektrificiranosti u posljednjih 25 god., tj. od 1945. do 1971. god. povećao i to:

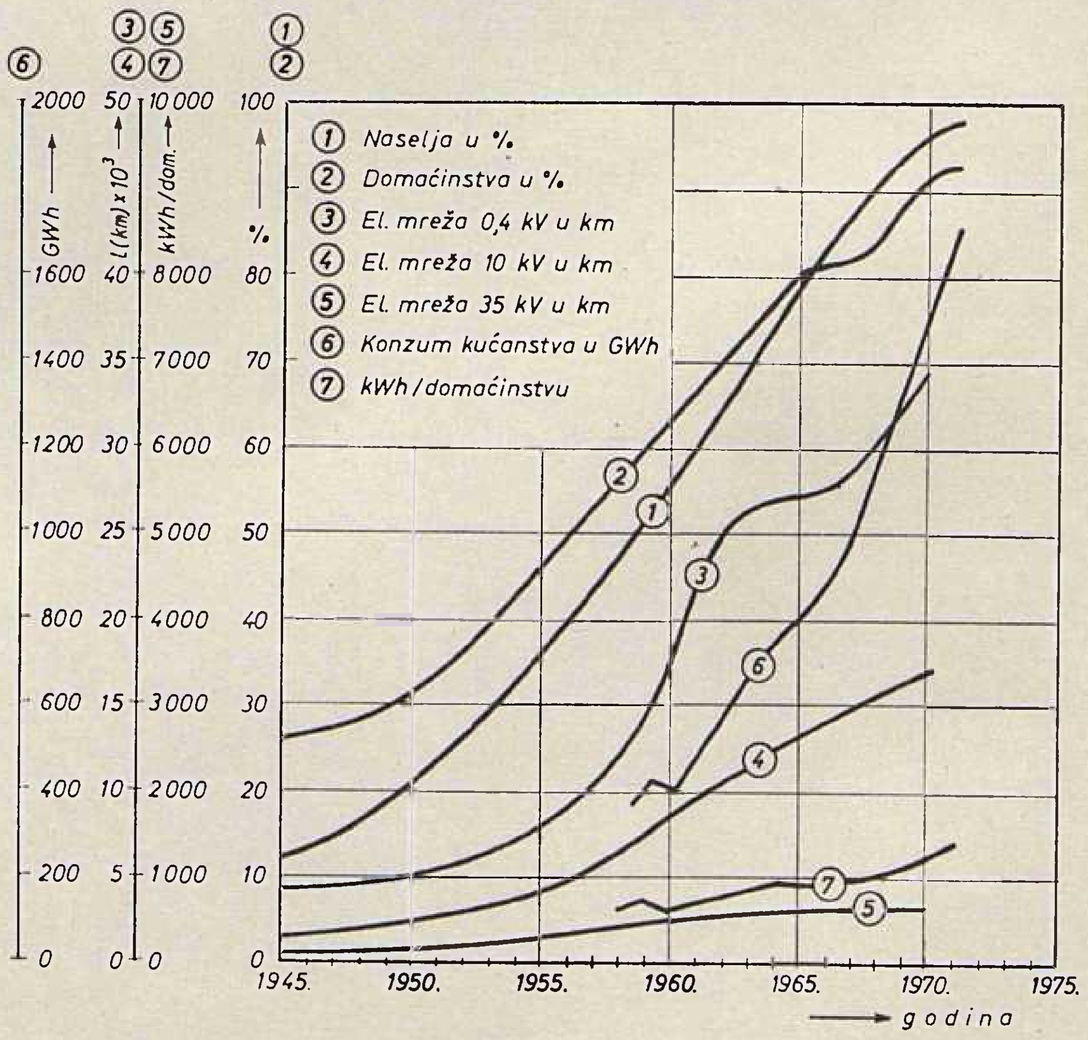
— kod naselja za 7,4 puta

— kod kućanstava za 3,6 puta,

i u pogledu izvedbe i stanja zaštite od dodirnog napona karakteriziraju neke značajne specifičnosti od kojih su najvažnije:

— relativno veliki broj izvedenih uzemljenja posebno u mreži 0,4 kV i TS 10/0,4 kV s odgovarajućim troškovima, kao što je to za područje SRH prikazano (prema procjeni) na slici 2. i tablici 1;

— Loš kvalitet i neefikasnost većeg dijela izvedene zaštite od dodirnog napona i uzemljenja, posebno zračnog dijela distributivnih mreža, na koje otpada npr. na području SRH oko 92% mreže 35 kV i 10 kV, te oko 93,5% mreže 0,4 kV;

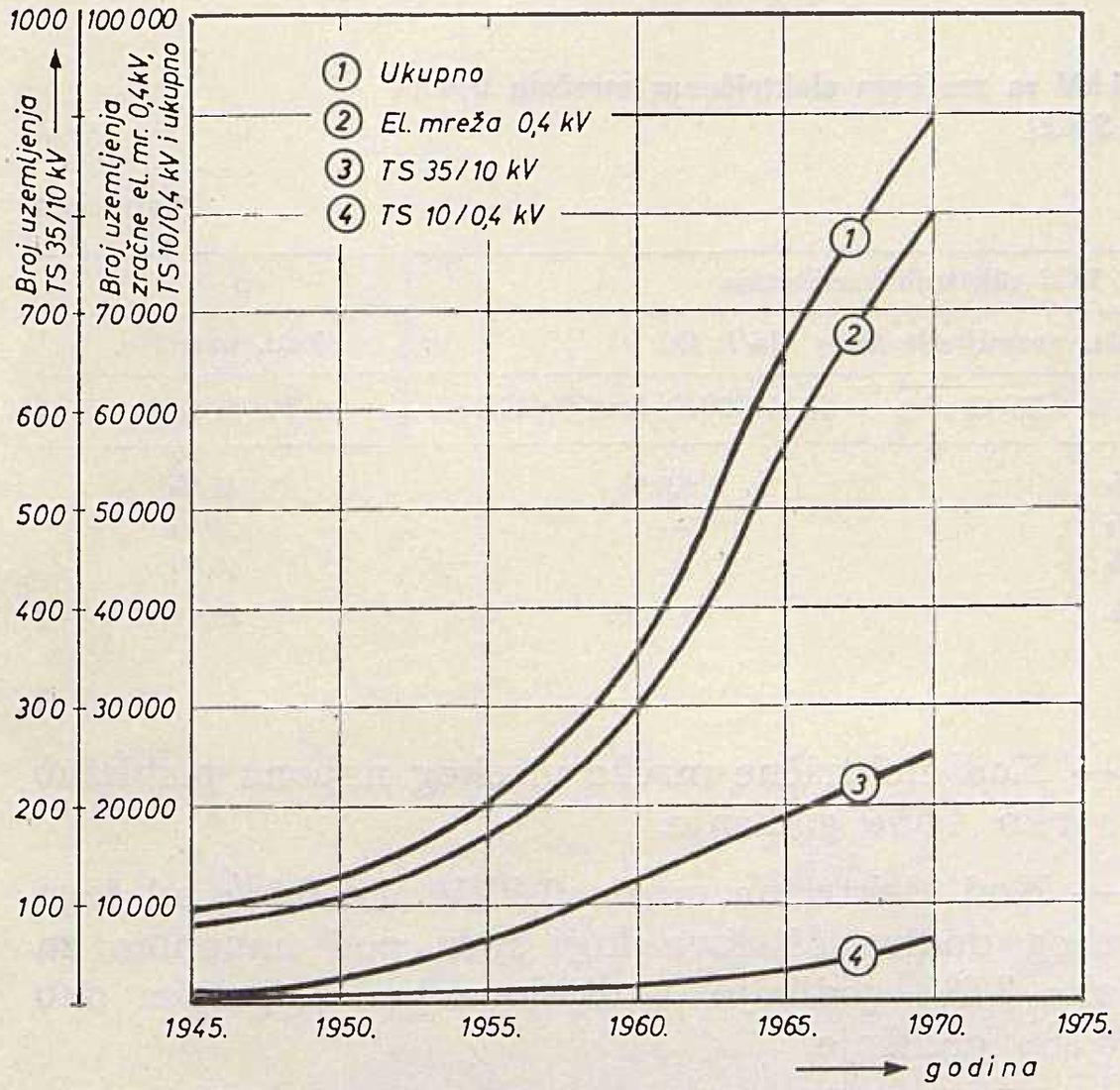


Sl. 1. Osnovni pokazatelji dosadašnjeg razvoja elektrifikacije u Hrvatskoj

Stanje seoskih naselja u Jugoslaviji prema popisu iz 1971.

Tablica 1

Vrsta naselja	Veličina Broj sta./nasel	Broj		Učešće u ukupnom br. u Jugoslaviji u %	
		naselje	stanovnika u milijunima	naselje	stanovnika
Sela	2000	26.754	10,5	95,8 %	51,5 %
Mješovita naselja	2000—10.000	1.020	3,7	3,66 %	18,0 %
		27.774	14,2	99,46 %	69,5 %



Sl. 2. Porast broja uzemljenja pojedinih dijelova nadzemne distributivne električne mreže SR Hrvatske u razdoblju naglog razvoja seoske elektrifikacije

— Relativno velike prosječne dužine mreže 35 kV, 10 kV, posebno 0,4 kV s odgovarajućim prosječnim iznosima struja zemnog spoja, kao što je to npr. za područje SRH na osnovi raspoloživih podataka navedeno u tablici 3.

Podaci izmjerenog otpora uzemljenja naročito TS 10/0,4 kV, struja zemnog spoja pojedinih TS 110 kV i TS 35 kV, te dužina zračnih izvoda 0,5 kV u nekim konkretnim slučajevima iznose i nekoliko desetaka puta više od propisima dozvoljenih vrijednosti.

Tako npr. na osnovi izmjerenih vrijednosti otpora radnih i zaštitnih uzemljenja TS 10/0,4 kV sa zračnom mrežom 10 i 0,4 kV, za tri karakteristična područja »Elektrodalmacije«—Split i to:

— postojeći dio grada;
— prigradska naselja;

— područje tipične seoske elektrifikacije, stanje efikasnosti postojećeg uzemljenja, ovisno o načinu rada i uzemljenja zvjezdišta mreže 10 kV, iznose kao što je navedeno u tablicama 4. i 5.

Dosadašnja iskustva i neke spencifičnosti zaštite od dodirnog napona u uvjetima seoske elektrifikacije

Na osnovi podataka iz sl. 4 i tablica 4. — 7., u kojima su izneseni konkretni podaci o stanju uzemljenja, struja zemnog spoja i zaštite od dodirnog napona distributivnih mreža seoske elektrifikacije, rezultira slijedeće:

— Ekonomsko značenje uzemljenja distributivnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije je znatno više u odnosu na gradske kabelske mreže i to: kod TS 35 kV 2,1 puta kod mreže 0,4 kV oko 3 puta, a kod TS 10/0,4 kV čak više od 5 puta;
— Stanje uzemljenja nadzemne električne mreže i odgovarajućih TS seoske elektrifikacije ne zadovoljava postojeće propise, niti odgovara utrošenim sredstvima za njihovu izvedbu, koja npr. u distributivnoj mreži SRH iznose, prema gruboj procjeni, samo nadzemnih vodova oko 0,5 milijardi dinara ili oko 12% ukupnih troškova nadzemnog dijela mreže;
— Oko 60% seoskih TS 10/0,4 kV radi u uvjetima lošeg uzemljenja i s prosječnim dužinama zračnih izvoda 0,4 kV znatno iznad dužina od oko 400 m, do kojih vrijednosti jednopolna struja kvara izaziva momentalno izgaranje osigurača;
— Dužina postojećih nadzemnih vodova 35 kV još je uvijek znatno manja od 100 km/TS

Orijentacioni troškovi uzemljenja zračnih distributivnih električnih mreža SR Hrvatske (procjena prema stanju električne mreže u 1970)

Tablica 2

Vrsta uzemljenja	Broj uzemljenja	troškovi u dinarima				učešće u ukupnim troškovima
		Jedinič.	ukupno		godišnje d	
			Dinara	u %		
TS 35/10 kV	175	260.000	6 260 000	11 %	2 600 000	8,1 %
TS 10/0,4 kV	7.000	15.000	105 000 000	19 %	10 500 000	11,1 %
El. mreža 0,4 kV	80.000	5.000	400 000 000	70 %	42 000 000	14 %
Ukupno:	87.175	—	562 000 000	100 %	55 000 000	12,2 %

Prosječni pokazatelji stanja distributivne mreže (stanje iz 1970)

Tablica 3

Transformatorske stanice	PROSJEĆNE VRIJEDNOSTI						
	instalirane	Dužina kabela		Dužina vodova		UKUPNO	
	MVA/TS	km/TS	u %	km/TS	u %	km/TS	Ic (A/TS)
TS 110/35 kV	42	8	8,2	90	91,8	98 (100%)	56 + 7,8 = 64
TS 35/10 kV	7,25	7	10	64	90	71 (100%)	9,5 + 16 = 25,5
TS 10/0,4 kV	0,210	0,215	0,5	3,2	99,5	3,4 (100%)	

Pregled efikasno izvedenog uzemljenja TS 10/0,4 kV sa zračnom električnom mrežom 0,4 kV (»ED« — Split)

Tablica 4

Dio područja sa zračnom električnom mrežom 0,4 kV	TS 10/0,4 kV		Broj efikasnih uzemljenja		u %
	Broj	u %	Zašt. uzemljenje $Rz = Uo/Iz$ (k)		Rad. uzemlje.
			$Iz \leq 20A$; $Rz \leq 6{,}25\ \Omega$	$Ik \leq 300A$; $Rz \leq 0{,}42\ \Omega$	$Ro \leq 2\ \Omega$
Postojeći dio grada	93	9,3	86,1 %	5,6 %	45 %
Prigradsko područje	109	10,9	44 %	—	20 %
Tipična seoska elektrifikacija	700	70	38 %	—	46 %
U k u p n o :	802	80,2	39,4 %	0,56 %	38,4 %

* postotak od ukupnog broja TS 10/0,4 kV

kV, odnosno nadzemnih vodova 10 kV. U najekstremnijim slučajevima su oko tri puta manji od 1000 km/TS 35 kV do kojih je granica, prema našim propisima, moguć normalni rad s izoliranim zvjezdištem mreže 35 i 10 kV. Prema tome, u uvjetima seoske elektrifikacije sa nadzemnim vodovima 35 i 10 kV, nema potrebe uzemljenja zvjezdišta 35 i 10 kV, niti se to ekonomski isplati, posebno na područjima s lošem vodljivosti tla.

U iznimnim slučajevima s mješovitom kabelskom i zračnom mrežom 35 i 10 kV, npr. u prigradskim naseljima, manjim gradovima i obalnom području, gdje se opskrba električnom energijom nekih otoka obavlja podmorskim kabelima, i gdje struje zemnog spoja već premašuju propisima dozvoljene iznose, problem se može riješiti na jedan od ova dva načina:

— U dobrim uvjetima uzemljenja-uzemljenjem zvjezdišta el. mreže 35 i 10 kV;

— U lošijim uvjetima uzemljenja-ezemljenjem zvjezdišta el. mreže 35 i 10 kV, ili međusobnim galvanskim odvajanjem nadzemne i kabelske el. mreže, pri čemu svaki slučaj valja odvojeno promatrati.

Ovako nagli razvoj seoske elektrifikacije, uglavnom s nadzemnim vodovima 35 kV, 10 i 0,4 kV, prirodno, povećao je opasnosti i broj nesreća od električne struje., čemu je još pridonijelo loše uzemljenje i neefikasna zaštita od dodirnog napona, uvjetovani specifičnim načinom izgradnje seoskih mreža, uglavnom samodoprinosom stanovništva. Na osnovi uredno vođene statistike u inozemstvu i u uvjetima dvadesetogodišnjeg razvoja elektrifikacije, zabilježen je porast nesreća od električne struje u nekim dijelovima distributivne mreže s prosječnom godišnjom stopom porasta kako slijedi:

— Kod električne mreže visokog napona približno s oko 4,5% godišnje,

— Kod električne mreže 0,4 kV oko 0,5% od čega zbog dodira dijelova koji nisu pod naponom za oko 3,5% godišnje, a dijelova pod naponom oko 3,3% godišnje,

— Ukupno u distributivnoj mreži za oko 1,4% godišnje.

U nas ne postoje tako precizne statistike o dugoročnom kretanju nesreća od el. struje, ali se na osnovi raspoloživih podataka može, grubo, zaključiti da je njihov broj, u odnosu na svjetski prosjek, najmanje dva puta veći.

Ovi podaci upućuju na zaključak, da bi za osiguranje normalnog rada postojećih i razvoja budućih nadzemnih električnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije s obzirom na kriterij efikasne zaštite od dodirnog napona, valjalo poduzeti slijedeće:

— Propisima predvidjeti, obvezno, prethodno mjerenje specifičnog otpora tla postojećih i novih uzemljivača, i u skladu s tim, odabrati najekonomičniji uzemljivač koji će osigurati efikasno uzemljenje;

— Izvršiti reviziju postojeće zaštite od dodirnog napona i postojećih uzemljenja u svim dijelovima distributivne mreže, posebno onih izvedenih u uvjetima seoske elektrifikacije i uskladiti ih s tehničkim propisima;

— Revidirati i modernizirati postojeće tehničke propise i prilagoditi ih stvarnim potrebama prakse.

Stanje otpora uzemljenja postojećih TS 10/0,4 kV sa zračnom električnom mrežom 10 kV i 0,4 kV

Tablica 5

Gradsko područje Splita			Prigradska naselja Splita			Seoska elektrifikacija		
Naziv Ts 10 kV	uzemljenje		Naziv TS 10kV	uzemljenje		Naziv Ts 10 kV	uzemljenje	
	zašt.	radno		zašt.	radno		zaštit.	radno
Sirobuja	70	30	Sućurac - 1	1,2	3,4	Pantana	12,5	2,5
Ambasador	40	1,3	Sucurac - 2	4,2	3,2	Prim. Dolac - 1	13,5	2,5
Rodilište	15	14	Gomilica - 1	6	6	Prim. Dolac - 2	10,2	2,5
Varoš - 1	7	7	Lukšić - 1	1,4	3	Prim. Dolac - 3	12	2,5
Kman - 1	6	1,6	Stafilić - 1	6	2	Prim. Dolac - 4	9	2,5
Gripe - 1	5	1,2	Stafilić - 2	1,2	1,4	Kamen (kam)	37	19
Kman - 2	4,6	5	Dugi Rat - 1	3,5	2,5	Trolokve	9,6	
Meje - 3	4	2,1	Dugi Rat - 2	2,3	2,5	Poljica	10,3	19
Duilovo	3,8	2,2	Sumpetar	10	14	Vrsine - 3	12,5	1,9
N. Bolnica	3,8	1,2	Jesenice - 1	55	40	Ljubitovica	12	13,5
Zlodrina - 2	3,6	4,1	Krug	10	10	Ljubitovica - 2	18	17
Visoka - 1	3,6	2	Suhi potok	1,2	3	Prapatn. - 1	24	24
Vrazova	3,5	0,2	Krilo	5	6	Prapatn. - 2	28	5
Prokurativa	3,5	0,2	Bajnice	3	17	Rastovac	50	43
Spinut - 1	3,2	0,1	Podstrana - 1	55	50	Mitlo	18	12
Dragovode	2,8	3,8	Podstrana - 2	10	6	Blizna - 1	19	
Vodovod - 2	2,7	3,2	Grljevac	10	10	Blizna - 2	14	
Brda - 1	2,6	4,5	Strožanac	4,2	2,5	Gustirna - 1	12	5
Lučac - 3	2,5	2,1	Klis - 1	7	9	Gustirna - 2	14	11
Smrdečac	2,4	3,5	Grlo - 1	90	100	Seget (G)	5,5	3
Lora (mont)	2,5	2,4	Kamen	26	4	Marina	3,1	2,1
Lovrinac	2,3	2,2	Žrnovnica	3,3	60	Dugopolje - 2	4,2	15
Grad - 1	2,3	5,9	Korešnica	20	0,7	Marina - pral	11	4,9
Jadranska	2,3	1,3	Žrnovnica donja	4	2	Konjsko - 1	300	100
Brda - 2	2,2	1,4	Žrnovnica - 1	26	35	Vučevica	38	30
Manus - 1	2,0	2,4	Tupina - 1	5	6	Klis - 2	11	6
Gripe - 2	1,9	6,2	Tupina - 2	12	2,5	Klis - 3	32	25
Tirševo	1,7	3,2	Stobreć - 1	10	2	Dugobabe	110	90
Remiza	1,5	3,5	Stobreć - 2	9	17	Bročanac - 1	1,7	45
Radunica	1,3	7,5	Mravince	4	5	Prugovo - 2	130	45
Žnjan	1	3	Gornje selo	55	19	Koša	2,7	4,5
45 ostalih TS	< 2	< 2	Liska	15	35	Dugopolje - 1	1,3	30
			Gomilica (na)	2,8	2,7	Dugopolje - 2	43	10
			K. Stari	3,5	3	Konjsko - 2	19	11
			Sućurac - 6	2,2	11	Lečevica - 1	3	3,1
			Gizdavac - 2	9	6	Koprivno	70	18
			Nisko	20	10	Prugovo - 1	40	40
			Stomorska	200	20	Bročanac - 2	3	21
			Grohote - 1	80	25	Brštanovo - 1	15	9
			Grohote - 2	200	20	Dugopolje	12	10
			Grohote - 3	25	6	Gizdavac	10	25
			Srednje selo	130	110	Grlo	50	30
			Maslinica	10	3	Kurtovići	6	7
			Donje selo	39	39	Liska	15	35
			Nečujam	50	55	Dolac donji	50	18
			Rogač	50	50	Dugopolje - 5	70	20
			17 ostalih TS	$R_z < 2$	$R_o < 2$	Konišća - 1	35	40
						Divijevići	29	9
						Brštanovo	70	80
						Gizdavac - 2	9	6
						Nisko	20	10
						10 ostalih TS	$R_z < 2$	$R_o < 2$

2. Praktične mogućnosti izvedbe efikasne zaštite od dodirnog napona i uzemljenja distributivnih električnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije

Dosadašnji način uzemljenja i izvedba zaštite od dodirnog napona distributivnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije, kao što rezultati i iskustva pokazuju, ne osigurava efikasnu zaštitu od dodirnog napona, niti ispravno uzemljenje nadzemne električne mreže. U vezi s tim, a na osnovi dosadašnjeg iskustva, predlažu se praktičke mogućnosti efikasne zaštite od dodirnog napona i uzemljenja nadzemnih distributivnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije s lošom vodljivošću tla.

2.1. Zaštita od dodirnog napona i uzemljenje distributivnih 35/10 kV i TS 10/0,4 kV u uvjetima seoske elektrifikacije s lošom vodljivosti tla

S obzirom na stanje struja zemnog spoja, i u vezi s tim, mogućnost ekonomične izvedbe uzemljenja TS 35/10 kV u uvjetima seoske elektrifikacije, na osnovi dosadašnjeg iskustva, valjalo bi mrežu 35 kV na području seoske elektrifikacije, gdje je to moguće, galvanski odvojiti od gradske kabelske mreže čime bi praktične vrijednosti struja zemnog spoja u nadzemnoj mreži 35 kV bile, uvijek, znatno ispod propisima ograničene vrijednosti koja iznosi:

$$I_{z^{35}} \leqq 10 \text{ A}$$

Stoga otpada potreba uzemljenja zvjezdišta nadzemne mreže 35 kV preko malog otpora, što znatno smanjuje problem uzemljenja TS 35/10 kV u uvjetima seoske elektrifikacije, posebno na područjima s lošom vodljivosti tla.

Isto vrijedi za nadzemnu mrežu 10 kV, i za problem efikasnog uzemljenja distributivnih TS 10/0,4 kV u uvjetima seoske elektrifikacije, gdje bi, također, struja zemnog spoja bila uvijek ispod propisima ograničene vrijednosti koja iznosi:

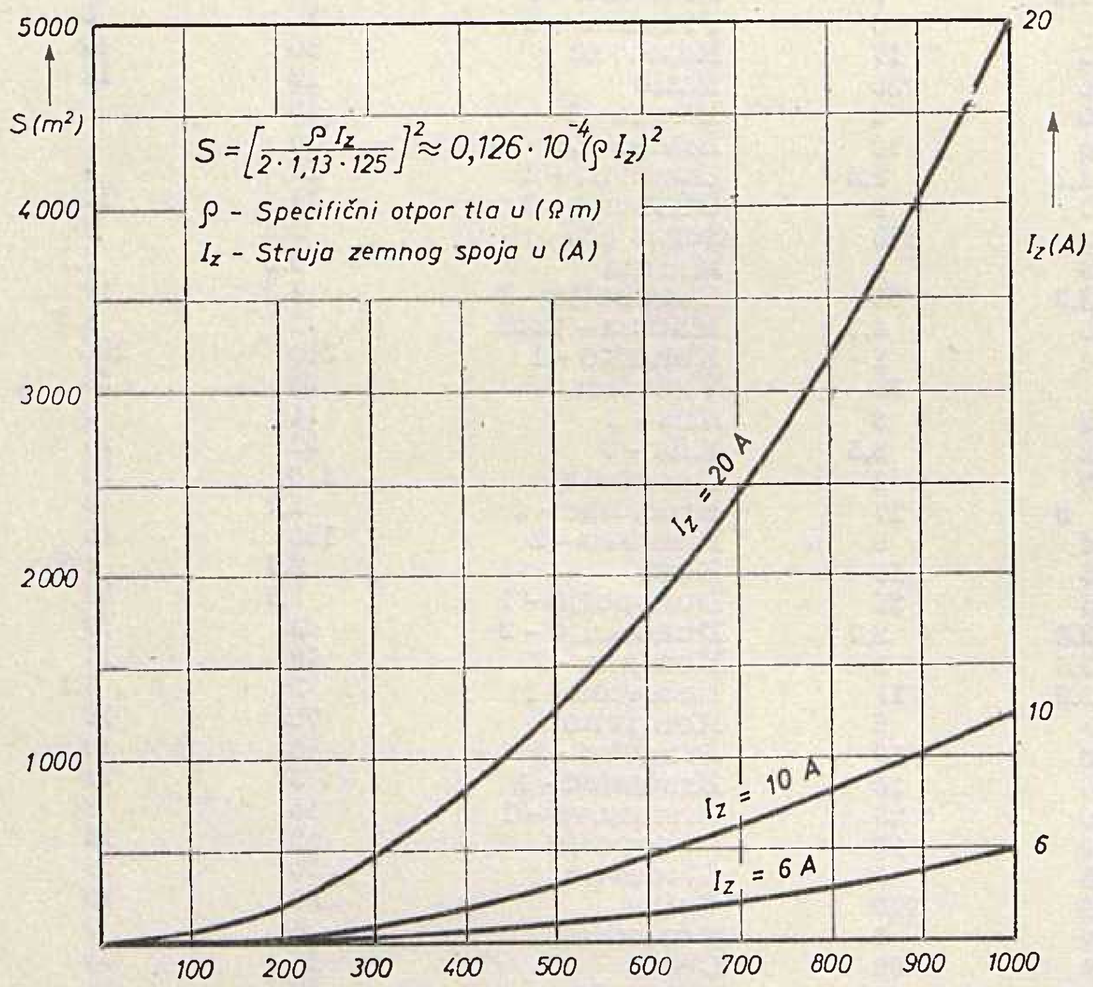
$$I_{z^{10}} \leqq 20 \text{ A}$$

Prema sadašnjem stanju nadzemne električne mreže 10 kV »Elektrodalmacije«—Split, što je izvedena za potrebe seoske elektrifikacije na području od oko 4665 km² ili 90% ukupnog konzum-

Dužina vodova 35 kV i struje zemnog spoja nekih TS 110/35 kV na području »Elektrodalmacije« — Split

Tablica 6

Tip i naziv TS 110/35kV		dužina vod. 35 kV u km			struja zemnog spoja		
		KB	DV	ukupno	Iz, KB(A)	Iz, DV(A)	Iz(A)
Gradska	Sučidar	10,513	—	10,513	73,5	—	73,5
	Meterize	8,2	34,1	42,3	57	3	60
Prigradska	Kaštela	—	30	30	—	2,63	2,63
	Dugi Rat	12,8+55,8	53,4	122	295	5	200
Područna	Kraljevac	—	50	50	—	4,4	4,4
	Peruča	—	70	70	—	6,12	6,12
Ukupno:		87,2	237,5	324,8	425,5	21,15	166,65



i TS 10/0,4 kV ovisno o iznosima ρ i I_z

Sl. 4. Potrebne praktične vrijednosti otpora uzemljenja

nog područja poduzeća i više od 50% svih potrošača električne energije, struja zemnog spoja ne bi prelazila praktičke vrijednosti od:

$$I_{z10} \approx 6 \text{ A}.$$

Potrebna najmanja površina mrežastog uzemljivača za prethodne iznose struja zemnog spoja, ovisno o specifičnom otporu zemljišta, prikazana je na sl. 3 i tab. 6, a praktičke vrijednosti iznosa otpora uzemljenja TS 10/0,4 kV i TS 35/10 kV u uvjetima seoske elektrifikacije sa zračnom mrežom 10 kV i 35 kV na slici 4.

Podaci iz sl. 3 i 4 pokazuju da ni praktički nije moguće izvesti efikasno uzemljenje TS 35/10 kV, a pogotovo ne za TS 10/0,4 kV u uvjetima seoske elektrifikacije s uzemljenim zvjezdištem nadzemne el. mreže 35 i 10 kV s lošom vodljivosti kamenitog zemljišta, čiji specifični otpor iznosi 200—1000 [Ωm].

Prema tome, kod nadzemnih distributivnih mreža seoske elektrifikacije u uvjetima rada s izoliranim zvjezdištem 35 kV i 10 kV, može se smatrati da su TS 35/10 kV i TS 10/0,4 kV efikasno uzemljene, ako vrijednosti otpora uzemljenja, ovisno o specifičnom otporu zemljišta, nisu veći od iznosa prikazanih na slici br 4.

2.2. Praktične mogućnosti efikasne zaštite od dodirnog napona u dugim zračnim izvodima električne mreže 0,4 kV

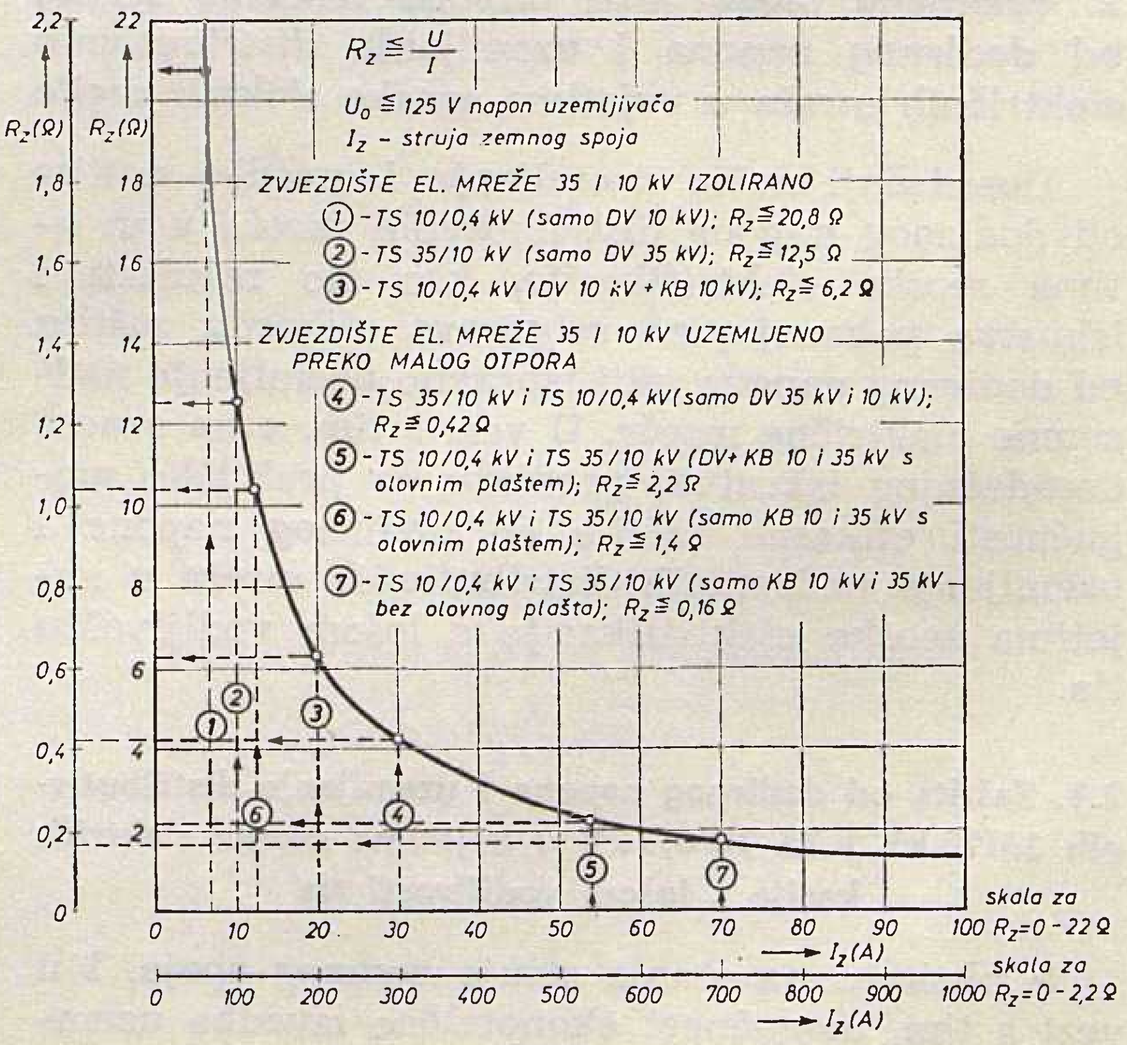
— Opskrba električnom energijom seoskih kućanstva obavlja se, u pravilu, relativno dugim zračnim izvodima električne mreže 0,4 kV, čija prosječna dužina, ovisno o broju izvoda n. n. TS 10/0,4 kV na području »Elektrodalmacije«—Split iznosi, kao što je navedeno u tablici 8.

Efikasnu zaštitu od dodirnog napona dugih zračnih izvoda 0,4 kV moguće je postići na tri osnovna načina:

— stupnjevanjem osigurača duž izvoda 0,4 kV
— ugradnjom osigurača u strujne zaštitne sklopke u TS 10/0,4
— povećanjem presjeka nul-vodiča, čija je usporedba troškova navedena u tablici 9.

Podaci iz tablice 9 pokazuju, da strujna zaštitna sklopka, zajedno s osiguračima na početku, predstavlja optimalni način zaštite drugih zračnih izvoda 0,4 kV, čiji je način zaštite detaljnije prikazan na slikama 5 i 6.

Na osnovi podataka iz slike 5 i 6 proizlazi slijedeće:

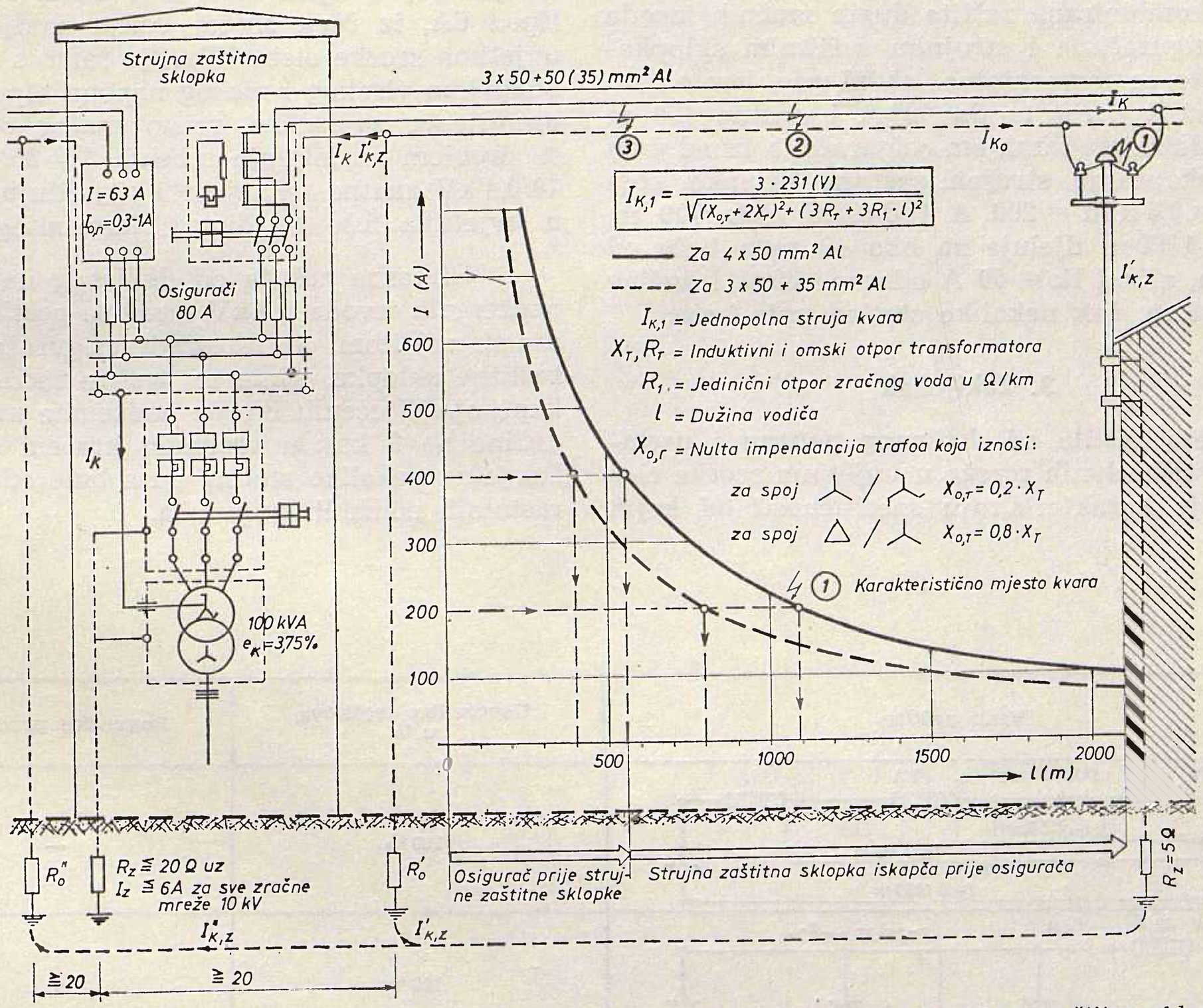


Sl. 3. Veličina mrežastih uzemljivača seoskih TS 35/10 kV seoskih TS 35/10 kV i TS 10/0,4 kV ovisno o vrsti uzemljenja zvjezdišta 35 i 10 kV

Dužina vodova i struje zemnog spoja TS 35/10 kV na području »Elektrodalmacije« — Split
(stanje 31. VII 1972.)

Tablica 7

Tip i naziv TS 35/10		duž. vodova 10 kV (km)			struja zemnog spoja (A)			
		KB	DV	Ukupno	KB	DV	ukupno rač.	ukupno mjer.
Gradska	Lora	4	—	4	5,44	—	5,44	
	Brodogradilište	7,5	—	7,5	10	—	10	
	Dobri	25	—	25	34	—	34	33,5
	Gripe	12	—	12	16,3	—	16,3	11,5
	RTS Sučidar	12	—	12	16,3	—	16,3	
	Ukupno:	60,5	—	60	78	—	78	
Prigradska	Dujmovača	10	104	114	13,6	2,6	16,2	22
	Kaštela	7	1,5	8,5	9,5	—	9,5	
	Partizan	—	14	14	—	0,35	0,35	
	Ukupno:	17	119,5	136,5	23,1	2,95	26	
Područna (seoska)	Trogir	17	114	161	24,6	3,6	28,2	
	Sinj	3,3	160	163,3	4,5	4	8,5	
	Vrlika	—	85	85	—	2,13	2,13	
	Omiš	5	68	73	6,8	1,7	8,5	
	Kraljevac	—	95	95	—	2,38	2,38	
	Makarska	9	37	46	12,3	0,93	13,23	
	Imotski	0,5	265	265,5	0,68	6,1	7,78	
	Metković	1	80	81	1,36	2	3,36	
	Ploče	5,4	148	153,4	7,35	3,7	11,05	
	Postire	2,5	109	111,5	3,4	2,72	6,12	
	Bol	—	—	—	—	—	—	
	Starigrad		104	111	9,5	2,6	12,1	
	Hvar	5,5	5,5	5,5	—	1,38	1,38	
	Vis	6	56	62	8,2	1,4	9,6	
	Prančević	—	98	98	—	2,45	2,45	
	Ukupno	46,7	1454,5	1601,2				
Sveukupno:		124,2	1574	1698				

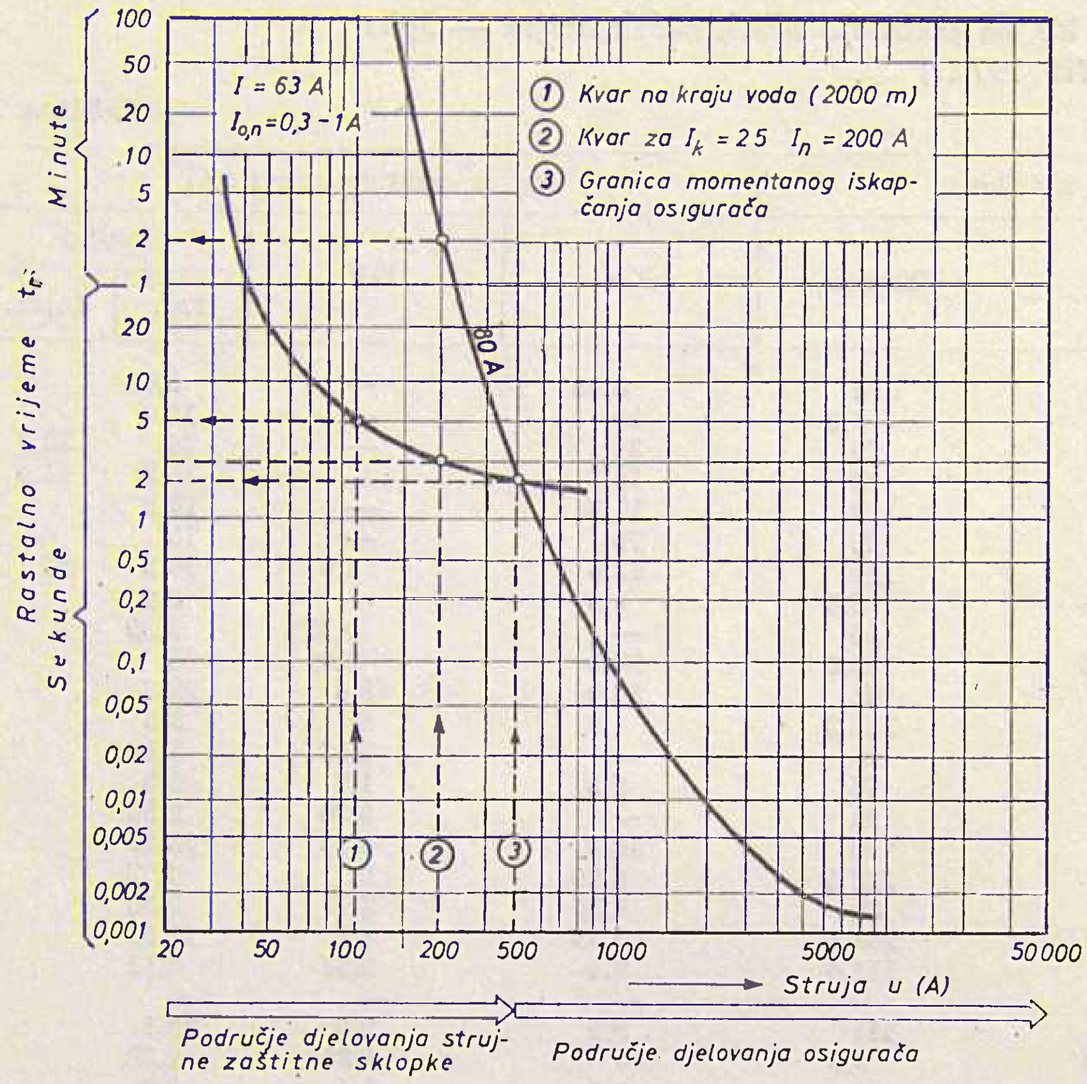


Sl. 5. Primjer efikasne zaštite dugih zračnih vodova 0,4 kV pomoću osigurača i strujne zaštitne sklopke

— Kod zaštite dugih nadzemnih vodova 0,4 kV tipskog presjeka 4 x 50 mm² Al, samo osiguračem. Osigurači momentalno izgaraju kod jednopolnih kvarova najdalje do 600 m, a kod vodova s presjekom 3 x 50 + 35 mm² Al najdalje do 400 m dužine voda;

— Kod jednoplodne struje kvara Ik = 2,5 x In = = 200 A — osigurači izgaraju tek nakon tri minute, čemu odgovaraju udaljenosti za prvi slučaj voda 1100 m, a za drugi slučaj oko 800 m;

— U slučaju kvara na kraju zračnih izvoda 0,4 kV prosječnih dužina oko 2000 m, osigurači bi pregorjeli tek nakon nekoliko sati,



Sl. 6. Karakteristika iskapčanja strujne zaštitne sklopke i osigurača dugih zračnih vodova 0,4 kV

— Kod kombinirane zaštite dugih zračnih izvoda 0,4 kV osiguračima i strujnim zaštitnim sklopkama postiže se momentalno iskapčanje, bez obzira na dužinu voda, i to do 400 A i dužine 400 m momentalnim pregaranjem osigurača, a iznad ovih iznosa iskapčanje strujne zaštitne sklopke koja kod Ik = 2,5 x In = 200 A i dužine voda 700 m, odnosno 1100 m djeluje za oko 40 puta brže od osigurača, a kod Ik = 60 A odnosno 80 A i dužine voda 2000 m, čak nekoliko stotina puta brže.

3. Zaključak

Problem zaštite od dodirnog napona i uzemljenje distributivnih mreža u uvjetima seoske elektrifikacije karakteriziraju specifičnosti od kojih su, na osnovi dobivenih rezultata i dosadašnjih praktičkih iskustava, najvažnije slijedeće:

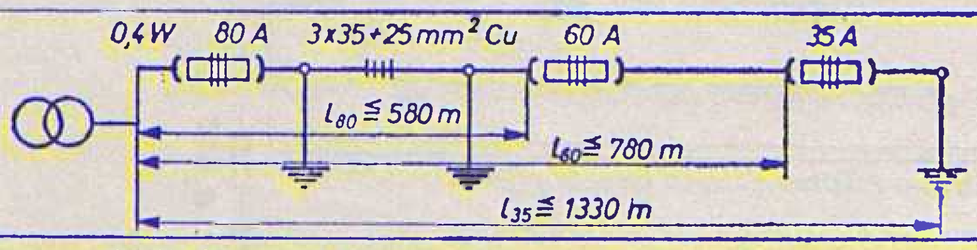
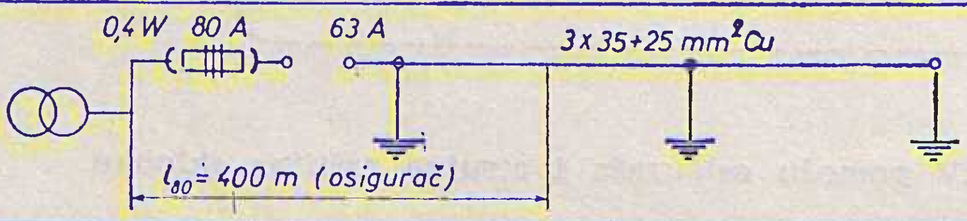
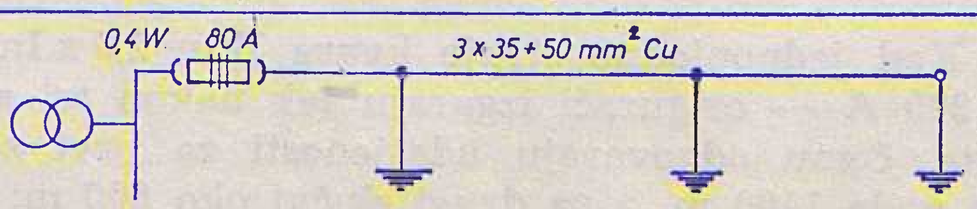
— Nagli razvoj seoske elektrifikacije u Jugoslaviji, koju karakterizira veliki broj seoskih naselja, uvjetovao je izvedbu velikog broja različitih uzemljenja, čija kvaliteta ne zadovoljava propise, a posebno ne opravdava utrošena sredstva koja prema procjeni iznose oko 12% troškova uzemljenog dijela nadzemnih distributivnih mreža i to TS 35 kV, TS 10 kV i mreža 0,4 kV.

— Struje zemnog spoja TS 110/35 kV samo nadzemnom mrežom 35 kV iznose ispod 10 A, odnosno TS 35/10 kV s DV 10 kV ispod 6A, za razliku od TS 110 i TS 35 kV s mješanom nadzemnom i kabelom mrežom 35 kV i 10 kV, gdje struja zemnog spoja u nekim slučajevima višestruko premašuje, propisima dozvoljene granice, zbog čega bi nadzemne el. mreže 35 kV i 10 kV u uvjetima seoske elektrofikacije trebalo, gdje je to moguće, galvanski odvojiti od kabelskih mreža;

— Podaci pokazuju, da u distributivnim mrežama seoske elektrifikacije, samo s nadzemnim vodovima struje zemnog spoja u el. mreži 35 kV ostaju uvijek ispod 10A, a u mreži 10 kV ostaju ispod 6A, iz čega slijedi važan zaključak, da u uvjetima seoske elektrifikacije samo s nadzemnim vodovima visokog i niskog napona otpada potreba uzemljenja zvjezdišta preko malog otpora čime se problem uzemljenja seoskih TS 35/10 kV i TS 10/0,4 kV znatno smanjuje i pojeftinjuje, posebno u uvjetima loše vodljivosti kamenitog zemljišta;

— Efikasna zaštita od dodirnog napona dugih nadzemnih izvoda 0,4 kV može se postići kombiniranom zaštitom od rastalnih osigurača i strujne zaštitne sklopke. Time se postiže momentalno iskapčanje oštećenih izvoda nadzemne mreže 0,4 kV dužine do 2 km, u vremenu kraćem od 10 sek., što je za nekoliko stotina puta brže od djelovanja rastalnih učinskih osigurača.

Tablica 9

Vrsta zaštite	Usporedba troškova u %	Pogonske prednosti
	100 %	—
	103 %	+
	115 %	+

Naslov pisca: Josip Neveščanin, dipl. ing.
»Elektrodalmacija«, Split

PRIMJENA DRVENIH STUPOVA U NISKONAPONSKOJ MREŽI

Petrović Mato, Zagreb

Razrađen je brzi i dovoljno precizan način dimenzioniranja pet osnovnih tipova drvenih stupova niskonaponskih mreža. Konstruirani su za svaki tip stupa dijagrami iz kojih se za odabrani vršni promjer drvenog jarbola očitava vršna sila.

DK 621.316.1

1. Uvod

U posljednjih nekoliko desetljeća u upotrebi su stupovi niskonaponskih električnih vodova od betona i čelika. Njihova primjena u svijetu je različita, pa i unutar jedne zemlje. U nas još uvijek dominira primjena drvenih stupova, pa je potrebno vidjeti i promatrati njezine rezultate i domete.

Promatramo li niskonaponske mreže, ne samo starije, nego i one izgrađene prije nekoliko godina, vidimo mnogo nepravilnosti i u projektiranju i izvođenju. Može se slobodno reći, da ovo vrijedi za sela i za gradove. Ako se stup optereti više nego što on može podnijeti, tada je rezultat jasan. On se deformira, i uzrokuje već dobro poznate posljedice. Na slikama 1. i 2. vide se samo neki karakteristični primjeri. Nije potrebno isticati, da malo stručnije prilaženje izgradnji niskonaponskih mreža, može donijeti mnogo ušteda. Radi se o tisućama jednakih stupova, pa je mala ušteda na jednom stupova, pa je mala ušteda na jednom stupu tisuću puta veća na cijelom vodu. S druge strane izvođačima i gospodarskim poduzećima je dobro poznato koliko je skuplje loše odabrani i zbog toga deformirani tsup maknuti iz voda i na njegovo mjesto postaviti novi. Na žalost, ovo je u praksi česta pojava, pa čak i na novim vodovima. Stoga u odabiranju najekonomičnijeg stupa valja imati pravu mjeru i ne ugrađivati jeftiniji stup na uštrb sigurnosti. Ništa ne koristi ugraditi kod stupa s poduporom jaku p o d u p o r u a slabi stup (vidi sl. 1.), jer će se tada deformirati glava stupa i za sobom povući susjedne nosive stupove.

Sve je rijeđa upotreba drvenih stupova u niskonaponskoj mreži bez betonskih nogara. Uzrok je ekonomske naravi, jer je lakše gospodariti niskonaponskom mrežom s betonskim nogarima. Stoga se investitori i gospodarska poduzeća orijentiraju na jeftinija rješenja. Zato ćemo ovdje prvenstveno razmatrati drvene stupove s betonskim nogarima. Na svim skicama su prikazani takvi stupovi. Rezultati i rješenja vrijede i za stupove bez nogara, a razlika je, razumljivo, u nekim konstruktivnim detaljima, koji za globalno rješavanje problema nisu bitni.

To su razlozi da se detaljnije promotre nosivost i stabilnost drvenih stupova, i omogući, na brz način, točnije dimenzioniranje drvenih stupova za niskonaponske mreže.

Niskonaponsku mrežu u svim normalnim slučajevima zadovoljava drveni jarbol dužine 9,0 m i 7,0 m na betonskom nogaru, pa su rješenja za optimalno dimenzioniranje takvih stupova dana za tu visinu drvenih jarbola.

2. Dimenzioniranje stupova

Gotovo sve zahtjeve nošenja električnih vodiča u nadzemenoj niskonaponskoj mreži mogu zadovoljiti ovi tipovi stupova:

— nosivi stup (Sl. 4)
— stup s poduporom (Sl. 7)
— stup sa sidrom (Sl. 11)
— A-stup (Sl. 15)
— dvostruki stup (Sl. 18)

Posebno će biti prikazan način dimenzioniranja svakog od ovih pet tipova u skladu s »Tehničkim propisima za gradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova« (Sl. list 24/67.) i drugim postojećim propisima i standardima, koji se odnose na ovu problematiku.



Slika 1



Slika 2

Dimenzioniranje je provedeno tako da se za određene geometrijske karakteristike elemenata stupa određuje najveća dopuštena sila kojom se smije opteretiti stup.

2.1. Materijal

— Drveni dijelovi moraju odgovarati standardu JUS D. B2. 020 Modul elastičnosti mekog drveta E = 100.000 kp/cm². Modul elastičnosti tvrdog drveta E = 125.000 kp/cm²
— čelični i betonski dijelovi moraju odgovarati standardima navedenim u »Tehničkim propisima za gradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova«.

Možda se čini suvišnim citiranje ovih propisa i standarda, ali to je potrebno zbog više razloga. Na tržištu se susreću drveni stupovi, kao i ostali materijal potreban za sastavljanje stupova rajrazličitijih svojstava. Ne samo bez garancije i podataka o mehaničkim svojstvima drveta, nego i geometrijske karakteristike, koje su lako mjerljive, ne odgovaraju standardiziranim. Poznato je koliko samo vrijeme sječe utječe na čvrstoću drveta. O svemu tome proizvođač i kupac drvenih stupova mora voditi računa. Citirani propisi su pretpostavka od koje ova razmatranja polaze.

2.2. Utjecaj opterećenja vjetra na stupove

Intenzitet vjetra i način određivanja njegovih sila na stupove je određen »Tehničkim propisima za gradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova« (točka 2.3. propisa).

Sila vjetra bit će reducirana za slučaj A glave stupa, jer su stupovi sa 4 + 2 (tri faze i nul-vodič + javna rasvjeta) vodiča deblji i stoga jače opterećeni vjetrom. Ovako određene sile vjetra lako je reducirati za neki drugi položaj rezultante sila, kao što će to biti pokazano. U skladu s točkom 2.3. propisa, sila vjetra na stup je:

$$W_1 = c \cdot q \left[d \cdot (l' + 25) + (D - d) \frac{l' + 25}{2} \right] \text{ ili}$$

$$W_1 = C \cdot q \cdot d_s (l' + 25)$$

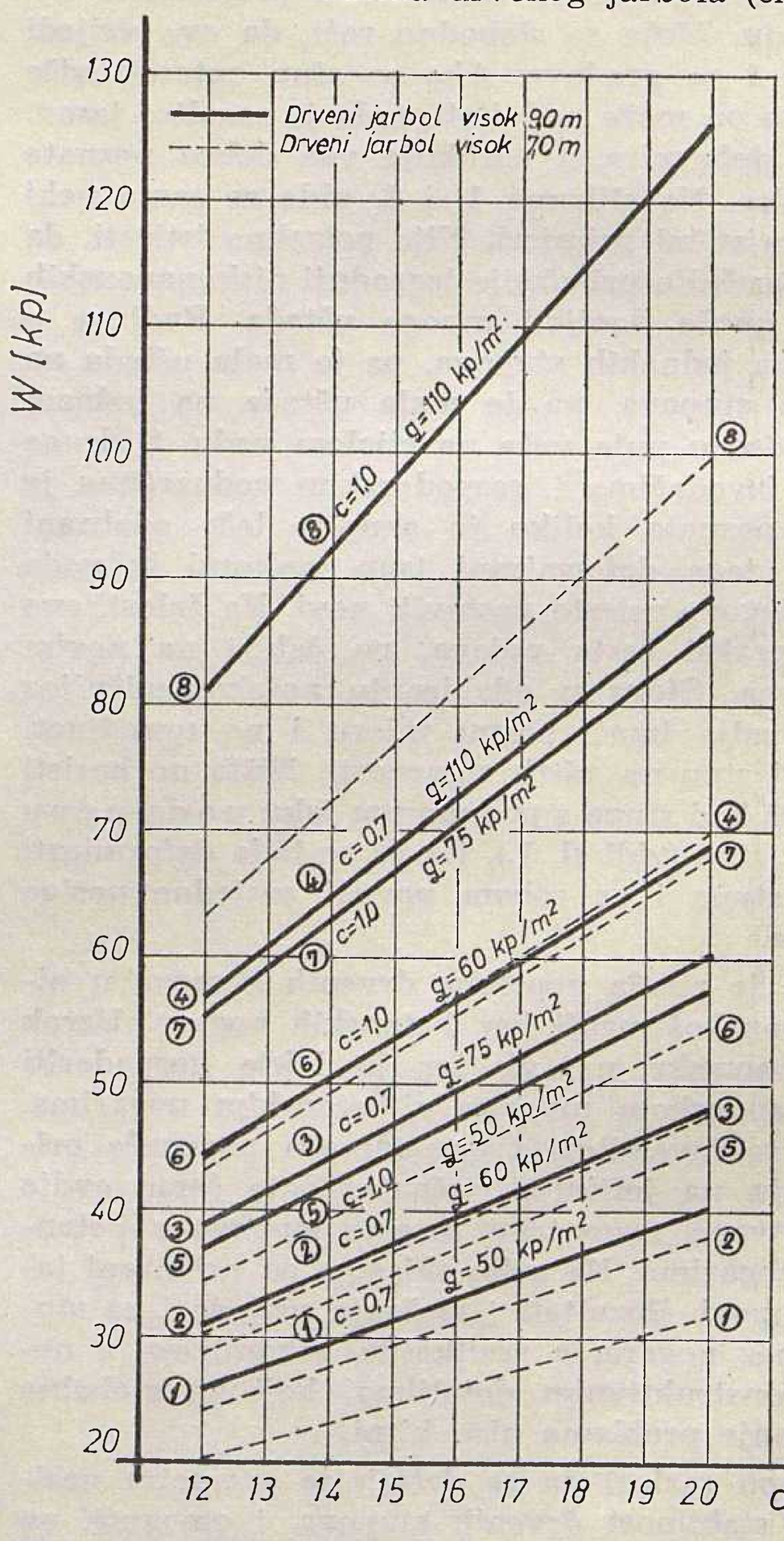
Sila vjetra reducirana na hvatište rezultante za tip A glave stupa je:

$$W = c \cdot q \left[d \cdot \frac{(l' + 25)^2}{2} + (D - d) \cdot \frac{(l' + 25)^2}{6} \right] \cdot \frac{1}{l' + 25 - a} \qquad (1)$$

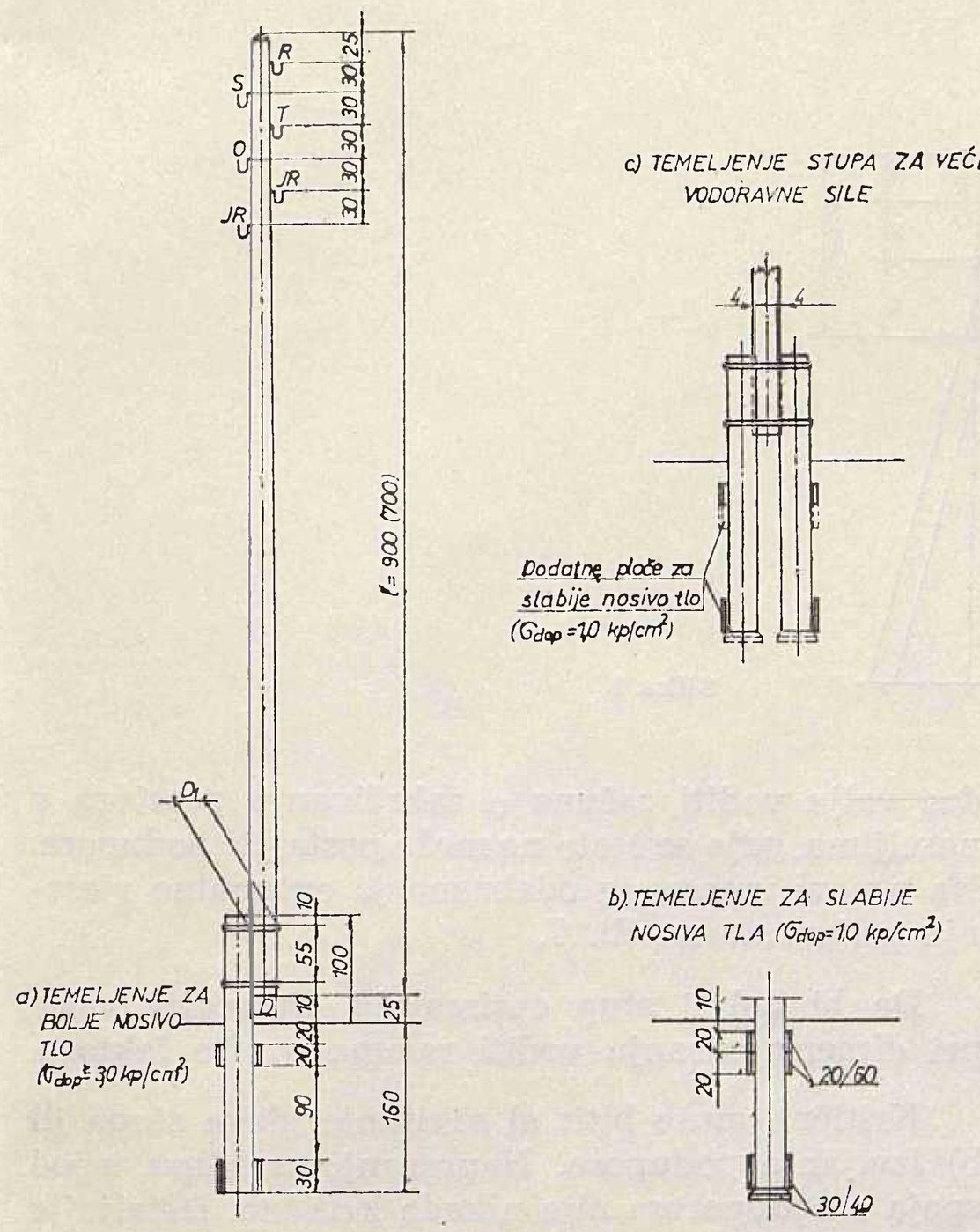
Ovdje je: a — označeno na Sl. 6

d_s — srednji promjer stupa = $\frac{D + d}{2}$

D — donji promjer stupa (cm')
d — vršni promjer stupa (cm')
q — intenzitet vjetra (kp/cm²)
c — koeficijent oblika
l' — dužina drvenog jarbola (cm).



Sl. 3. Opterećenje stupova vjetrom. W — opterećenje stupa vjetrom reducirano na udaljenost a = 90 cm od vrha stupa, d — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha stupa.



Slika 4

Koeficijent oblika c je različit za različite vrste stupova:

c — 0,7 za nosivi stup i sa sidrom,

c — 1,0 za stup s poduporom i dvostruki stup, kada vjetar puše u ravnini stupa.

Za stup s poduporom je uzet koeficijent oblika c = 1,0 jer tako određena sila vjetra dovoljno točno odgovara rezultanti pojedinačno određenih sila vjetra, za stup i poduporu.

Za A-stup se uzima dvostruka sila vjetra nosivog stupa. Na slici 3. je prikazana ovisnost sile vjetra, reducirana na udaljenost $a = 90$ cm od vrha stupa i vršnog promjera stupa d za dvije visine drvenih jarbola (9,0 m i 7,0 m).

Ako je hvatište rezultante npr. na udaljenosti a' od vrha 9,0 m visokog drvenog jarbola, tada je odgovarajuća vršna sila:

$$W' = W \cdot \frac{8{,}35}{9{,}25 - a'}$$, a za 7,0 m visoki

drveni jarbol:

$$W' = W \cdot \frac{6{,}25}{7{,}25 - a'}$$

2.3. Nosni stup

Kod nosnih drvenih stupova stanje naprezanja u poprečnim presjecima odgovara kosom savijanju, tj. poprečni presjeci su opterećeni uzdužnom silom i momentom savijanja. Utjecaj uzdužne sile je jako mali (~ 1%), tako da se dimenzioniranje stupa može provesti kao za samo savijanje.

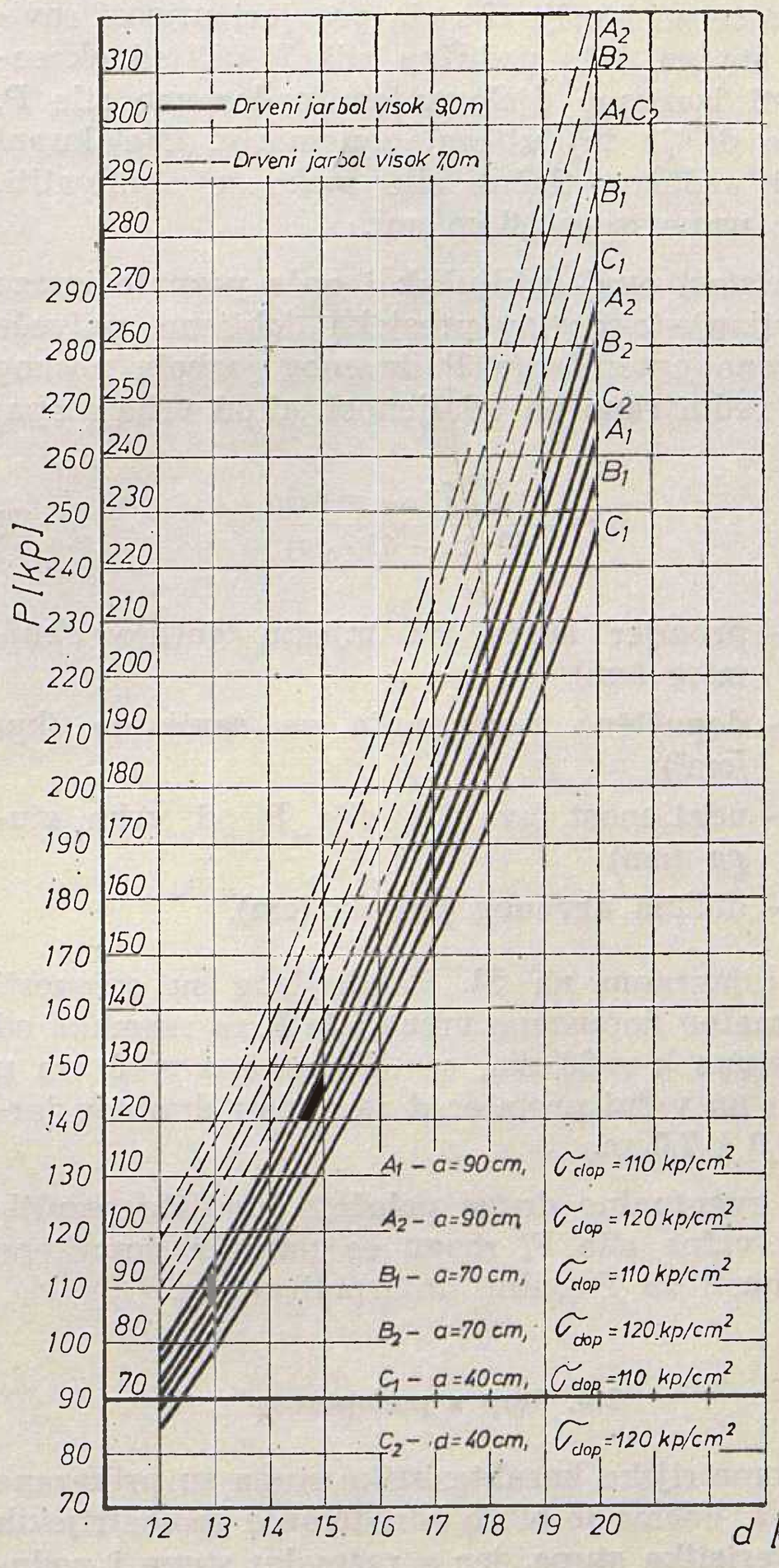
Geometrijske karakteristike nosnog stupa se vide na Sl. 4., gdje je prikazan stup s 4 + 2 vodiča.

Dimenzioniranje stupa je provedeno za tri glavna tipa glave stupa (vidi Sl. 6.). Za ovo razmatranje tip nogara nije od bitne važnosti i razmatranje vrijedi za sve tipove nogara, ako je razmak od tla do stupa 25 cm. Nogari moraju imati takve karakteristike, da mogu preuzeti maksimalno dopušteno vršno opterećenje stupa. Detaljnije o tome će biti riječi u poglavlju o temeljenju stupova.

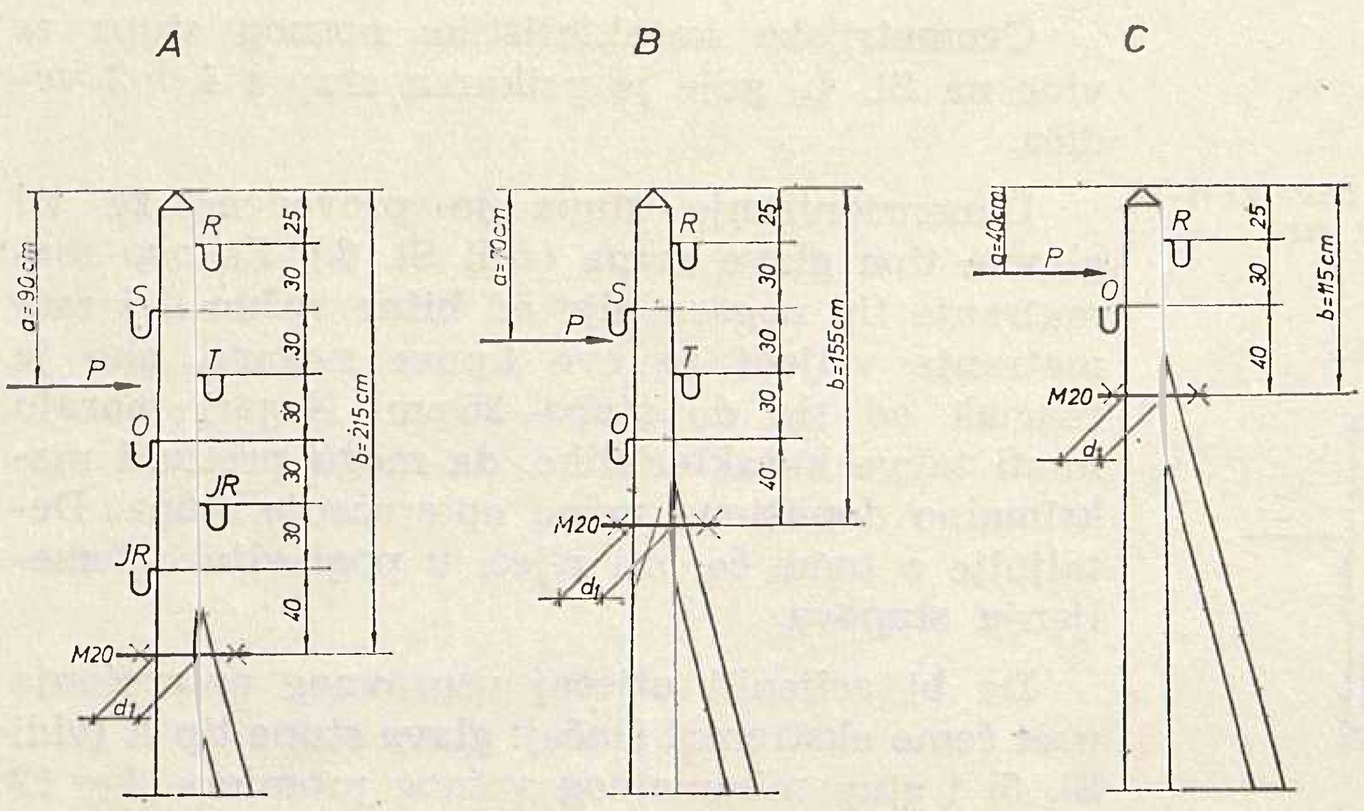
Da bi ocijenili utjecaj uspravnog opterećenja uzet ćemo ekstremni slučaj: glava stupa tip A (vidi Sl. 6) i stup minimalnog vršnog promjera $d = 12$ cm. Za ovaj slučaj maksimalna uspravna sila je: $F = 6.\ 50 + 100 = 400$ kp.

Donji promjer stupa: $D = d + (9{,}0—0{,}3) \cdot 0{,}8 = 18{,}95$ cm.

Promjer stupa mjerodavan za kontrolu naprezanja:



Sl. 5. Nosni stup. P — najveća dopuštena vršna sila, d — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha. Krivulje se mogu rabiti i za stupove bez betonskih nogara.



Slika 6

$$D_1 = D - 0{,}65 \cdot 0{,}8 = 18{,}95 - 0{,}52 = 18{,}43 \text{ cm}$$

$$\sigma_1 = \frac{F}{S} = \frac{400 \cdot 4}{\pi \cdot 18{,}43^2} = 1{,}5 \text{ kp/cm}^2.$$

Za normalni vršni promjer $d = 16$ cm imamo $\sigma_1 = 1{,}0$ kp/cm^2 .

Ako se po teoriji II reda provjeri utjecaj savijanja, što ga daje uzdužna sila F uslijed ekcentričnosti izazvane djelovanjem vodoravne sile P, vidi se da je taj utjecaj zanemariv. Cjelokupni utjecaj uzdužne tlačne sile može se obuhvatiti, ako se uzme $\sigma_1 = 2{,}0$ kp/cm^2.

Koristeći ovaj zaključak i opće poznate izraze za savijanje okruglog presjeka dobijemo najveće dopušteno opterećenje P drvenog jarbola nosnog stupa, reducirano na udaljenost ‚a' od vrha stupa:

$$P = \frac{\pi \cdot D_1^3 \, (\sigma_{dop} - \sigma_1)}{32 \, (1' - 65 - a)} \qquad (2)$$

D_1 — promjer stupa na mjestu gornje obujmice (cm)

σ_{dop} — dopušteno naprezanje za savijanje (kp/cm^2)

a — udaljenost hvatišta sile P od vrha stupa (cm)

l' — dužina drvenog jarbola (cm).

U dijagramu na Sl. 5 određene su ovisnosti maksimalno dopuštene vršne sile P za razmake od vrha stupa $a = 90$ cm, $a = 70$ cm, i $a = 40$ cm u odnosu na vršni promjer d za visinu drvenog jarbola 9,0 i 7,0 m.

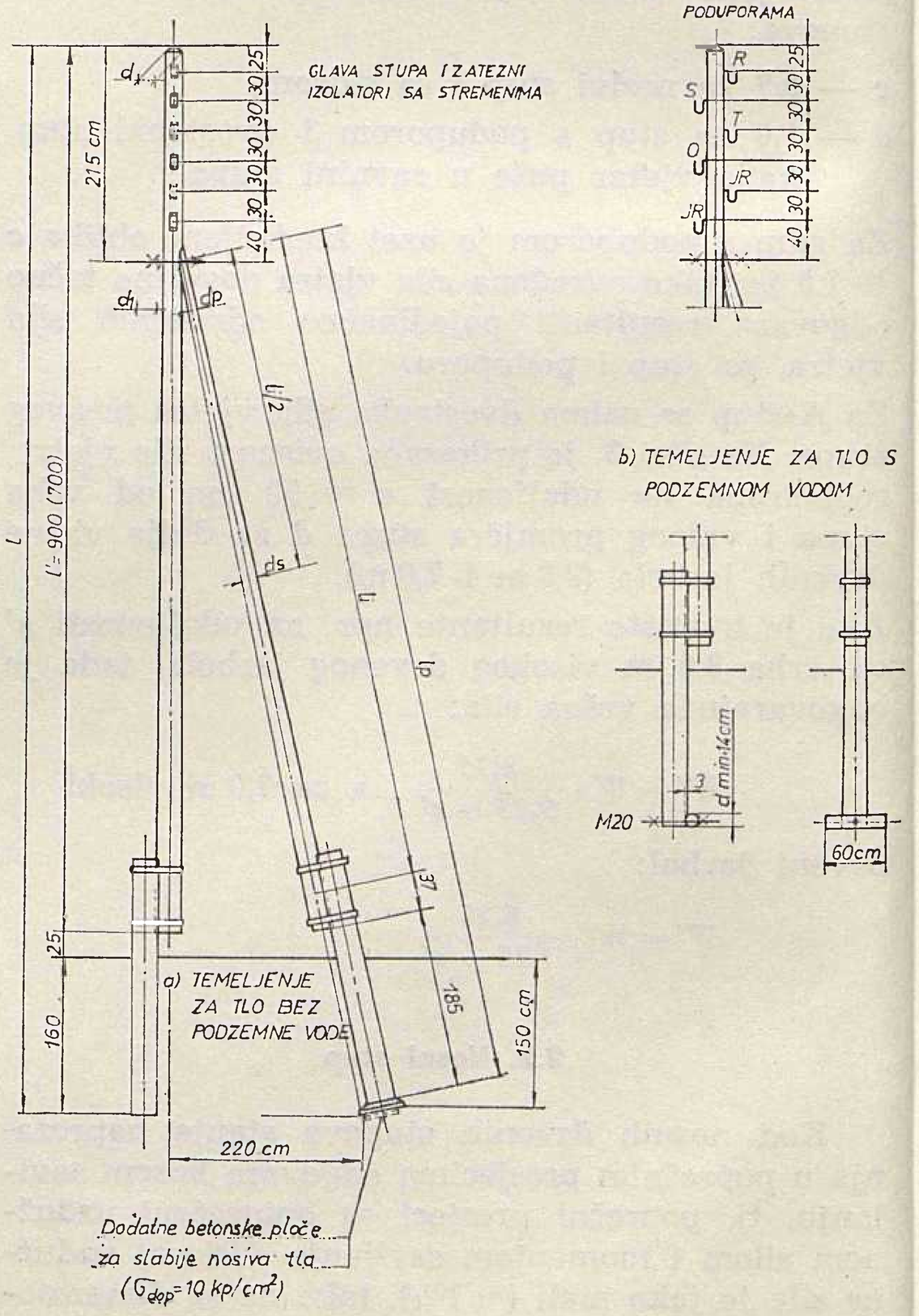
Za eventualno druge položaje hvatišta rezultirajuće vršne sile P, mogu se najveće dopuštene vrijednosti za P dobiti interpoliranjem.

2.4. Stup s poduporom

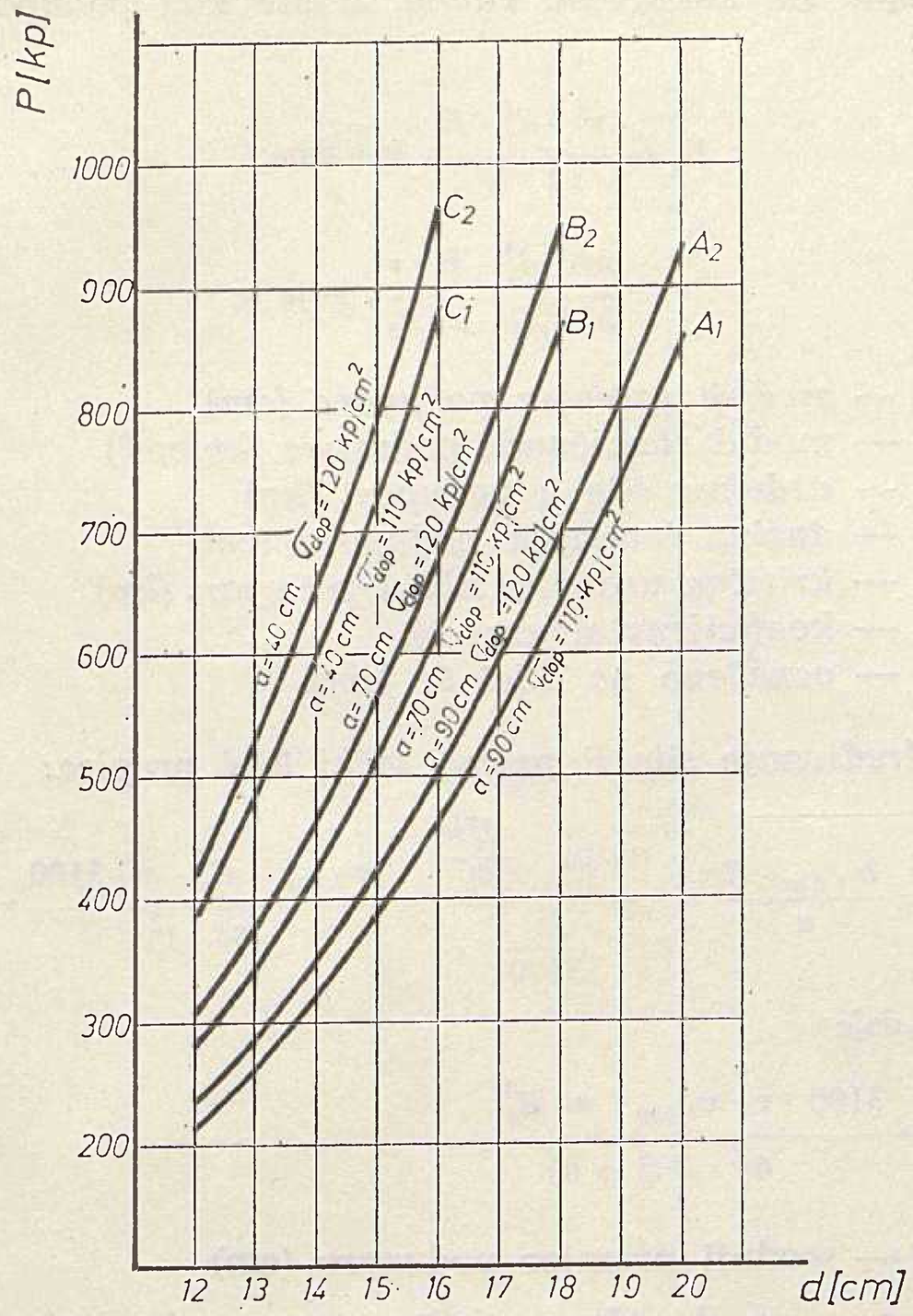
Geometrijske karakteristike stupa su prikazane na Sl. 7. Veoma je bitno određivanje geometrijskih karakteristika stupa, jer o razmaku stupa i podupore ovise sile u elementima stupa, dužina izvijajanja podupore i količina zemljanih radova. Također valja voditi računa o zakrčivanju prostora u naseljima, gdje se često ne može postaviti podupora. Na osnovi iznesenog odabrano je optimalno rješenje prikazano na Sl. 7.

Da bi dobili stup optimalnih dimenzija valja pri dimenzioniranju voditi računa o više faktora.

Kritično može biti: a) savijanje glave stupa ili b) izvijanje podupore. Naprezanje u stupu ispod spoja s poduporom nije nikada kritično. Detaljnije će biti promatrana oba kriterija.



Slika 7



Sl. 8. Savijanje glave stupa kod stupa s poduporom i sidrom. P — najveća dopuštena vršna sila, d — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha

a) savijanje glave stupa

Kod stupa s poduporom i stupa sa sidrom može biti mjerilo za određivanje dimenzije stupa, savijanje glave stupa. To znači, da na mjestu spajanja podupore ili sidra za stup maksimalno naprezanje savijanja u stupu ne smije prijeći propisima dopuštena naprezanja na savijanje. Ovo je bitno uglavnom kod stupa s većim brojem vodiča. Da bi se što temeljitije obuhvatilo ovakvo naprezanje stupa, razmotrit će se tri najkarakterističnija slučaja glave stupa. To su stupovi s dva, četiri i šest vodiča, prikazani na sl. 6. Slučaj C je jednofazni vod, slučaj B je trofazni vod, a slučaj A je trofazni vod s uličnom rasvjetom. Postavljanje većeg broja vodiča na stup je neekonomično za primjenu drvenih stupova, jer uvjetuje smanjenje raspona vodiča ili upotrebu debelih stupova koje je teško nabaviti i skupi su.

Hvatište rezultante sila vodiča na glavu stupa je prikazano na Sl. 6. Za slučaj C je ‚a' točno određena vrijednost i iznosi 40 cm, za slučaj B je, ‚a' točno određena vrijednost i iznosi $a = 70$ cm, dok za slučaj A može varirati, što ovisi o odnosu presjeka vodiča javne rasvjete i vodiča faza. Razlika nije znatna i ne utječe bitno na točnost računa, pa se za slučaj A može s dovoljnom točnošću uzeti a = 90 cm.

Dopušteno naprezanje za vlak je različito od dopuštenog naprezanja za tlak, pa je potrebno uzeti u obzir oba ograničenja i stup dimenzionirati prema nepovoljnijem. Za dimenzioniranje stupa prema dopuštenom naprezanju za savijanje uzima se neto moment otpora Wn, a za dimenzioniranje prema dopuštenom tlačnom naprezanju uzima se neoslabljeni moment otpora, kao što je uobičajeno kod dimenzioniranja tlačnih elemenata.

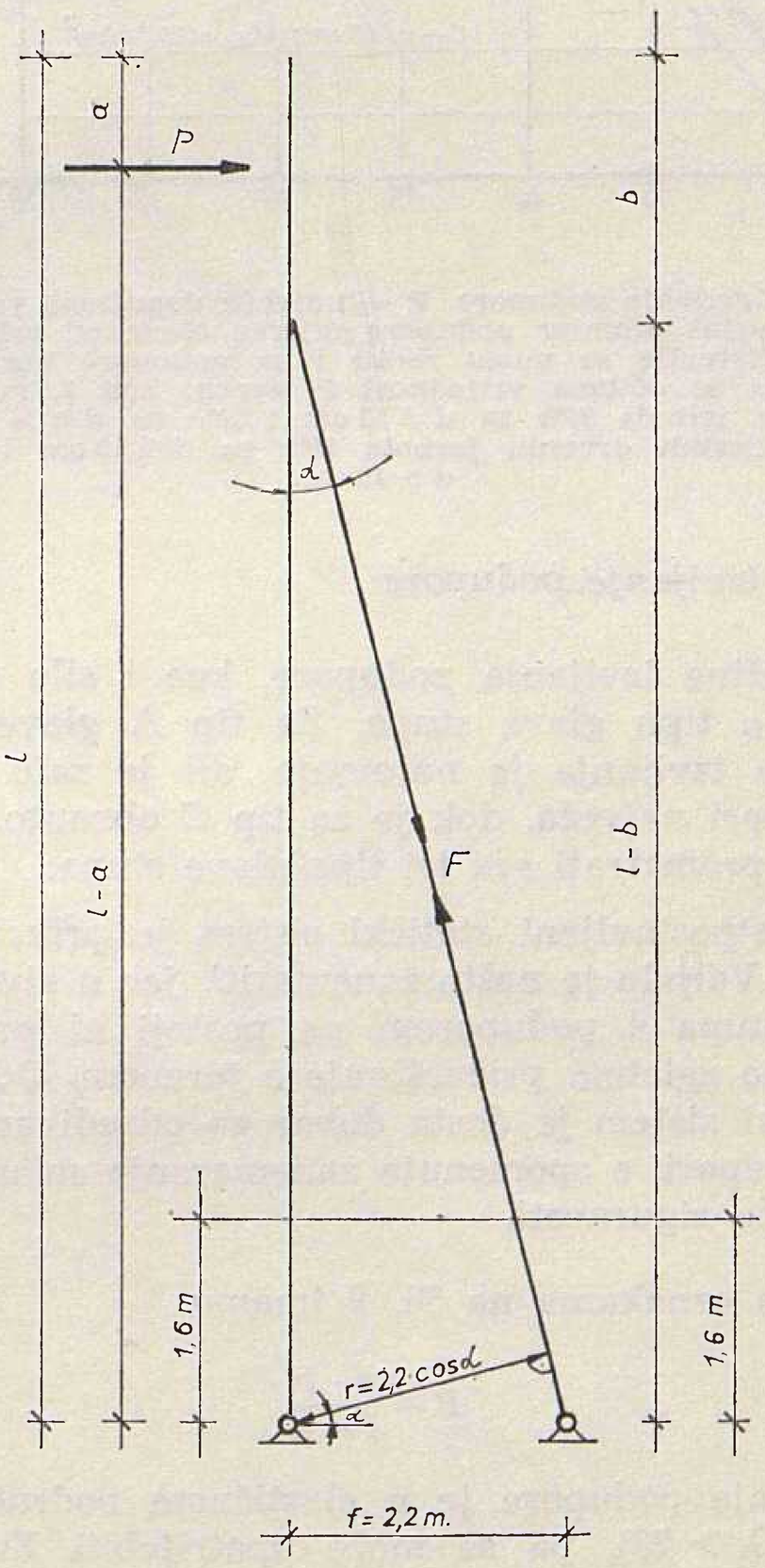
Uzimajući u obzir dopušteno naprezanje za savijanje, imamo maksimalnu dopuštenu vršnu silu:

$$P = {}_{s}\sigma_{dop} \frac{(3\pi d_1^3 - 16 \varnothing d_1^2)}{96 (b - a)} \qquad (3)$$

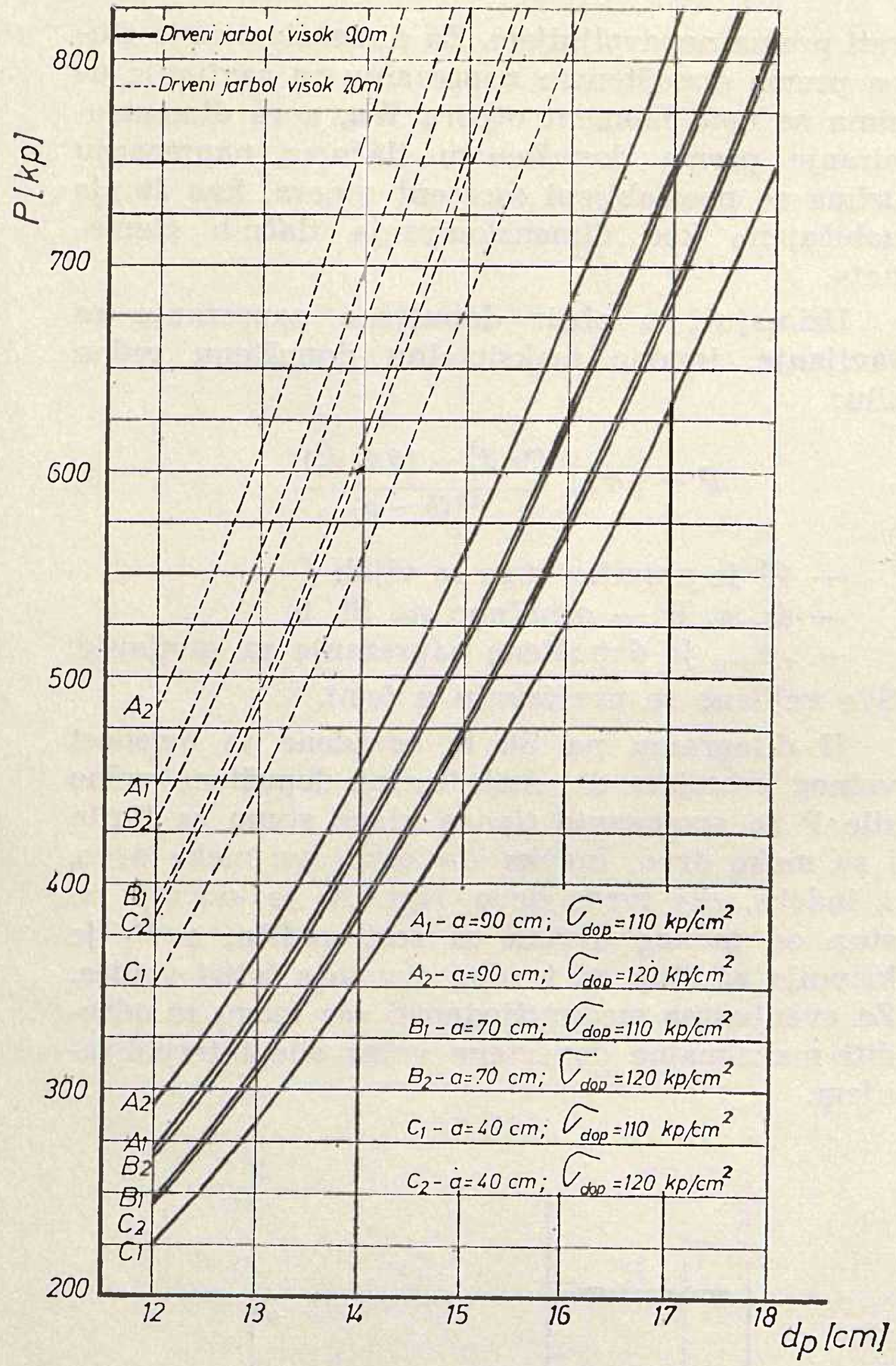
— $\varnothing$ je promjer rupe za vijak
— d_1, a, b — označeno na Sl. 6.
— ${}_{s}\sigma_{dop}$ je dopušteno naprezanje za savijanje.

Sve veličine se uvrštavaju u (cm).

U dijagramu na Sl. 8. određena je ovisnost vršnog promjera d i maksimalne dopuštene vršne sile P za spomenute tipove glave stupa za tvrdo i za meko drvo. Indeks »1« označava meko drvo, a indeks, »2« tvrdo drvo. Npr. A_1 je krivulja za stup od mekog drveta sa šest vodiča, a B_2 je krivulja za stup od tvrdog drveta s četiri vodiča. Za eventualne međuvrijednosti »a« mogu se odrediti maksimalne dopuštene vršne sile interpoliranjem.



Slika 9



Sl. 10. Izvijanje podupore. P — najveća dopuštena vršna sila, dp — vršni promjer podupore mjeren 30 cm od vrha podupore. Krivulje se mogu raditi i za podupore bez nogara, tako da se očitana vrijednost P uveća: kod 9,0 m visokih drvenih jarbola 20% za $d \leq 13$ cm i 20% za $d \geq 14$ cm; kod 7,0 m visokih drvenih jarbola 20% za $d \leqq 13$ cm i 30% za $d > 13$ cm.

b) izvijanje podupore

Dužina izvijanja podupore, kao i sila u njoj, ovisi o tipu glave stupa. Za tip A glave stupa dužina izvijanja je najmanja, ali je zato sila u podupori najveća, dok je za tip C obrnuto. Stoga valja promatrati sva tri tipa glave stupa.

Pretpostavljeni statički sistem je prikazan na Sl. 9. Valjalo je nešto zanemariti, jer u stvarnosti kod stupa s poduporom ne postoji ni približno idealno zglobno pričvršćenje s terenom. Odabrani statički sistem je dosta dobar za određivanje sile u podupori, a spomenuta zanemarenja su na strani veće sigurnosti.

Prema oznakama na Sl. 9 imamo:

$$P = \frac{r \cdot F}{l - a}$$

Izvijanje podupore je u elastičnom području (za drvo $\lambda > 75$), pa se može upotrijebiti Eulerova formula za izvijanje tlačno centrički opterećenog stupa. Za konkretne rubne uvjete kod podupore je:

$$F_k = \frac{\pi^3 \cdot d_s^4 \cdot E}{32 \cdot l_i^2}, \text{ što daje:}$$

$$P = \frac{\pi^3 \cdot d_s^4 \cdot E \cdot r}{32\, l_i^2\, (l-a) \cdot k_s}, \text{ gdje je} \qquad (4)$$

d_s — *srednji promjer podupore (cm)*
E — *modul elastičnosti podupore (kp/cm²)*
F — *uzdužna sila u podupori (kp)*
l_i — *dužina izvijanja podupore (cm)*
F_k — *kritična uzdužna sila u podupori (kp)*
k_s — *koeficijent sigurnosti.*
r — *označeno na slici 9.)cm).*

Određivanje sile P prema točki 9.14 propisa:

$$F = \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot S}{w} = \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot \frac{d_s^2 \pi}{4}}{\frac{\lambda^2}{3100}} = \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot d_s^4 \cdot \pi \cdot 3100}{64 \cdot l_i^2},$$

što daje

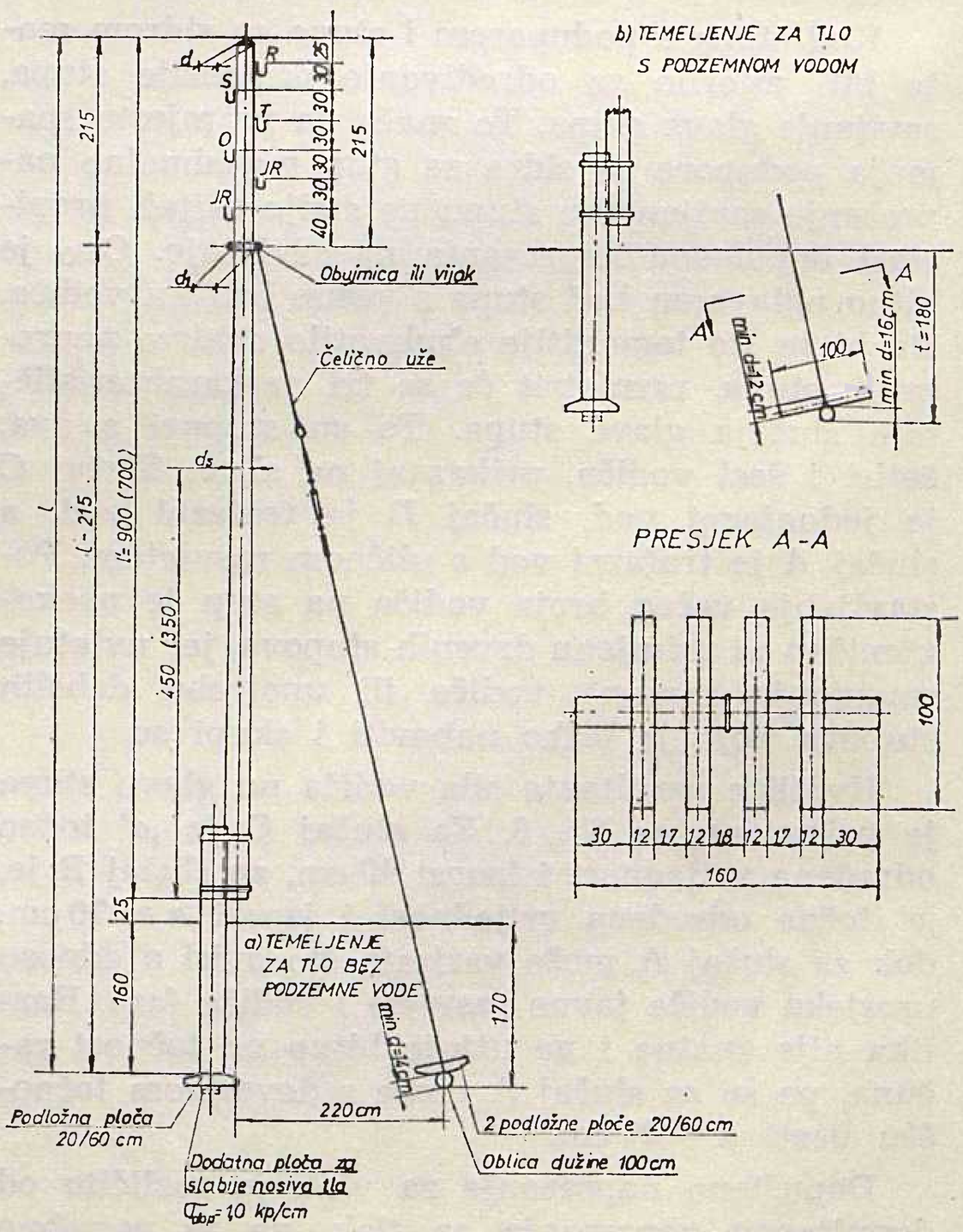
$$P = \frac{3100 \cdot r \cdot \sigma_{i\,dop} \cdot \pi \cdot d_s^4}{64 \cdot l^2\,(l - a)} \qquad (5)$$

d_s — srednji promjer podupore (cm)

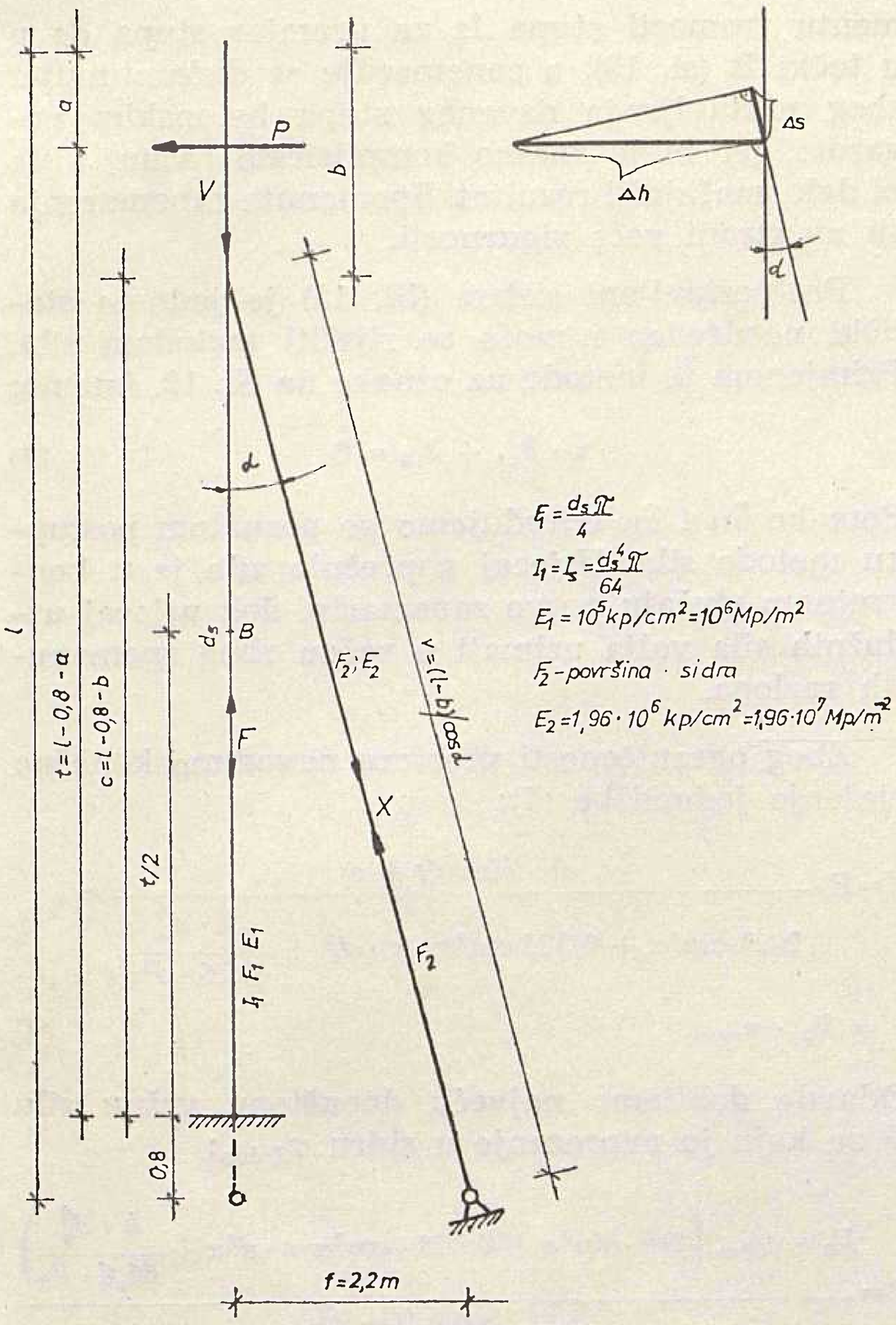
$\sigma_{i\,dop}$ — dopušteno tlačno naprezanje (kp/cm²)

Ostale oznake su vidljive na Sl. 7. i 9.

Uzimajući odgovarajući koeficijent sigurnosti u izrazu (4) vidi se da je izraz (5) dobiven na osnovi



Slika 11



$F_1 = \frac{d_s^2 \pi}{4}$

$I_1 = I_s = \frac{d_s^4 \pi}{64}$

$E_1 = 10^5 kp/cm^2 = 10^6 Mp/m^2$

F_2 – površina · sidra

$E_2 = 1{,}96 \cdot 10^6 kp/cm^2 = 1{,}96 \cdot 10^7 Mp/m^2$

Slika 12

odredbi propisa, stroži. Kod podupora s betonskim nogarom potrebno je uzeti u obzir utjecaj ekcentričnosti priključka, koji je: $e = 7\,\text{cm} + \frac{D}{2}$ (7 cm cm — udaljenost ruba stupa do osi betonskog nogara).

Upotrebljava se poznati izraz za izvijanje savijenih štapova:

$$\sigma = \frac{F}{S} \cdot \omega + 0{,}9 \cdot \frac{\frac{F \cdot e}{2}}{W} = F \left(\frac{64 \cdot l_i^2}{3100 \cdot \pi \cdot d_s^4} + 0{,}9 \frac{112 + 8 D_p}{\pi \cdot d_s^3} \right) \tag{5a}$$

Uzimajući izraz (4) dobijemo najveću dopuštenu vršnu silu:

$$P = \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot r}{(1 - a) \left(\frac{64 \cdot l_i^2}{3100 \cdot \pi \cdot d_s^4} + 0{,}9 \frac{112 + 8 D_p}{\pi \cdot d_s^3} \right)} \tag{6}$$

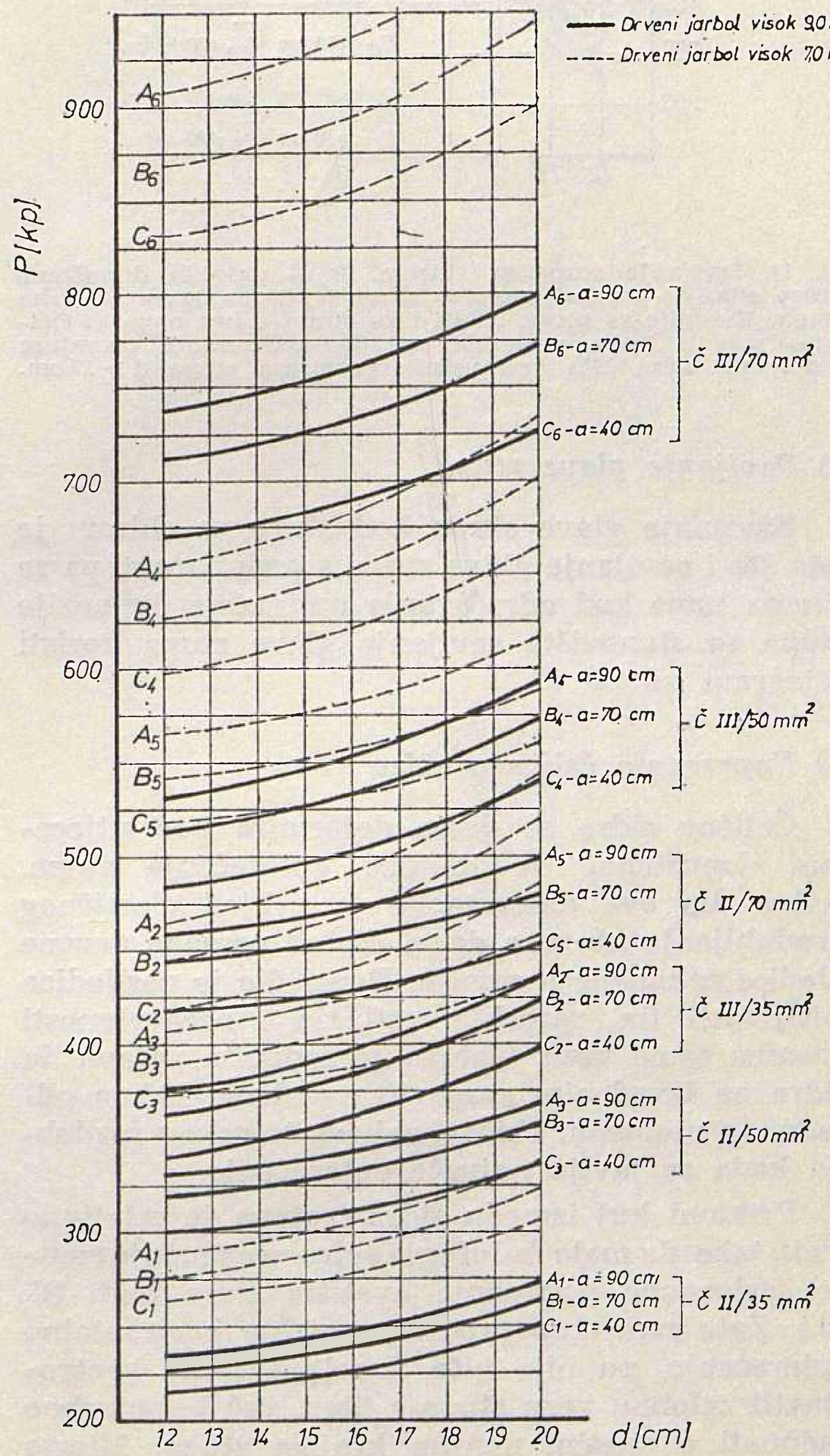
D_p — donji promjer podupore (cm)
d_s — srednji promjer podupore (cm)
σ_{idop} — dopušteno tlačno naprezanje (kp/cm^2
l — dužina stupa zajedno s nogarom (cm)
l_i — dužina izvijanja podupore (cm).

Ostale oznake su vidljive na Sl. 9. i 11.

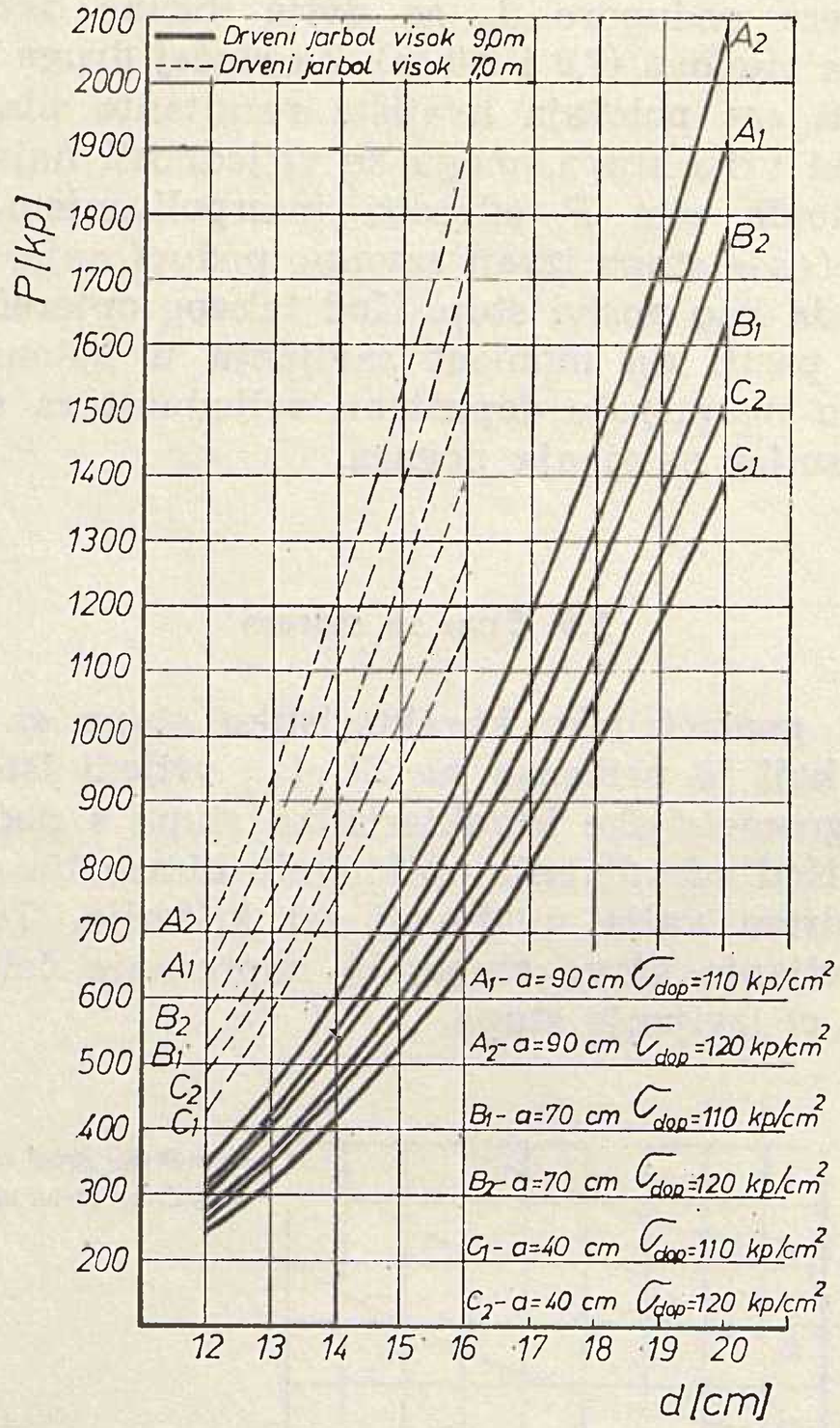
Na Sl. 10. određeni su pomoću izraza (6) dijagrami ovisnosti dopuštene vršne sile P i vršnog promjera podupore d_p za dvije dužine drvenih jarbola stupova (7,0 i 9,0 m). Za slučaj druge udaljenosti »a« položaja hvatišta rezultante sila vodiča od vrha stupa, mogu se vrijednosti najvećih dopuštenih sila P odrediti interpoliranjem. Za opterećenje stupa izvan ravnine podupiranja, stup se vlada kao nosivi stup. Kod takvog opterećenja valja paziti da moment savijanja u betonskom nogaru ne prijeđe dopuštenu vrijednost za određeni smjer savijanja nogara.

2.5. Stup sa sidrom

Za geometrijske karakteristike stupa sa sidrom, koji je prikazan na Sl. 11., vrijedi isto što i za geometrijske karakteristike stupa s poduporom. Kod određivanja optimalnih dimenzija stupa sa sidrom valja uvažavati tri kriterija. To su: a) savijanje glave stupa, b) naprezanje čeličnog sidra, c) izvijanje stupa.



Sl. 13. Naprezanje čeličnog sidra. P — najveća dopuštena vršna sila, d — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha stupa, č II i č III — kvaliteta čeličnog užeta. Krivulje vrijede i za stupove bez nogara



Sl. 14. Izvijanje stupa sa sidrom. P — najveća dopuštena vršna sila, d — vršni promjer stupa izmjeren 30 cm od vrha stupa. Krivulje se mogu rabiti i za stupove bez nogara: Očitanu silu P treba umanjiti za 10% kod vršnih promjera $d \leq 17$ cm, a za 14% kod vršnih promjera stupa $d > 17$ cm.

a) *Savijanje glave stupa*

Savijanje glave stupa kod stupa sa sidrom je isto što i savijanje glave stupa s poduporom, pa se prema tome kod određivanja optimalne dimenzije stupa sa stanovišta savijanja glave stupa koristi dijagram na Sl. 8.

b) Naprezanje čeličnog sidra

Čelično sidro se dosta deformira pod utjecajem dopuštenog vodoravnog opterećenja stupa. Jedan dio ove deformacije je uslijed elastičnog produbljenja užeta, a drugi dio od pomaka drvene kladice zakopane u zemlju. Drugi dio je posljedica stišljivosti tla, razrahljenosti tla i nesavršenosti izvedbe same veze. Gotovo je redovita pojava da sidra na izvedenim stupovima olabave nakon određenog vremena, obično nakon zinmskog razdoblja kada se javlja najveće opterećenje.

Prikloni kut između sidra i stupa je relativno mali, tako da malo izduženje sidra omogućuje znatno vodoravno pomicanje hvatišta sidra (vidi Sl. 14.). Zato sam stup preuzima znatno horizontalno opterećenje, pa nije više dovoljno točno pretpostaviti zglobnu vezu stupa s tlom, već je potrebno računati s upetim donjim krajem stupa. Mjesto upetosti je uzeto na pola dubine ukopa betonskog nogara. Pretpostavlja se po cijeloj dužini stupa konstatan moment tromosti jednak srednjem momentu tromosti stupa Is za promjer stupa ds u u točki B (sl. 13), a zanemaruje se diskontinuitet zbog nastavljanja drvenog stupa betonskim nogarom, jer bi to znatno kompliciralo račun, a ne bi dalo značajniji rezultat. Spomenuta zanemarenja su na strani veće sigurnosti.

Pretpostavljeni sistem (Sl. 12) je jednom statički neodređen i može se riješiti metodom sila. Primjenom te metode uz oznake na Sl. 12. imamo:

$$x \cdot \delta_{11} + \delta_{10} = 0 \qquad (7)$$

Pomake δ_{11} i δ_{10} određujemo po poznatom postupku metode sila. Utjecaj poprečnih sila je u konkretnom slučaju posve zanemariv, dok utjecaj uzdužnih sila valja uzimati u račun zbog spomenutih razloga.

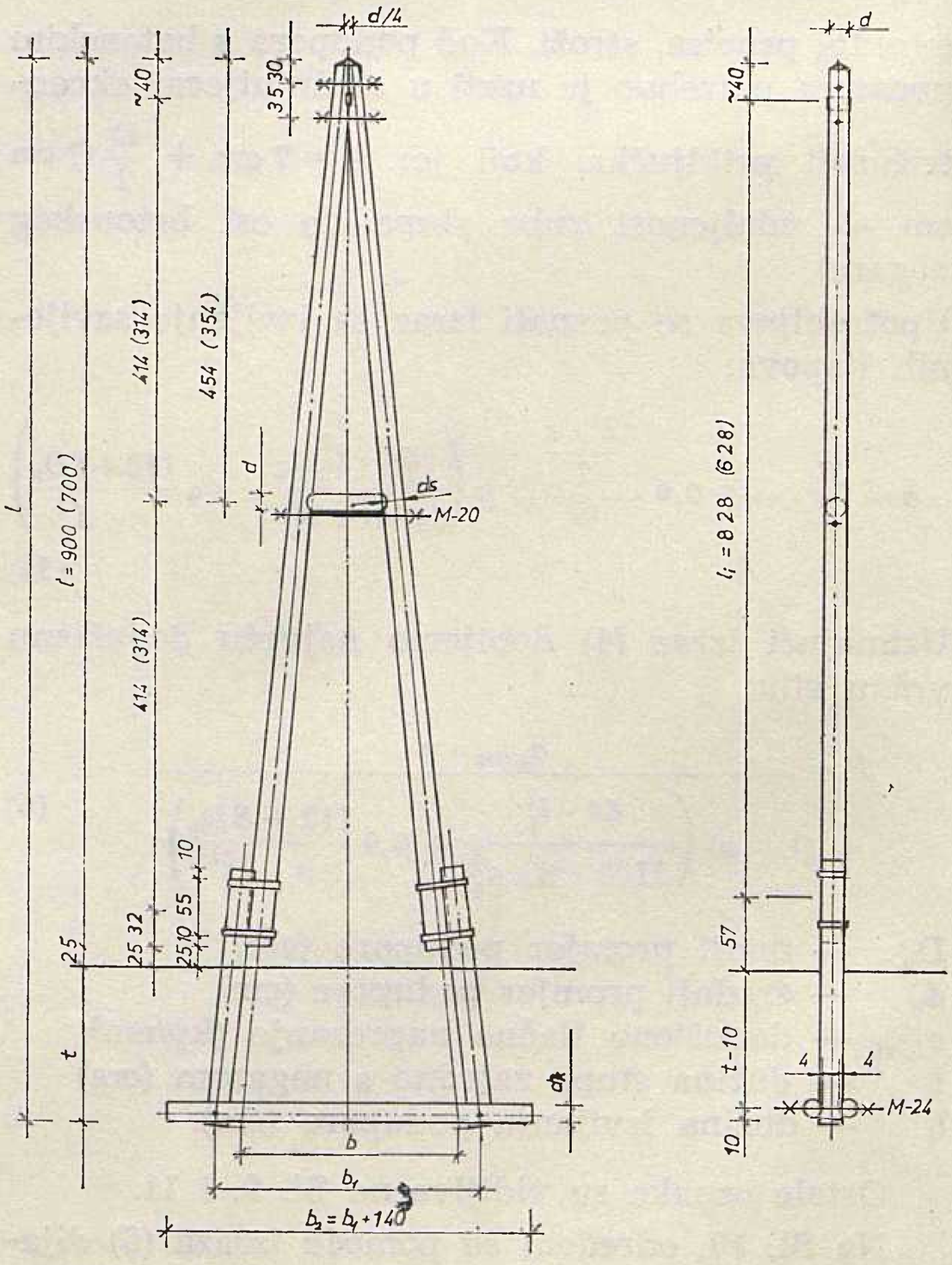
Zbog ograničenosti prostora navodimo konačno rješenje jednadžbe (7):

$$X = P \cdot \frac{c^2 \cdot \sin\alpha\,(t+c)}{2 \cdot c^3 \cdot \sin^2\alpha + 0{,}375\cos^2\alpha \cdot c \cdot d_s^2 + \dfrac{k \cdot d_s^4}{66{,}6 \cdot F_2}} =$$

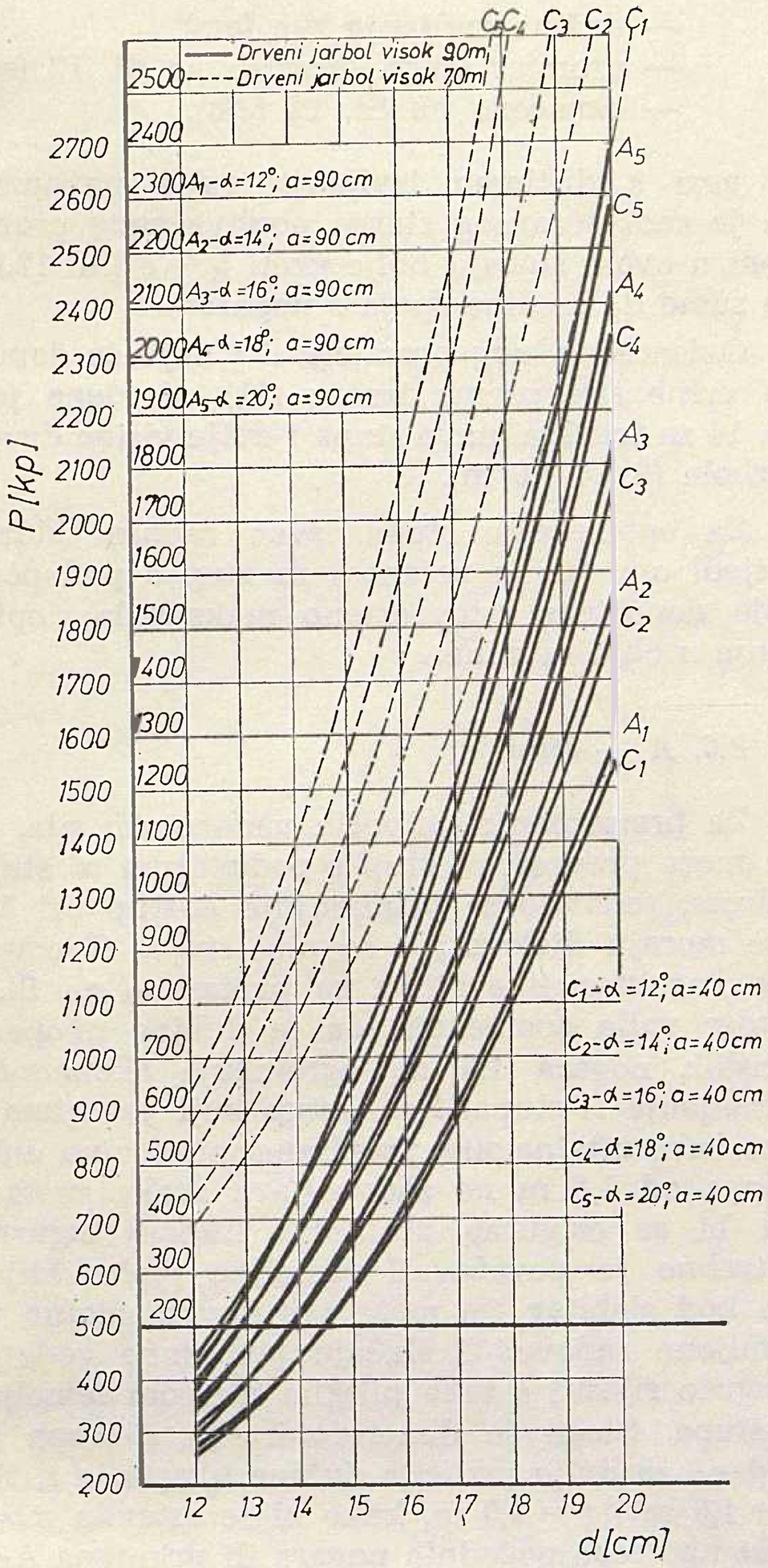
$$= F_2 \cdot \sigma_{sdop} \qquad (8)$$

Odavde dobijemo najveću dopuštenu vršnu silu P za koju je naprezanje u sidru $\sigma_{S\,dop}$:

$$P = \frac{F_2 \cdot \sigma_{Sdop}\left(2c^3 \cdot \sin^2\alpha + 0{,}375 \cdot \cos^2\alpha \cdot c \cdot d^2\alpha + \dfrac{k \cdot d_s^4}{66{,}6 \cdot F_2}\right)}{c^2 \cdot \sin\alpha\,(t+c)}$$



Slika 15



Sl. 16. *A* — stup od mekog drveta. *P* — najveća dopuštena vršna sila, *d* — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha. Krivulje se mogu rabiti i za stupove bez nogara: Očitanu vršnu silu *P* treba umajniti za 10% kod vršnih promjera $d \leqq 17$ cm, a za 14% kod $d > 17$ cm.

F_2 — poprečni presjek sidra (cm^2)

σ_{sdop} — dopušteno naprezanje čeličnog sidra (kp/cm^2)

d_s srednji promjer stupa označen na Sl. 11. (cm)

t, c, k — označene na Sl. 12. (cm)

α — prikloni kut između sidra i stupa.

Varivanjem presjeka sidra F_2 (35 mm^2, 50 mm^2, 70 mm^2) i kvalitete čelika (Č II, Č III) za tri tipa glave (A, B i C) određena je na sl. 13 ovisnost vršnog promjera stupa *d* i najveće dopuštene vršne sile *P* za iskorištenje dopuštenog naprezanja u sidru, a za 9,0 m visoki drveni jarbol. Kod nižeg drvenog jarbola sidro je manje opterećeno. Za eventualne međuvrijednosti može se sila *P* odrediti interpoliranjem.

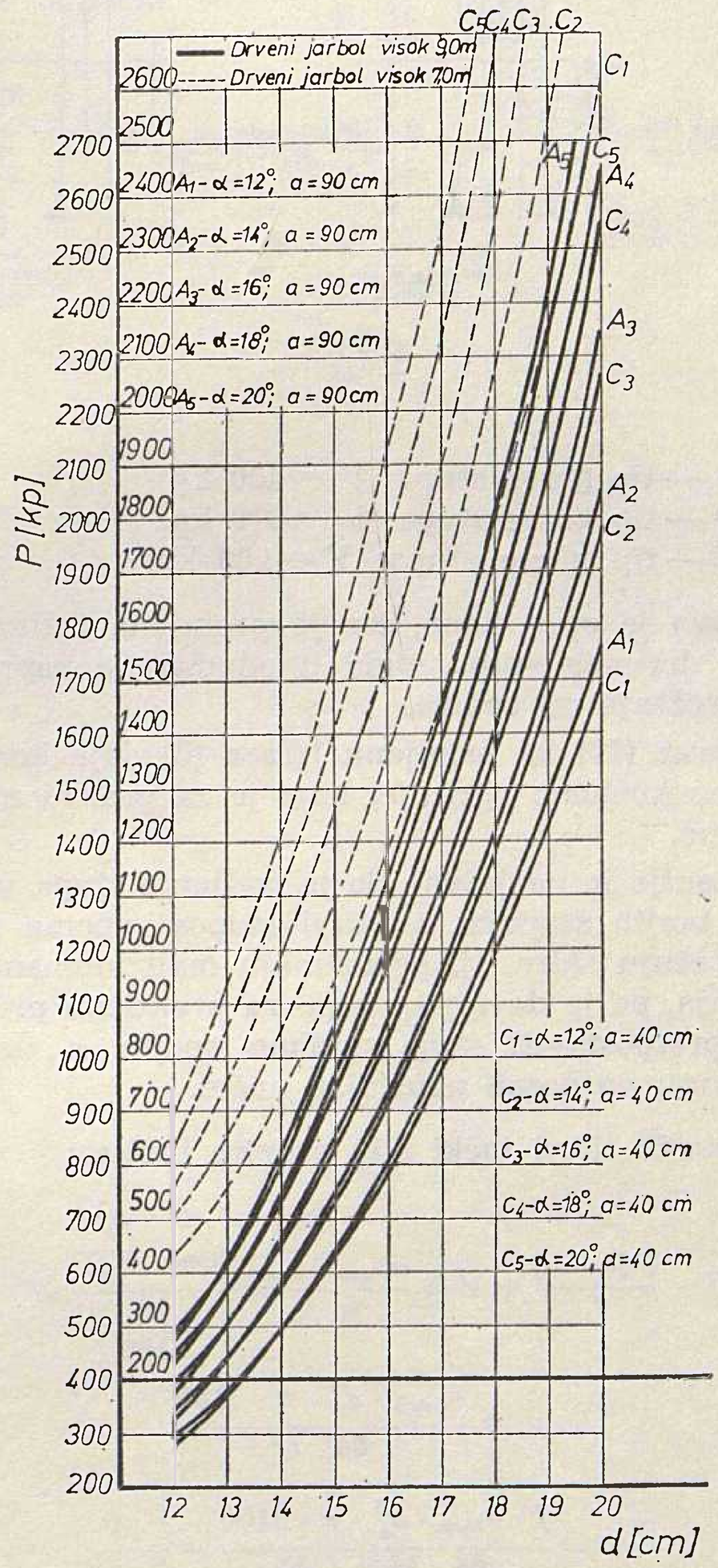
c) Izvijanje stupa

Izvijanje stupa može biti kritično kod onih slučajeva, gdje nije za dimenzioniranje stupa važno savijanje glave stupa. To je uglavnom kod tipa C glave stupa (Sl. 6). U stupu se pojavljuje i moment savijanja i tlačna uzdužna sila pa bi dimenzioniranje valjalo provoditi po poznatom izrazu za takve slučajeve naprezanja:

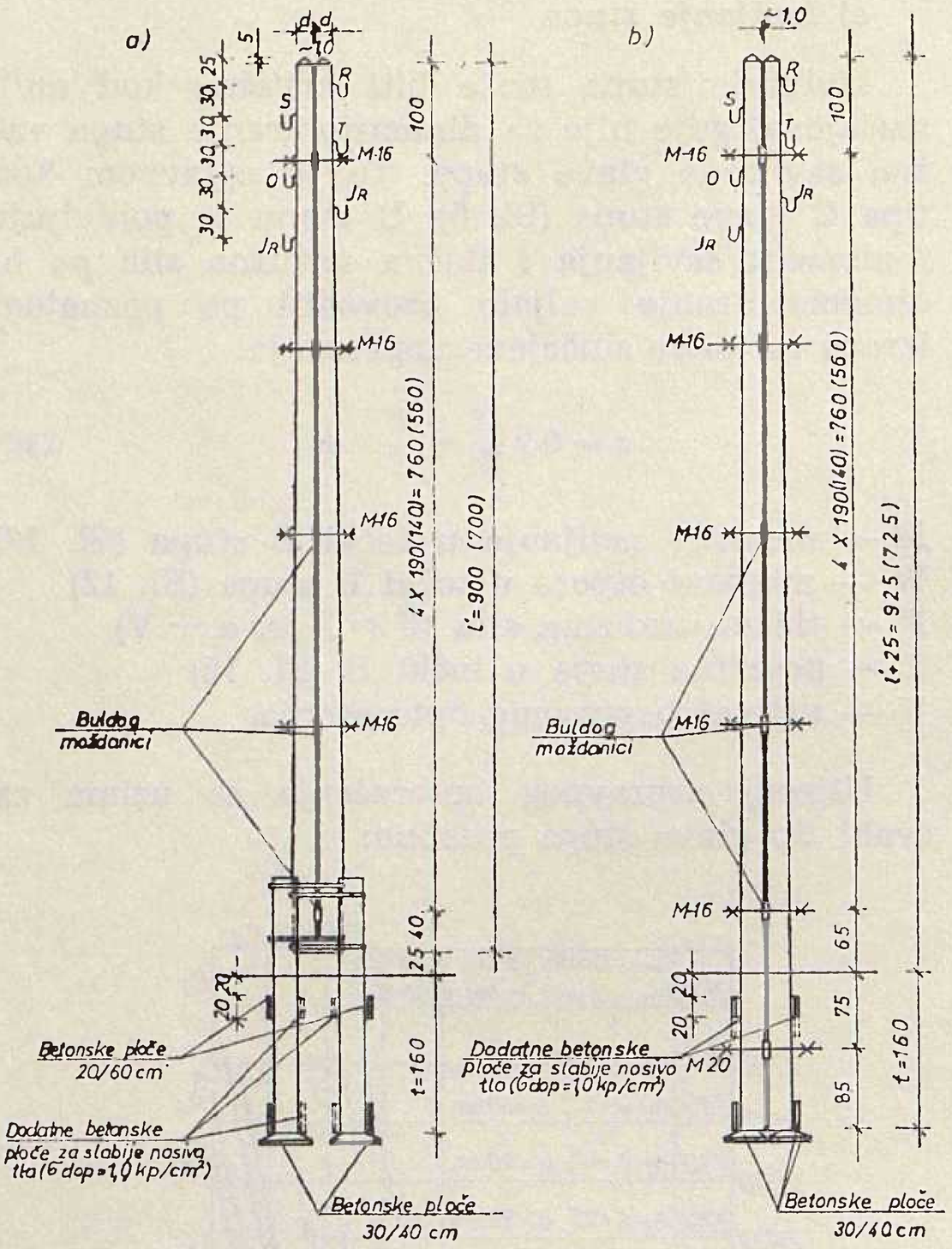
$$\sigma = 0{,}9\,\frac{M}{W} + \frac{F}{S} \cdot v \qquad (10)$$

M — moment savijanja u točki B stupa (Sl. 12)
W — moment otpora u točki B stupa (Sl. 12)
F — tlačna uzdužna sila ($F = X\cos\alpha + V$)
S — površina stupa u točki B (Sl. 12)
V — utjecaj uspravnog opterećenja.

Utjecaj uspravnog opterećenja se uzima za svaki tip glave stupa posebno:



Sl. 17. *A* — stup od tvrdog drva. *P* — najveća dopuštena vršna sila, *d* — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha stupa. Krivulje se mogu rabiti i za stupove bez nogara: Očitanu vršnu silu *P* treba umanjiti za 10% kod vršnih promjera $d \leqq 17$ cm, a za 14% kod $d > 17$ cm.



Slika 18

A — tip glave stupa: $V = 400$ kp
B — tip glave stupa: $V = 310$ kp
C — tip glave stupa: $V = 200$ kp.

Ovo je opravdano, jer je promjena težina samog drvenog stupa mala u odnosu na uspravno opterećenje od vodiča.

Izraz (10) uz primjenu izraza (8) daje komplicirano konačno rješenje, koje je za praksu neprikladno.

Ranije je naglašeno da je izvijanje stupa važno kod tanjih stupova, a takvi stupovi veoma malo odterećuju sidro, tj. preuzimaju mali moment savijanja, pa je dovoljno točno za praktičnu primjenu pretpostaviti stup zglobno spojen s tlom i računati na dosad uobičajen način.

Prema Sl. 12. i točki 9.14 propisa imamo:

$$F = \frac{P(l-a)}{f} + V = \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot S}{W} = \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot \frac{d_s^2 \pi}{4}}{\frac{\lambda^2}{3100}} =$$

$$= \frac{\sigma_{i\,dop} \cdot d_s^4 \cdot \pi \cdot 3100}{64 \cdot l_i^2}$$

$$P = \frac{f \cdot \sigma_{idop} \cdot d_s^4 \cdot \pi \cdot 3100}{64 \cdot l_i^2 (l-a)} - \frac{f \cdot V}{l-a} \qquad (11)$$

V — uzdužna sila (kp)
σ idop — tlačno dopušteno naprezanje (kp/cm²)
f — pmema Sl. 12 (cm)
l_i — dužina izvijanja = c (cm)
d_s — promjer stupa označen na Sl. 12 (cm)
l_a — označeno na Sl. 12 (cm).

U vezi s dužinom izvijanja valja napomenuti da je radi stvarnog stanja obuhvaćenog proračunom u ovom slučaju bolje uzeti $l_i = c$ (Sl. 12.) nego samo do sredine spoja s nogarom.

Ovisnost vršnog promjera d i najveće dopuštene vršne sile prema izrazu (11) određena je na Sl. 14 za tri tipa glave stupa i dvije visine drvenog jarbola (9,0 i 7,0 m).

Za opterećenje stupa izvan ravnine sidrenja vrijedi ono što je rečeno i za stup s poduporom. Nije dopušteno istovremeno maksimalno opterećenje u obje ravnine.

2.6. *A — stup*

Za preuzimanje najvećih vodoravnih sila, koje ne može preuzeti ni stup s poduporom ni stup sa sidrom, redovito se primjenjuje A-stup pri čemu sile moraju djelovati u ravnini stupa. Geometrijske karakteristike stupa su prikazane na Sl. 15. Ovdje valja spomenuti, da je dubina ukopa betonskih nogara 1,6 m, ograničuje ekonomičnije temeljenje A-stupa. Za A-stup koji preuzima velike horizontalne sile, propisana minimalna dubina ukopa od 1,6 m ne zadovoljava svaka vrsta tla. Da bi se osigurao propisani stupanj sigurnosti potrebno je povećavati temeljne plohe kliješta, što kod slabijeg tla može zahtijevati znatno veće zemljane radove. U slučaju podzemne vode nije moguće riješiti s tako plitkim ukopom temeljenje A-stupa. Stoga je dimenzioniranje A-stupa provedeno za dvije različite dubine ukapanja t, tj. za $t = 1{,}6$ m i $t = 2{,}0$ m, kako bi se ostavila mogućnost upotrebe pogodnih nogara ili primjena A-stupa bez nogara.

Za povoljnu cijenu kompletno postavljenog A-stupa vrijedi isto, što je rečeno za druge vrste stupova. Ako je odabran veći kut α, tada je potrebna manja količina drveta, ali su potrebni veći zemljani radovi i stup zauzima više prostora. O svakom investitoru i izvođaču ovisi što je za njega jeftinije, tj. da li mu je jeftinije drvo ili radna snaga.

Visina stupa iznad tla je konstantna, kao i kod ostalih vrsta stupova, a može se mijenjati prikloni kut α.

Za dimenzioniranje A-stupa je mjerodavno izvijanje tlačno opterećenog jarbola i to izvan ravnine stupa, jer su jarboli u ravnini stupa ukrućeni vodoravnom prečkom. Utjecaj ekscentričnog priključenja drvenog jarbola na betonski nogar nije mjerodavan, jer je to ekscentričnost u ravnini stupa, a u toj ravnini je dužina izvijanja stupa dvostruko manja. Stoga je potrebno postavljati nogare onako kako je prikazano na Sl. 15, a ne izvan ravnine A-stupa.

Utjecaj uspravno opterećenja obuhvaćamo na isti način kao kod stupa sa sidrom:

za $a = 90$ cm, $V = 500$ kp
za $a = 70$ cm, $V = 400$ kp
za $a = 40$ cm, $V = 300$ kp

Prema oznakama na sl, 15 tlačna sila u jarbolu stupa je:

$$F = P\frac{l - a - 10}{2(l-10)\sin\frac{\alpha}{2}} + \frac{V}{2\cdot\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{\sigma_{i\,dop}\cdot d_s^4\cdot\pi\cdot 3100}{64\cdot l_i^2}$$

$$P = \left(\frac{\sigma_{i\,dop}\cdot d_s^4\cdot\pi\cdot 3100}{32\cdot l_i^2} - \frac{V}{\cos\frac{\alpha}{2}}\right)\frac{(l-10)\sin\frac{\alpha}{2}}{l-a-10} \qquad (12)$$

$\sigma_{i\,dop}$ — dopušteno tlačno naprezanje drveta (kg/cm²)
l_i — dužina izvijanja, označena na Sl. 15 (cm)
α — prikloni kut između drvenih jarbola
d_s — srednji promjer, označen na Sl. 15 (cm)
l — ukopna duljina drvenog stupa zajedno s nogarom (cm)
V — uspravno opterećenje (kp).

Na Sl. 16 dana je za meko drvo i za dvije visine drvenih jarbola ovisnost najveće dopuštene vršne sile P i vršnog promjera za razne priklone kutova α i za dva tipa glave stupa (A i C) prema izrazu (12). U dijagramima na Sl. 17 prikazana je ovisnost istih veličina za tvrdo drvo. Međuvrijednosti između pojedinih krivulja mogu se odrediti interpoliranjem.

Utjecaj promjene dubine temeljenja od $t = 1{,}6$ m do $t = 2{,}0$ m na tlačnu silu u drvenom jarbolu je svega 0,3%, pa tu promjenu nije potrebno uzimati u obzir.

Dijagrami su izrađeni za $t = 1{,}6$ m, a mogu se koristiti i za dubinu ukopa $t = 2{,}0$ m.

A-stup se može opteretiti okomito na ravninu stupa najviše kao dva nosiva stupa. Pri tome valja paziti da moment savijanja betonskih nogara ne prijeđe dopuštenu vrijednost. Ako je potrebno, valja staviti dvostruke nogare. Ako postoji potreba, A-stup se može istovremeno opteretiti u obadvije ravnine, samo tada valja paziti da superponirano naprezanje ne prijeđe propisanu vrijednost.

2.7. *Dvostruki stup*

Izvedba dvostrukih stupova je posebno otežana zbog spojnih elemenata. Da se osigura dobra međusobna veza potrebno je ugraditi moždanike od drveta ili neku drugu vrstu moždanika. Najčešće se ugrađuju buldog pločice, a izvođači izbjegavaju ugradnju drvenih moždanika, jer zahtijevaju dosta rada, a često se događa da nakon nekog vremena olabave i ispadnu. Velika zamjerka primjeni buldog pločica je veoma malo trenje koje daju, jer su drveni jarboli obli, a pločica je ravna. Stoga je redovita pojava da su dvostruki stupovi deformirani, jer smične sile ustvari prenose samo vijci.

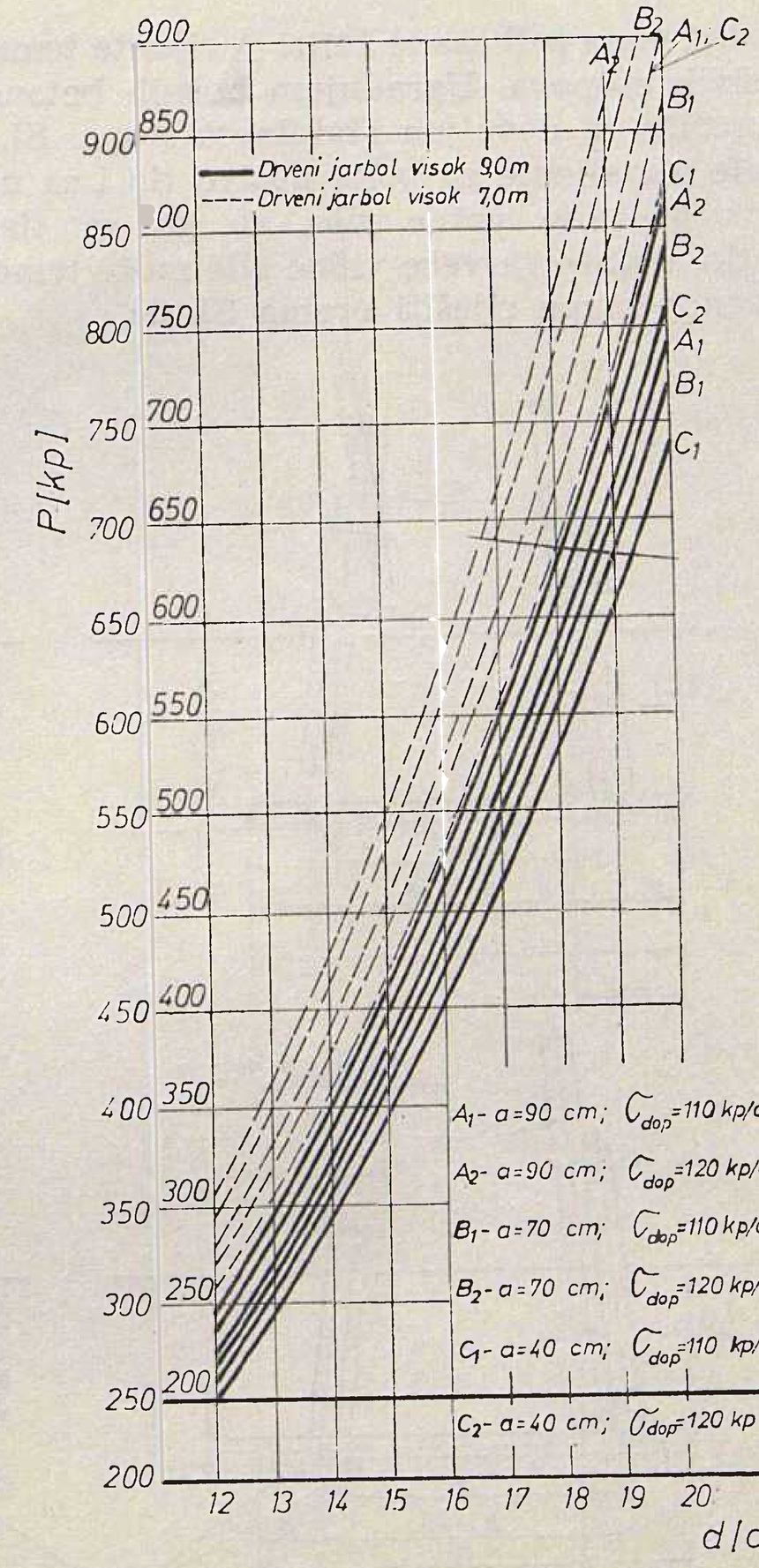
Na Sl. 18. je prikazan prijedlog izvedbe dvostrukog stupa s poboljšanim buldog moždanikom. Izvedba detalja moždanika prikazana je na Sl. 22. Tako izvedena veza između drvenih jarbola je daleko sigurnija i otpornija je na popuštanje tijekom vremena, jer djeluje elastično, tako da i pored eventualnog malog popuštanja vijka još uvijek postoji tlak u spoju između moždanika i stupa. No, i pored toga je potrebno povremeno pritezati spojne vijke.

Kod određivanja maksimalne dopuštene vršne sile P primijenjena je točka 9.15 »Tehničkih propisa za gradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova«.

U dijagramima na Sl. 19 prikazna je ovisnost između vršnog promjera d i najveće dopuštene vršne sile P za tri tipa glave stupa (A, B, C), za dvije visine drvenih jarbola (9,0 m i 7,0 m) od mekog i od tvrdog drveta.

Kod primjene dvostrukih stupova posebnu pažnju valja obratiti na upotrebu betonskih nogara, ako se primjenjuju.

Betonski nogari trebaju biti odabrani tako, da mogu preuzeti moment savijanja, što ga daje najveća dopuštena vršna sila P.



Sl. 19. Dvostruki stup. P — najveća dopuštena vršna sila, d — vršni promjer stupa mjeren 30 cm od vrha. Krivulje se mogu rabiti i za stupove bez betonskih nogara.

3. Temeljenje stupova

Za stabilnost stupa sa stanovišta temeljenja, ne gledajući trajnost, nije bitno da li je stup s betonskim nogarom ili ne. Zato sve što će biti rečeno za temeljenje stupova s betonskim nogarima, vrijedi i za stupove bez nogara.

Kod odabiranja betonskog nogara valja voditi računa da statičke karakteristike nogara odgovaraju statičkim karakteristikama drvenog jarbola.

Nije moguće u ovom prikazu dati detaljna rješenja za sve slučajeve temeljenja i sve vrste tla, jer to zahtijeva mnogo prostora. Svrha ovog razmatranja je da se iznesu glavne značajke temeljenja, kako bi se vidio princip rješavanja u praksi.

Načelno se dosta ekonomično može promatrati temeljenje drvenih stupova za bolje nosiva tla koja imaju dopušteno naprezanje tla σ dop $\geq 3{,}0$ kp/cm², i za slabije nosiva tla s dopuštenim naprezanjem σ dop $= 1{,}0$ kp/cm². Ovakva tla su kod nas i najčešća, pa je takvo promatranje i provedeno.

3.1. Nosivi stupovi

Na slici 4. su prikazane četiri varijante temeljenja nosivih stupova. Ugradnjom bočnih betonskih ploča postiže se dovoljna stabilnost stupa. Sl. 4a. prikazuje temeljenje za bolje nosivo tlo i za uobičajene vodoravne vršne sile, sl. 4b za slabije nosivo tlo, dok se za veće vršne sile može temeljenje drvenog stupa riješiti prema Sl. 4c.

3.2. Stup s poduporom

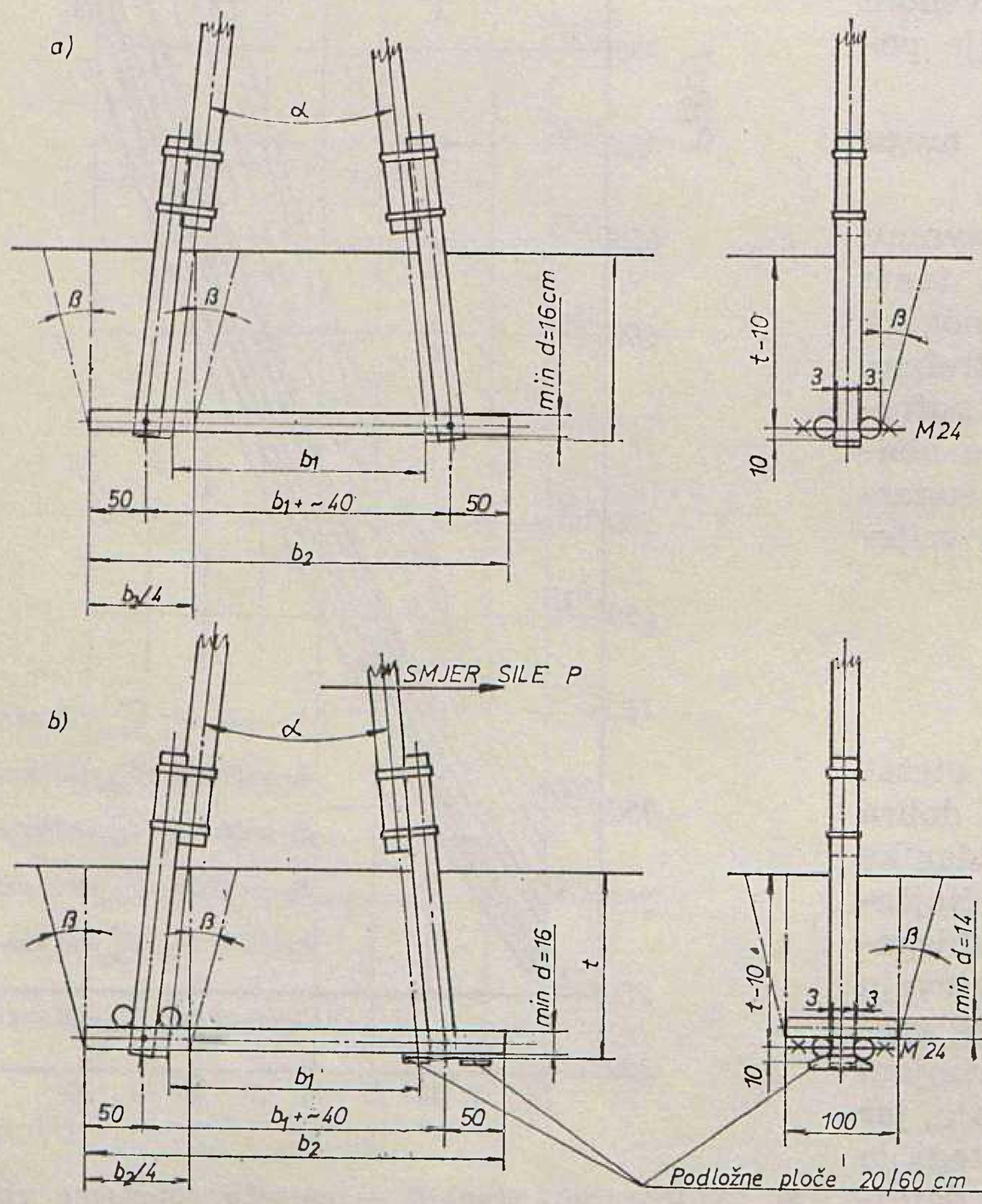
Za stup s poduporom rješenja temeljenja za slabije i za bolje nosivo tlo se vide na Sl. 7a. Na Sl. 7b. dano je rješenje za temeljenje stupa u tlu s podzemnom vodom. U praksi se susreću slučajevi naginjanja stupova s poduporom zbog izvlačenja stupa iz tla. Zbog toga je ponekad dobro primijeniti rješenje dano na Sl. 7b.

3.3. Stup sa sidrom

Kod srednje opterećenih stupova (presjek sidra $\leqq 50$ mm²) redovito će zadovoljiti temeljenje sidra i stupa prema Sl. 11a i b. Na Sl. 11a dan je način temeljenja za bolje i slabije nosivo tlo bez podzemne vode, a na Sl. 11b dan je način temeljenja za obje vrste tla posve potopljene podzemnom vodom. Za stup sa sidrom nije jako velika razlika temeljenja u odnosu na vrstu tla, jer je za izvlačenje sidra iz tla mjerodavan kut unutarnjeg trenja tla i njegova specifična težina.

3.4. A-stup

U odnosu na druge stupove A-stup preuzima znatno veće vodoravne sile, pa je i opterećenje na temeljno tlo veće (za tlačnu stranu klješta), i veća je opasnost od pomicanja vlačnog nogara. Sile, koje može nositi A-stup sa stanovišta propisane sigurnosti temeljenja, prvenstveno ovise o vrsti tla. Na Slici 20 prikazana su dva moguća načina temeljenja stupova za dvije najčešće vrste tla.



DOPUŠTENO OPTEREĆENJE TLA kp/cm²	DUBINA UKOPA t cm	b1 [cm] / P [kp]				
1,0	160	226 600	264 770	302 950	340 1150	380 1350
	200	234 850	274 1050	313 1300	353 1600	393 1900
3,0	160	226 800	264 950	302 1150	340 1400	380 1650
	200	234 1150	274 1450	313 1700	353 2050	393 2400

Opaska uz sl. a) Za slabije nosivo tlo (σ_{dop}=1,0 kp/cm²) postaviti dvije podložne ploče, kao na slici b)

Za 9,0 m visoki drveni jarbol:

b1 cm	t=160 / t=200					
	t=160	226	264	302	340	380
	t=200	234	274	313	353	393
α		12°	14°	16°	18°	20°

Opaska uz sl. b) Za slabije nosivo tlo (σ_{dop}=1,0 kp/cm²) postaviti veće podložne ploče dimenzije 30/70 cm

P - najveća dopuštena vršna sila na udaljenosti a = 90 cm od vrha stupa (kp)

DOPUŠTENO OPTEREĆENJE TLA kp/cm²	DUBINA UKOPA t cm	b1 [cm] / P [kp]				
1,0	160	226 800	264 1050	302 1250	340 1500	380 1800
	200	234 1100	274 1400	313 1700	353 2050	393 2450
3,0	160	226 1000	264 1200	302 1500	340 1800	380 2150
	200	234 1400	274 1750	313 2150	353 2550	393 3000

Slika 20

To je: za bolje nosivo tlo (čvrsta ilovača ili glina, krupan šljunkoviti pijesak) s dopuštenim opterećenjem σ dop = 3,0 kp/cm² i za slabije nosiva tla (vlažan sitan pijesak, meka ilovača ili glina, nasipi) s dopuštenim opterećenjem σ dop = = 1,0 kp/cm². Također su određene najveće dopuštene vršne sile P sa hvatištem na udaljenosti a = 90 cm od vrha stupa za dvije dubine ukopa (t = 1,6 m i t = 2,0 m) za razne priklone kuteve između 9,0 m visokih drvenih jarbola.

Sile P u tablicama na Sl. 20 dane su za tlo tlo bez podzemne vode, a mogu se upotrijebiti i za slučaj kada se podzemne vode pojavljuju do dubine od 1,3 m kod dubine ukopa t = 1,6 m, kao i do dubine 1,6 m kod dubine ukopa t = 2,0 m. Ako je tlo više potopljeno podzemnom vodom, tada valja za specifične slučajeve riješiti temeljenje.

Kod većih vršnih promjera drvenih jarbola ($d \geq 18$ cm) posebno valja obratiti pažnju na vezu drvenog jarbola i betonskog nogara, kao i na nosivost samog betonskog nogara.

3.5. Dvostruki stup

Čest je slučaj da za dvostruke stupove debljeg vršnog promjera nije moguće primijeniti betonske nogare koji su dimenzionirani za nosive stupove, jer je nosivost dvostrukog stupa 50% veća nego nosivost dva nosiva stupa. Zbog toga je na Sl. 18. prikazan način temeljenja dvostrukog stupa s betonskim nogarima i bez betonskih nogara za bolje nosivo tlo (σ dop $\geq$ 3,0 kp/cm²) i za slabije nosivo tlo (σ dop = 1,0 kp/cm²).

4. Konstrukcijski detalji

Nije potrebno posebno opisivati sve konstrukcijske detalje drvenih stupova, jer su oni jednostavni, lako izvodljivi i općenito dobro poznati. Ovdje će biti istaknuti samo neki karakteristični spojevi, bilo da se radi o novim rješenjima, ili o potrebi standardizacije uobičajenih načina izrade.

Na Sl. 21.a i b prikazana su dva načina izvedbe glave A-stupa. Novost predstavlja izvedbe na Sl. 21 b s buldog moždanikom. Naime, događa se da zbog kvalitete današnjih načina impregnacije drveta meko drvo stupa prebrzo iztrune, i moždanik olabavi ili čak ispadne, pa svu silu u spoju preuzimaju vijci, što uzrokuje deformaciju i popuštanje cijelog stupa. Stoga se daje alternativno rješenje s buldog moždanikom. Tijekom vremena potrebno je pritezati vijke, kako bi buldog moždanik uvijek bio dovoljno utisnut u drvo. Znatna sila se prenosi također spojem podupore i glave stupa, pa je potrebno i u ovaj spoj ugraditi buldog moždanik, kao što je naznačeno na Sl 21 c.

Detalji izrade i ugrade novog tipa složenog buldog moždanika kod dvostrukog stupa dani su na Sl. 22.

Posebnu pažnju valja posvetiti odabiranju obujmice za spoj drvenog stupa i betonskog nogara. Sigurnost spoja obujmicama (ili nekim drugim spojnim sredstvom) mora biti dokazana ispitivanjima izvedenih spojeva, jer sam proračun nije dovoljan i ne mogu se proračunom sigurno obuhvatiti svi utjecaji.

5. Način primjene dijagrama (brojčani primjer)

Dimenzioniranje stupova za sve vrste nadzemnih vodova provodi se prema unaprijed određenoj tablici sila.

Podaci za tablicu sila izvedenog voda:

— vodiči: Al 4 × 50 mm² + 2× 25 mm²

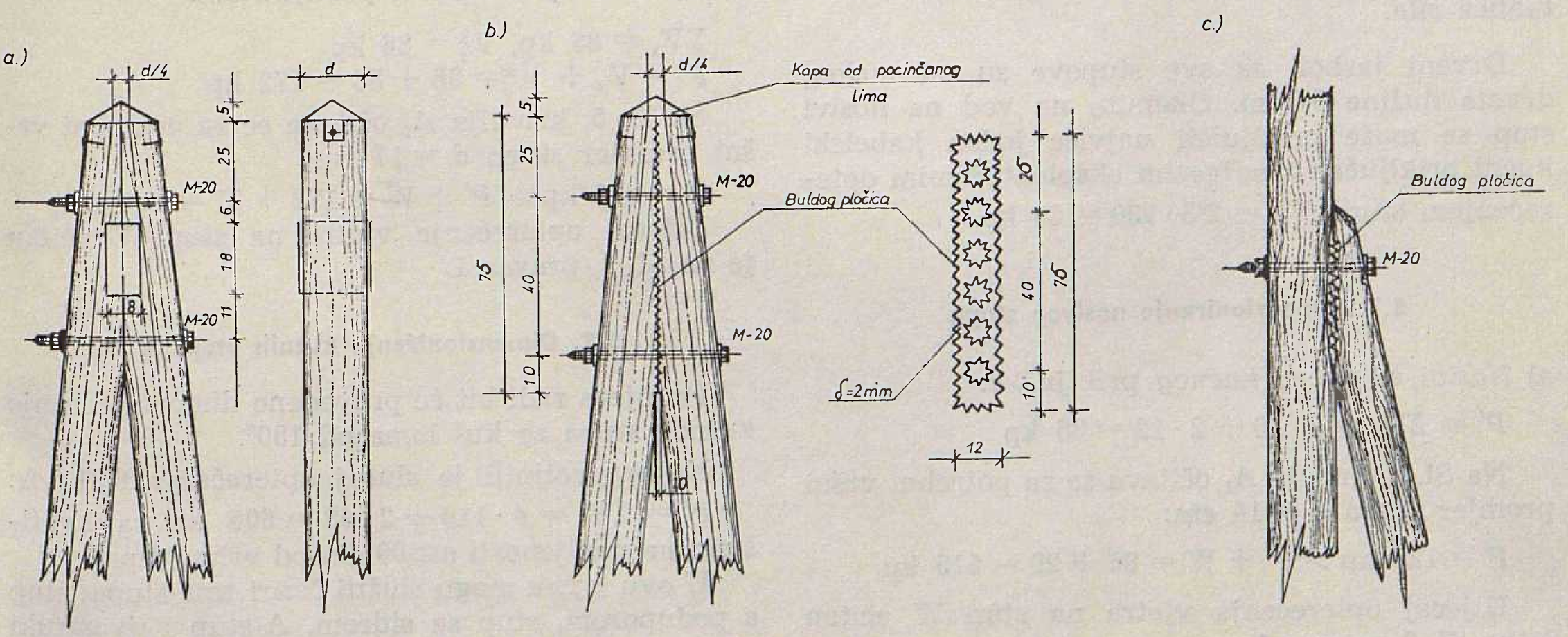
— poluzbroj raspona: 35 m

— gravitacioni raspon: 70 m e(kstremni slučaj)

— maksimalno odabrano naprezanje vodiča σ = 4,6 kp/mm² za presjek 50 mm² i σ = = 5,0 kp/mm² za presjek 25 mm²

— tlak vjetra: q = 50 kp/m²

— dodatni teret: $1{,}0.0{,}18 \cdot \sqrt{d}$ (kp/m) (Točka 2.22 propisa)



Slika 21

Slučaj opterećenja		Sila kp	Presjek vodića	Nosivi stup 180°	KUTNI STUP* 170°	160°	150°	140°	130°	120°	Rasteretni stup 180°	Krajnji stup
6,311	A	Vx	50	–	40	80	119	157	194	230	–	–
			25	–	22	44	65	86	106	125	–	–
		Vy	50	–	–	–	–	–	–	–	–	230
			25	–	–	–	–	–	–	–	–	125
		Vz	50	48	48	48	48	48	48	48	48	24
			25	37	37	37	37	37	37	37	37	18
	B	Vx	50	16	43	70	96	120	145	170	16	8
			25	11	26	41	55	68	82	100	11	6
		Vy	50	–	–	–	–	–	–	–	–	153
			25	–	–	–	–	–	–	–	–	84
		Vz	50	10	10	10	10	10	10	10	10	5
			25	5	5	5	5	5	5	5	5	3
	C	Vx	50	–	27	54	80	104	129	154	–	–
			25	–	15	30	44	57	71	89	–	–
		Vy	50	4	4	4	5	5	7	8	4	155
			25	3	3	3	4	4	5	6	3	86
		Vz	50	0	10	10	10	10	10	10	10	5
			25	5	5	5	5	5	5	5	6	3
6,312 D		Vx	50	–	14	27	40	53	65	77	–	–
			25	–	8	16	22	28	36	40	–	–
		Vy	50	–	53	152	149	145	140	133	154	153
			25	–	83	82	81	79	76	73	84	84
		Vz	50	–	10	10	10	10	10	10	10	5
			25	–	5	5	5	5	5	5	5	3

* Slučaj 6.312 D odnosi se na kutno-rasterećene stupove. Rasterećivanje svih vodiča na kutnom stupu daje nepovoljno opterećenje za stup, jer se javljaju velike sile u obadva smjera (V_x i V_y) i za prihvaćanje tih sila kod većih kutova loma treba posebno konstruiran stup, pa se tako opterećeni stupovi rijetko izvode.

Na osnovi ovih podataka sastavljena je gornja tablica sila.

Drveni jarboli za sve stupove su od mekog drveta dužine 9,0 m. Okomito na vod na nosivi stup se može priključiti najviše jedan kabelski kućni priključak s najvećim eksploatacionim opterećenjem stupa $V_y^k = 2/3 \cdot 130 = 86$ kp.

5.1. Dimenzioniranje nosivog stupa

a) *Nosivi stup bez kućnog priključka:*

$P' = \Sigma V_x = 4 \cdot 16 + 2 \cdot 12 = 86$ kp

Na Sl. 5, krivlja A_1 očitava se za potrebni vršni promjer stupa $d = 14$ cm:

$P = 123$ kp $> P' + W = 86 + 29 = 115$ kp

Utjecaj opterećenja vjetra na stup W očitan je na Sl. 3, pravac 1.

b) *Nosivi stup s kućnim priključkom:*

$\Sigma V_x = 86$ kp, $V_y^k = 86$ kp

$P' = V_x + V_y^k = 86 + 86 = 172$ kp

Sa Sl. 5, krivulja A_1 očitava se za potrebni vršni promjer stupa $d = 17$ cm:

$P = 208$ kp $\cong P' + W = 172 + 37 = 209$ kp

Utjecaj opterećenja vjetra na stup W očitan je na Sl. 3, pravac 1.

5.2. Dimenzioniranje kutnih stupova

Primjera radi bit će provedeno dimenzioniranje kutnog stupa za kut loma od 150°.

Najnepovoljniji je slučaj opterećenja 6.311 A:

$P' = \Sigma V_x = 4 \cdot 119 + 2 \cdot 65 = 606$ kp sa hvatištem na udaljenosti $a \cong 90$ cm od vrha stupa.

U ovu svrhu mogu služiti četiri tipa stupa: stup s poduporom, stup sa sidrom, A-stup i dvostruki stup.

a) Stup s poduprom:

a1) Sa slike 8, krivulja A_1 očitan potrebni vršni promjer stupa $d = 18$ cm. Utjecaj vjetra na samu glavu stupa je beznačajan.

a2) Sa slike 10, krivulja A_1 očitamo potrebni vršni promjer podupore tako da podupora može preuzeti i opterećenje vjetra na sam stup.

Za $d_p = 14$ cm $P = 425$ kp $< P' + W = 606 + 52 = 658$ kp

Opterećenje stupa vjetrom očita se na Sl. 3, pravac 5.

Za $d_p = 17$ cm, $P = 750$ kp $> P' + W$, dakle potreban vršni promjer podupore je 15 cm.

b) Stup sa sidrom:

b1) Zbog savijanja glave stupa potreban je kao kod stupa s poduporom vršni promjer stupa $d = 18$ cm.

b2) Potreban presjek čeličnog sidra kvalitete Č III odredimo pomoću krivulje A_6 ($F = 70$ mm²) na Sl. 13. Za $d = 18$ imamo:
$P = 780$ kp $> P' + W = 606 + 52 = 658$ kp.

Za $F = 50$ mm² (krivulja A_4) i $d = 18$ cm imamo:
$P = 570$ kp $< P' + W$

b3) Pomoću Sl. 14, krivulja A_1 vidimo da izvijanje stupa nije kritično, jer je za $d = 18$ $P = 1330$ kp.

c) A-stup

Potrebni vršni promjer drvenih jarbola odredi se sa Sl. 16, krivulja $A_1(\alpha = 12°)$

Za $d = 16$ cm očita se:
$P = 730$ kp $> P' + W = 606 + 2.33 = 672$ kp

Utjecaj opterećenja vjetra na stup W očitan je sa Sl. 3, pravac 1.

d) Dvostruki stup

Pomoću krivulja A_1 na Sl. 19 odredi se potrebni vršni promjer drvenih jarbola.

Za $d = 19$ cm odgovarazuća dopuštena vršna sila je:
$P = 700$ kp $> P' + W = 606 + 52 = 658$ kp

Utjecaj vjetra na stup određen je pomoću pravca 5 na sl. 3.

Kada je provedeno određivanje potrebnih dimenzija četiri alternativna tipa stupa, potrebno je odabrati najpriklaniji tip, što će ovisiti o specifičnim uvjetima i investitora i izvođača.

Na analogan način provodi se dimenzioniranje rasterenih i krajnjih stupova.

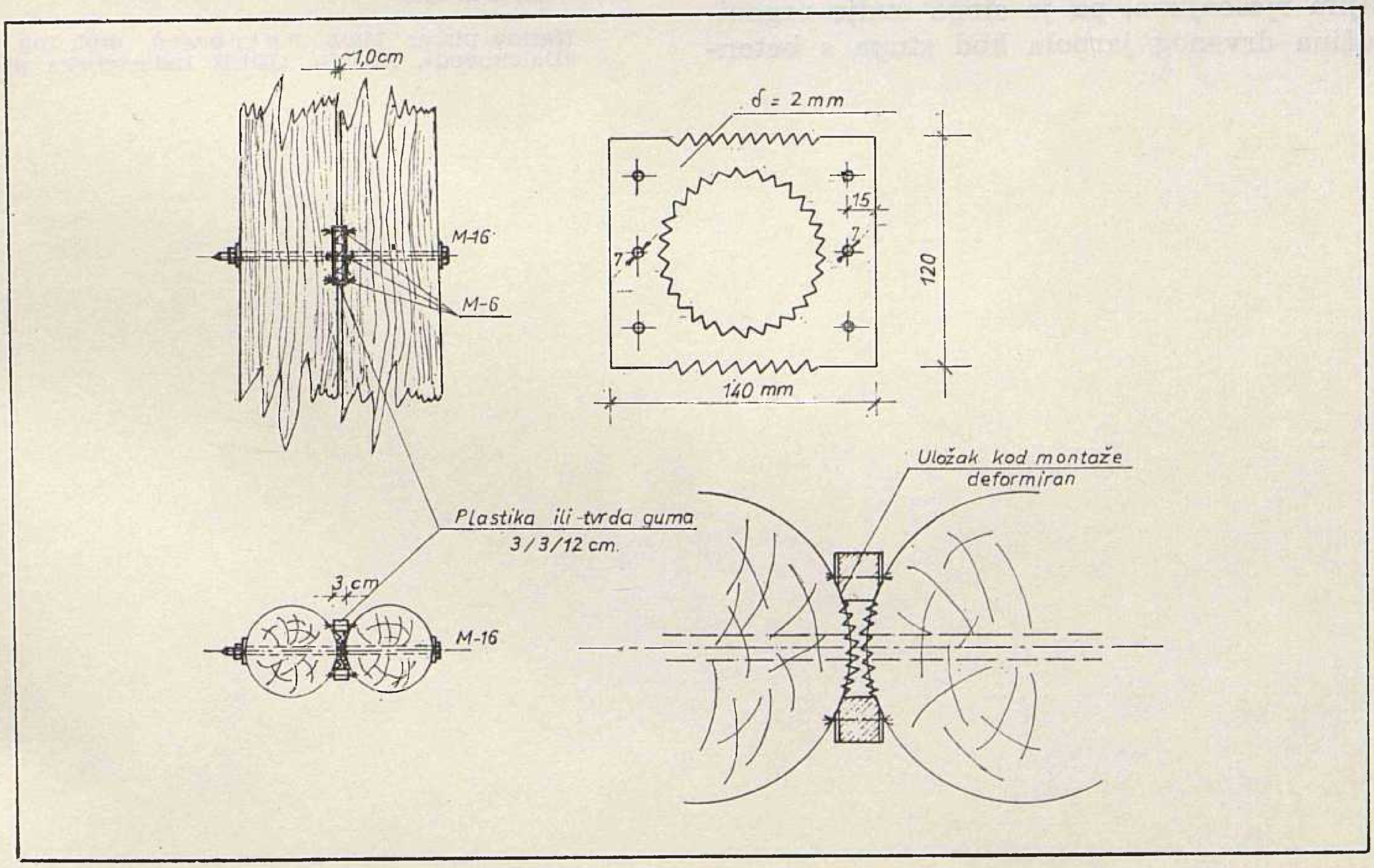
5.3. Dimenzioniranje temeljenja A-stupa

Ranije je istaknuto da A-stupovi prenose velike vodoravne sile pa temeljenju A-stupova valja posvetiti znatnu pažnju. Stoga će ovdje biti iznijet primjer dimenzioniranja temeljenja A-stupova prema slici 20.

Iz točke 5.2.c) vidi se da odabrani A-stup ima prikloni kut $\alpha = 12°$, a vršna sila je $P = 672$ kp.

Za $\alpha = 12°$ iz tablice 2 na Sl. 20 za 9,0 m visoki drveni jarbol očitamo: $b_1 = 226$ cm (za dubinu ukopa $t = 160$ cm) i $b_1 = 234$ cm (za dubinu ukopa $t = 200$ cm).

I. *Za slabije nosivo tlo* s dopuštenim opterećenjem $\sigma_{dop} = 1{,}0$ kp/cm²: Ako se primjeni način



Slika 22

temeljenja prikazan na Sl. 20 a), tada iz tablice 1. vidimo da za $b_1 = 226$ cm ($t = 160$ cm) imamo najveću dopuštenu silu $P = 600$ kp < 672 kp, a za $b_1 = 234$ cm ($t = 200$ cm) imamo $P = 850$ kp > 672 kp. Dakle, potrebna je dubina ukopa $t = 200$ cm.

Ako se primijeni način temeljenja prikazan na Sl. 20 b), tada iz tablice 3 imamo za $b_1 = 226$ cm ($t = 160$ cm) najveću dopuštenu vršnu silu $P = 800$ kp > 672 kp. Dakle, zadovoljava dubina ukopa $t = 160$ cm.

Koji će način temeljenja biti primijenjen, ovisi o tome, što je u određenim uvjetima ekonomičnije.

II. *Za bolje nosivo tlo* s dopuštenim opterećenjem $\sigma_{dop} = 3{,}0$ kp/cm²: Na isti način vidimo iz tablice 1. da zadovoljava način temeljenja prikazan na Sl. 20 a), jer za $b_1 = 226$ cm ($t = 160$ cm) imamo $P = 800$ kp > od 672 kp.

6. Zaključak

U određivanju za praktičnu primjenu prikladnih izraza trebalo je u nekim slučajevima zanemariti određene utjecaje. Mnogo faktora utječe na stabilnost i nosivost stupa, a često je njihova ovisnost složena. Konstruirani dijagrami daju za promatranu vrstu stupova posve dovoljnu točnost kod dimenzioniranja, a ujedno omogućuju direktno očitavanje dopuštene vršne sile, te ušteđuju projektantima vrijeme potrebno za proračun potrebnih dimenzija stupova.

Obrađeno je pet osnovnih tipova stupova s kojima se može projektirati gotovo svaka niskonaponska mreža. Za neke posebne zahtjeve trebat će od slučaja do slučaja naći najprikladnije rješenje.

Variranje visine drvenih jarbola može nekada biti potrebno, ali valja težiti što unificiranijim i jeftinijim rješenjima, pa je stoga ovdje ograničena dužina drvenog jarbola kod stupa s betonskim nogarima na dvije jedinstvene dužine od 9,0 m i 7,0 m.

Razmak između podupore ili sidra stupa ‚f' uzet je kod stupa s drvenim jarbolom dužine 7,0 m jednak kao i kod stupa s drvenim jarbolom dužine 9,0 mm, jer se stupovi s drvenim jarbolom dužine 7,0 m ugrađuju u nenaseljenim područjima, gdje redovito nije posebno važno zakrčivanje prostora kao u naseljima, a s većim razmakom ‚f' dobije se ekonimičniji stup.

Valja ovdje spomenuti, da bi bilo veoma korisno izraditi tipizaciju drvenih stupova za niskonaponske, kao i za 10 kV vodove. To bi moglo imati oblik preporuka, koje bi izdale odgovarajuće ustanove. Na taj način bi se polučile investicione uštede, a i gospodarenje mrežama bi bilo jeftinije.

Ovom prigodom se zahvaljujem Ivanu Đuranoviću dipl inž. na iscrpnim podacima iz prakse projektiranja i izvođenja niskonaponskih mreža.

Literatura:

1. F. Fonrobert, W. Stoy, G. Drüge: *Grundzüge des Holzbaues in Hochbau,* Berlin 1960 (prijevod ranijeg izdanja, Beograd 1951).
2. H. Rieger: *Der Freileitungsbau,* Springer - Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960.
3. K. Girkmann / E. Königshofer: *Die Hochspannungs — Freileitungen,* zweite Ausgabe, Springer - Verlag, Wien 1952.
4. M. L. Galjpern: *Djerevanjie opori liniji elektroperedači,* Izdavač »Energija«, Moskva 1972.
5. *Sprovočnik po proektirovanju liniji elektroperedači,* Izdavač »Energija«, Moskva 1971.
6. SIEMENS: *Planung und Bau von Ortsnetzen,* Izdavač: Siemens — Schuckertwerke Aktiengessellschaft.
7. VDEW: *Technische Richtlinien für Niederspannungs-Freileitungsnetzen, Teil II, Bau, Nebst Anhang mit Beispiele und Bezugsquellen — Nachweis, sowie DIN — Blättern.*
8. Propisi:
   VDE 0210, *VDE* 0212
   DIN 48174, *DIN* 48201, *DIN* 48219, *DIN* 48323, *DIN* 48350, *DIN* 48351,
   B.S. 1320, *B.S.* 3288

Naslov pisca: Mato Petrović, dipl. ing.
»Dalekovod«, Zagreb, OOUR Industrijska proizvodnja

USMERAVANJE DOMAĆINSTAVA NA SISTEM ELEKTRIČNOG GREJANJA KOJI SE MOŽE POVOLJNO ODRAZITI NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Vladimir Zloković, Beograd

Uvod

Kako je poznato, poslednjih godina, u mnogim evropskim zemljama, kao i u nas, sve se više uvodi električno grejanje u domaćinstvima, jer ono pruža niz prednosti prema drugim vrstama grejanja, a pre svega ostvaruje udobnost, higijenu, toplotni komfor i omogućuje automatsko regulisanje željene sobne temperature, jednostavno rukovanje i održavanje električnih instalacija i aparata. Pored toga, primenom električnog grejanja stambenih i poslovnih zgrada ne zagađuje se vazduh i okolina, pa ono dobija sve više podršku nadležnih komunalnih organa za uvođenje.

Sa gledišta potrošnje električne energije, domaćinstva koja koriste električno grejanje troše znatno veće količine električne energije godišnje od ostalih domaćinstava bez električnog grejanja, više skoro za 6000 do 8000 kWh. Takvi su potrošači pogodni za distributivna preduzeća, ukoliko se električna energija troši u doba rasterećenosti distributivnog sistema, tj. kada su na raspolaganju slobodni elektroenergetski kapaciteti.

Instalacije električnog grejanja stambenih prostorija mogu se razvrstati u tri sledeće glavne kategorije:

1. *Instalacije termoakumulacionog grejanja* koje primenjuju sistem akumulacije toplote u vidu pojedinačnih električnih termoakumulacionih peći (TA), snage obično od 2—8 kW, ili centralni termoakumulacioni sistem »Electricaire«, sa grejanjem i razvodom kroz kanale toplog vazduha, ili sistem termoakumulacionog podnog grejanja putem ugrađivanja posebnih električnih grejnih kablova u građevinsku masu.

Ovakve električne instalacije se uključuju na elektrodistributivne mreže isključivo u tačno određene časove, koje utvrđuju distributivna preduzeća, a uglavnom u periodu slabog opterećenja elektrodistributivnog, prenosnog i proizvodnog elektroenergetskog sistema.

2. *Instalacije direktnog električnog grejanja,* uz primenu direktnih električnih grejalica, konvektora, koriste se bez ograničenja vremena uključivanja na mreže u toku dana ili sezone.

3. *Instalacije kombinovanog električnog grejanja* koje se sastoje od električnih zagrevnih aparata s akumulacijom toplote za osnovno opterećenje grejanja, koristeći za napajanje takvih aparata električnom energijom časove rasterećenja distributivnog sistema (pretežno noću), i od dopunskog direktnog grejanja (električne grejalice, konvektori) s uključivanjem rada tih zagrevnih aparata, po potrebi, nezavisno o vremenu tj. o dobi dana.

Za usmeravanje domaćinstava na izbor od navedena tri sistema električnog grejanja, sa gledišta elektroprivrede, polazi se od analize dnevnih, nedeljnih i sezonskih dijagrama opterećenja distributivnih, prenosnih i proizvodnih elektroprivrednih preduzeća nekog područja.

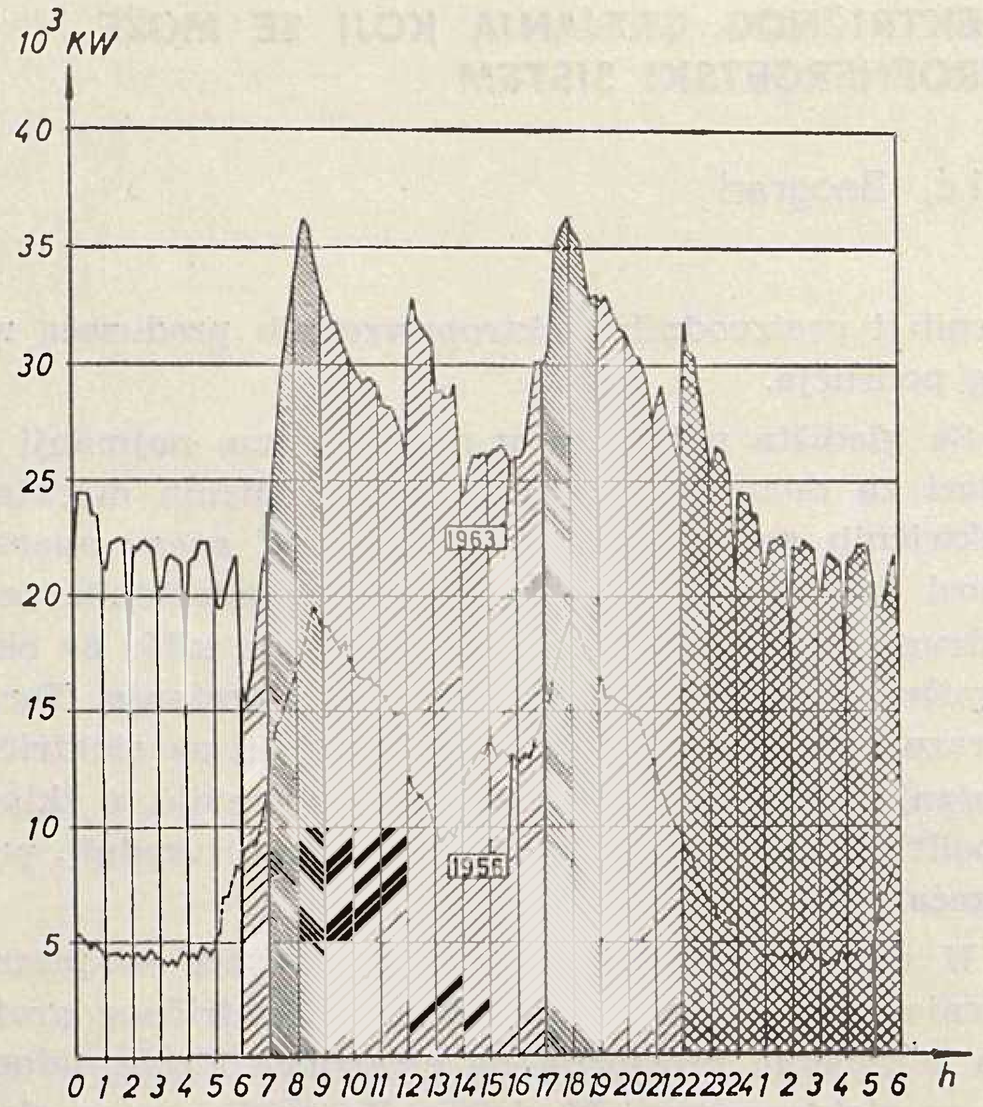
Sa gledišta potrošača u domaćinstvu, najmanji su izdaci za domaćinstvo za nabavku običnih direktnih električnih grejalica, čija cena po kW snage aparata iznosi 10 puta manje od termoakumulacionih peći. S druge strane, cena električne energije utiče na ekonomičnost izbora sistema električnog grejanja. Tarife u raznim zemljama koje se primenjuju za električno grejanje stambenih prostorija su, po pravilu, u skladu s politikom unapređenja samih elektroprivrednih preduzeća.

U ovom članku, međutim, razmatraće se pitanje uticaja primene pojedinih sistema električnog grejanja stambenih prostorija na električne mreže, odnosno na elektroenergetski sistem. Za analizu ovog elektroprivrednog problema treba raspolagati podacima sistematskih merenja opterećenja odabranih reprezentativnih uzoraka domaćinstava s primenom odgovarajućeg sistema električnog grejanja i analizama električnog grejanja većih blokova zgrada, pa i čitavog stambenog naselja. Međutim, ovakva merenja i proučavanja su kod nas tek u početnoj fazi. Stoga će se u analizi koristiti neka objavljena strana iskustva čiji primeri mogu, također, dobro poslužiti i za naše uslove pojedinih specifičnih područja i ukazati kako se pojedini sistemi električnog grejanja domaćinstvava mogu odraziti na dnevne dijagrame opterećenja distributivnog i prenosnog sistema. Nadalje, u kojoj meri takva elektrificirana domaćinstva mogu uticati na pomeranje vršnog opterećenja, izravnavanje dnevnog dijagrama opterećenja ili, naprotiv, u slučaju podudaranja vršnog opterećenja domaćinstava s vršnim opterećenjem distributivne mreže, na njegov još veći porast.

I. Sistem električnog termoakumulacionog grejanja

A. Primer povoljnog uticaja opterećenja termoakumulacionog grejanja na elektrodistributivni sistem. Iskustvo Francuske.

U Francuskoj, još pre 17 godina, neka elektrodistributivna preduzeća su otpočela širu primenu električnog termoakumulacionog grejanja stambenih i poslovnih prostorija. Na inicijativu elektroprivredne organizacije Electricité de France (EdF) među prvima je pristupilo ogledu primene električnog akumulacionog grejanja stambenih blokova sa TA pećima Elektrodistributivno preduzeće d'Angers koje je 1956. godine počelo ovu akciju (L. 1). Razlog je bio u tome što su u zimskom periodu 1955/56. god. mnoga domaćinstva počela nabavljati veliki broj direktnih grejalica (preko 6000 komada) za dopunsko električno grejanje stanova. Postojala je bojazan da se opterećenje direktnog električnog grejanja stanova poklapa sa vršnim opterećenjem distributivnog sistema, pošto je



Slika 1

dijagram dnevnog opterećenja mreže u tom periodu bio dosta nepovoljan (sl. 1).

U dnevnom dijagramu distributivne mreže (treća sreda decembra 1956. god.) bili su sledeći odnosi:

Prosečna minimalna snaga (od 22 do 6 h) iznosila je 27% vršne snage, a prosečna snaga od 12 do 14 h 55% vršne snage.

Navedeni odnosi su pokazali da postoje velike doline dijagrama u periodu od 22 h — 6 h (sl. 1) i da postoji mogućnost povećanja minimalnog opterećenja (ispunjenja dolina dijagrama) distributivnog sistema tog područja bez dodatnih ulaganja u mreže primenom električnih aparata s akumulacijom toplote. Radi toga je Uprava elektrodistributivnog preduzeća d'Angers pristupila intenzivnoj propagandi na uvođenju električnog termoakumulacionog grejanja u stanovima i javnim zgradama koje se nalaze na njenom području.

U Tab. 1 je dan pregled izvedenih električnih instalacija termoakumulacionog grejanja građevinskih objekata na području Maine i Loire, s označenjem instalisanog opterećenja i potrošnje električne energije u zimskom periodu grejanja 1962/63. god. Pomenuto područje ima relativno blagu klimu — prosečno 1 440 stepen-dana, sa prosečnom dnevnom temperaturom zimi od + 7°C, ali u toku godine ima oko 25 do 47 dana mrazeva, kad temperatura vazduha padne ispog 0°C.

Rezultati ove akcije posle 7 godina najbolje se vide iz poboljšanja dnevnog dijagrama opterećenja Trafo-stanice 90 kV d'Angers (sl. 1) za zimske dane (sreda 19. XII 1956. god. i sreda 18. XII 1963. god.). Ova trafo-stanica napaja oko 70% potrošača s električnim grejanjem stanova i 30% potrošača ostalog dela distributivnog područja.

Iz prikazanog dijagrama može se zaključiti da je u proteklom periodu od sedam godina u ovom distributivnom sistemu poraslo vršno opterećenje od 19,6 MW na 36,2 MW tj. za oko 85%, dok je prosečna snaga u dolinama dijagrama (od 22 h do 6 h), primenom električnog termoakumulacionog grejanja zgrada, povećana više nego četverostruko, tj. od 5,3 MW (1956. god.) na 23,1 MW (1963. god.). Na taj način znatno su ispunjene doline dnevnog dijagrama opterećenja i poboljšan je odnos m_o, tj. P_{min}/P_{max} od 0,27 (1956. god.) na 0,64 (1963. god.), a time je ostvareno i bolje iskorištenje ugrađenih distributivnih elektroenergetskih kapaciteta.

Treba primetiti, premda je ovaj ogled distributivnog preduzeća d'Angers trajao sedam godina, ipak od 160 000 domaćinstava ovog područja uvelo je električno termoakumulaciono grejanje svega 1.060 domaćinstava, tj. oko 1% od ukupnog broja, pa nije postojala bojazan da će novo vršno opterećenje od termoakumulacionog grejanja zgrada u noćnom periodu biti veće od dnevnog vršnog opterećenja distributivnog sistema.

Ovaj primer očigledno ukazuje na povoljan uticaj električnog termoakumulacionog grejanja zgrada na distributivnu mrežu.

B. Primer intenzivnog uvođenja električnog termoakumulacionog grejanja stanova i pojava nastajanja vršnog opterećenja mreža od 22 h — 23 h.

Iskustvo SR Nemačke.

Od 1955. godine počela je u SR Nemačkoj veća primena TA peći za električno grejanje stanova. U 1969. godini instalisana snaga TA peći iznela je ukupno 6500 MW, a u 1970. godini u SR Nemačkoj je bilo izvedeno oko 700 000 električnih instalacija u stanovima sa primenom TA peći, ukupne snage oko 8050

Izvedene električne instalacije s električnim termoakumulacionim grejanjem prostorija na području distribucije D'Angers i godišnja potrošnja električne energije

Tablica 1

Vrsta objekta	Električne TA peći			Sistem podnog grejanja			Ukupno sve izolacije		
	Broj	kW	MWh/god.	Broj	kW	MWh/god.	Broj	kW	MWh/god.
Veće zgrade napajane srednjim naponom	24	4.323	4.500	2	72	90	26	4.395	4.590
Dućani, biroi i školski objekti	40	1.327	1.500	2	60	70	42	1.387	1.570
Kancelarije EDF	34	358	500	6	83	120	40	441	620
STANOVI:									
a) individualni	535	358	6.600	8	145	200	543	5.413	6.800
b) kolektivni	442	3.242	4.000	57	589	870	499	3.831	4.870
UKUPNO:	1.075	14.518	17.100	75	949	1.350	1.150	15.467	18.450

MW. Električne termoakumulacione peći u stambenim i drugim zgradama elektrodistributivna preduzeća uključuju na svoje mreže putem mrežne tonske komande (MTK) iz svojih dispečerskih centara, koristeći pretežno noćni period od 22 h — 6 h, kao i određene časove u dnevnom periodu prema raspoloživim mogućnostima dnevnog dijagrama opterećenja .

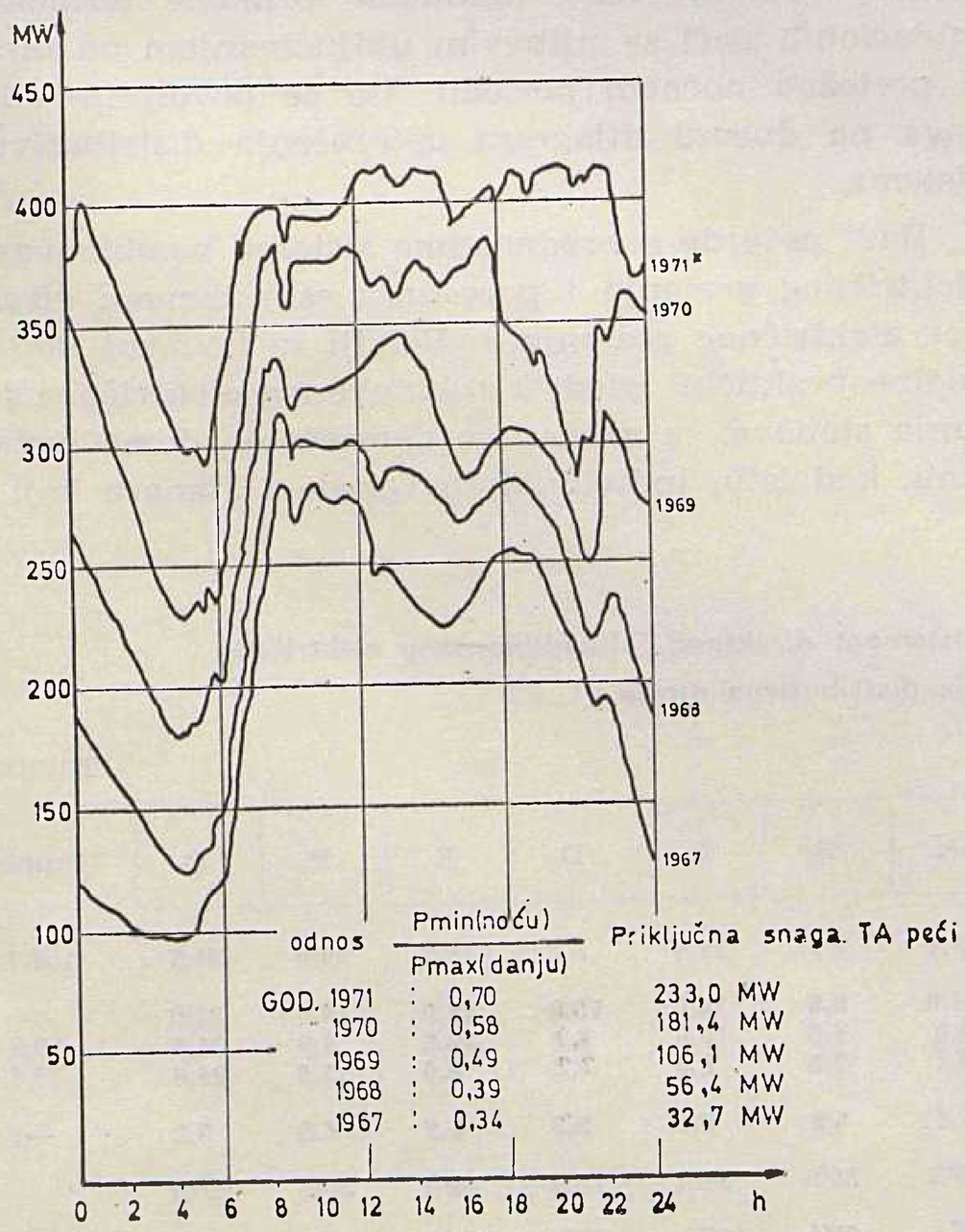
Ovakvim velikim porastom primene električnih termoakumulacionih peći za grejanje stambenih prostorija, uglavnom dinamičkog tipa, postignuto je, u većini slučajeva, dobro izravnavanje dnevnih dijagrama opterećenja mreža u zimskom periodu. Međutim, od interesa je pratiti i analizirati promene oblika dnevnih dijagrama opterećenja mreža pojedinih područja i uočiti uticaj ne samo izravnavanja dijagrama opterećenja već i period nastajanja vršnih opterećenja noću oko 23 h.

Na sl. 2 prikazani su dnevni dijagrami razvoja maksimalnih dnevnih opterećenja u zimskom periodu (decembar, treća sreda) regionalne mreže područja Main Kraftwerke A. G. od 1967. do 1971. godine (L. 3).

Maksimalno vršno opterećenje mreže je rezultat opterećenja industrije, trgovine i domaćinstava s električnim termoakumulacionim grejanjem.

Postignuti odnosi	$\frac{P_{min}}{P_{max}}$	Priključna snaga TA peći u MW:
1967. god.	0,34	32,7
1968. ,,	0,39	56,4
1969. ,,	0,49	106,1
1970. ,,	0,58	181,4
1971. ,,	0,70	233,0

Dnevni dijagrami opterećenja za 1970. i 1971. godinu regionalne mreže ovog područja već pokazuju da kritični period opterećenja nastaje u vremenu od 22 h do 24 h i da se ne preporučuje uključivanje ukupne snage TA peći odjednom, već treba uvesti sukcesivno uključivanje (sa 6 do 12 stepeni) odgovarajućih blokova opterećenja TA peći primenom MTK.



Slika 2

Nemački elektroprivredni stručnjaci dolaze do sledećeg zaključka:

1. Da maksimalno postignuto opterećenje mreže u godini sve više zavisi o spoljnoj temperaturi vazduha, tj. od primene električnog grejanja zgrada i nastaje istovremeno kada i dani najveće hladnoće odnosnog područja, te se tada superponiraju opterećenja industrije i trgovine s opterećenjem domaćinstava.
2. Postoji opasnost nastajanja kritičnog vršnog opterećenja mreže u periodu od 22 h — 24 h, što je posledica intenzivne primene električnog termoakumulacionog grejanja.

Treba istaći da u distributivnoj zoni Main Kraftwerke električno termoakumulaciono grejanje učestvuje sa 233 MW u vršnom opterećenju mreže od 405 MW, tj. sa 57%.

Ovim dijagramima se želi podvući da u nekim područjima SR Nemačke već sada nastaju velika opterećenja od jake primene električnog termaokumuacionog grejanja zgrada, tako da se mogu pojaviti uska grla ne samo u distributivnoj, već i u regionalnoj mreži koje treba rasteretiti pogodnim regulisanjem uključivanja opterećenja pojedinih blokova zgrada sa TA pećima.

Navedeni primer iz SR Nemačke ukazuje nam na opreznost od intenzivne primene električnog grejanja sa isključivo termoakumulacionim sistemom, jer se kritična vršna opterećenja u mreži mogu pojaviti u periodu od 22 h — 24 h tj. u vreme uključivanja TA peći po nižoj tarifi.

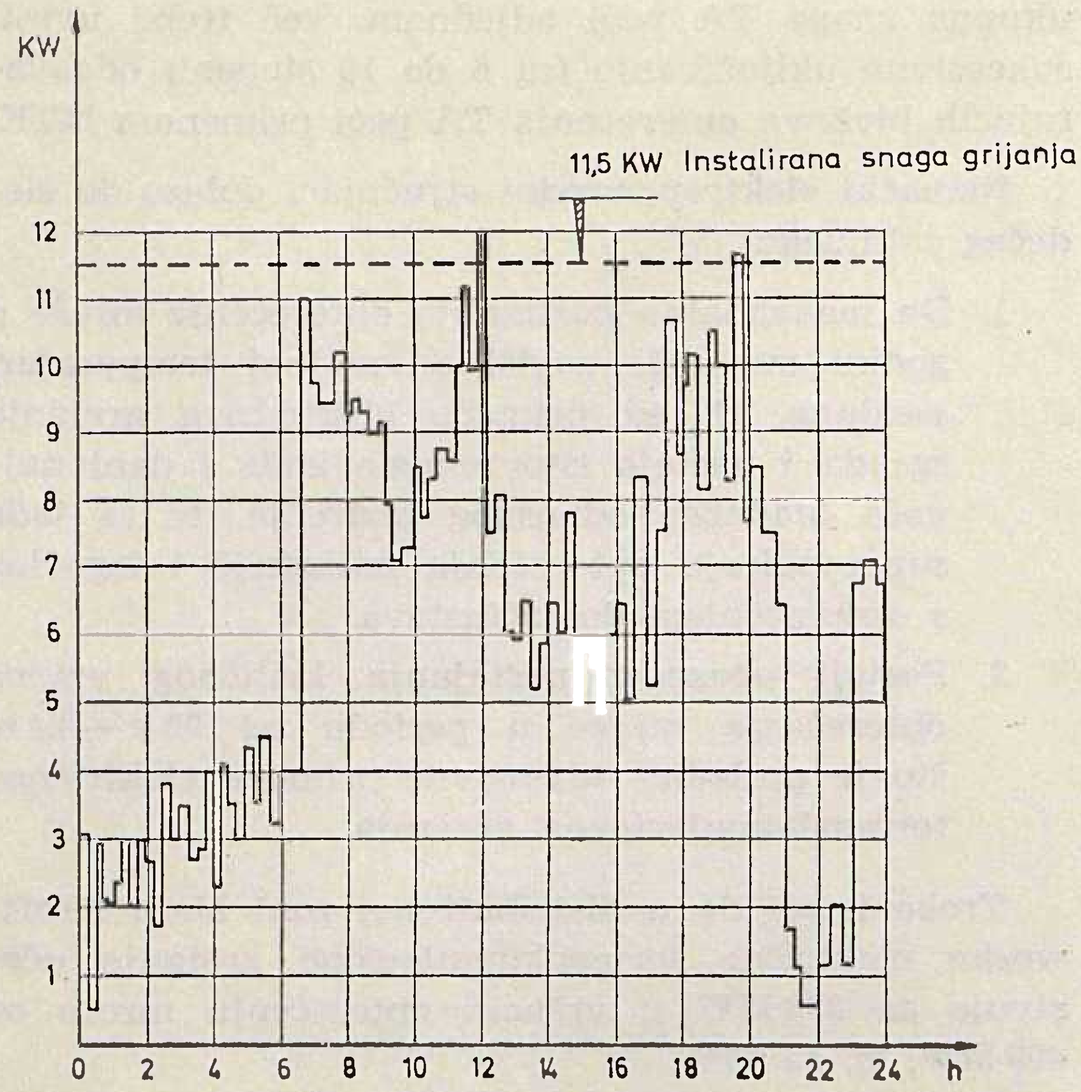
II. Sistem direktnog električnog grejanja stambenih zgrada

Iskustvo Belgije

Radi ilustracije primene električnog grejanja stanova pomoću direktnih grejalica, koristićemo se iskustvom i rezultatima merenja belgijskih stručnjaka u pogledu uticaja ove vrste opterećenja domaćinstava na distributivne mreže i učešća direktnog električnog grejanja stanova u vršnom opterećenju mreže (L. 2). Premda se u ovom primeru radi o relativno maloj snazi električnog grejanja individualnih zgrada, ipak nam izvršena merenja i postignuti rezultati mogu ukazati na odnose učešća instalisane snage električnih aparata za direktno grejanje u vršnom opterećenju distributivne mreže.

Ogled je vršen u klimatskom području Belgije u zimskom periodu od 1960. do 1964. godine, sa kretanjem minimalne temperature vazduha od −8°C do −11°C. Odabrano je ukupno 15 individualnih zgrada sa 51 domaćinstvom koja koriste direktno električno grejanje.

Na sl. 3 prikazan je dijagram dnevnog opterećenja u zimskom periodu jednog domaćinstva u zasebnoj stambenoj zgradi.



Slika 3

Instalirana snaga elektro-termičkih aparata domaćinstva:

direktne grejalice	11,5 kW
štednjak	9,0 kW
bojler direktni	2,4 kW
bojler akumulacioni	4,8 kW
mašina za pranje rublja	3,0 kW
Ukupno:	30,7 kW

Prema ovom dnevnom dijagramu, ako se izuzme vršno opterećenje domaćinstava koje nastaje u 12,00 h zbog automatskog uključivanja bojlera za vodu po nižoj tarifi, vršno opterećenje domaćinstva sa direktnim električnim grejanjem je postignuto u 20,00 h i *poklapa se sa vršnim opterećenjem distributivne mreže u zimskim mesecima.*

Na osnovu ovog dnevnog dijagrama opterećenja i ostalih snimljenih dnevnih dijagrama za ostale pojedine zgrade, sa stalnim nastajanjem konstatuje se da maksimalno opterećenje pojedinih domaćinstava zimi iznosi 80—105% instalirane snage električnih aparata za direktno električno grejanje. Iz ovoga proizlazi sledeće empiričko pravilo:

Maksimalno opterećenje potpuno elektrificiranog domaćinstva = instaliranoj snazi električnih aparata za direktno grejanje.

Za veći broj zgrada sa direktnim električnim grejanjem, uzimajući u račun faktor nejednovremenosti upotrebe električnih aparata za grejanje, dobija se da ukupno maksimalno opterećenje domaćinstava ne prelazi 70—75% instalirane snage aparata za direktno električno grejanje.

III. Sistem kombinovanog električnog grejanja stambenih zgrada

Iskustvo Belgije

Kako belgijska iskustva pokazuju, ako se umesto isključivog direktnog električnog grejanja stanova primeni kombinovano električno grejanje, tj. direktno grejanje sa delimičnom upotrebom termoakumulacionih peći, to nastaje mnogo manje maksimalno opterećenje domaćinstava u periodu vršnog opterećenja distributivne mreže zimi, a što je povoljnije i za elektrodistributivne mreže i za proizvođače električne energije.

Kombinovano električno grejanje predviđa da se u stambenim prostorijama koje se stalno upotrebljavaju (dnevne sobe, kujna, hodnici) postavljaju TA peći za postizanje u tim prostorijama osnovne temperature, dok se u ostalim prostorijama daje dopunsko grejanje direktnim električnim grejalicama — konvektorima.

Ovaj sistem kombinovanog električnog grejanja pruža potrošaču u domaćinstvu elastičnost za brzo zagrevanje potrebnih prostorija, uz znatno nižu nabavnu cenu direktnih grejalica, a distributivnim preduzećima omogućuje smanjenje opterećenja od električnog grejanja zbog delimične primene termoakumulacionih peći sa njihovim uključivanjem na mrežu u pretežno noćnom periodu, što se povoljnije odražava na dnevni dijagram opterećenja distributivnog sistema.

Radi potvrde o prednostima sistema kombinovanog električnog grejanja i poređenja sa sistemom direktnog električnog grejanja, u Belgiji su izvršeni 1963/64. godine praktički ogledi kombinovanog električnog grejanja stanova, sa merenjem opterećenja domaćinstava zimi, kod istih individualnih zgrada i stanara koji su

Poređenje maksimalnog opterećenja domaćinstava sa sistemom direktnog i kombinovanog električnog grejanja u periodu vršnog opterećenja distributivne mreže (L. 2)

Tablica 2

	Stanovi 1962/63. god.	A	B	C	D	E	F	G	Ukupno
1.	Instalisana snaga direktnog grejanja kW	11,1	9,4	15,4	9,6	15,7	14,0	31,5	106,7
2.	Maksimalno opterećenje u periodu vršnog opterećenja mreže kW	11,0	9,5	15,0	10,0	16,0	14,0	25,0	—
3.	1963/64. god. Dodatna snaga TA peći	4,0	4,0	10,0	4,0	13,2	4,0	11,7	50,9
5.	Smanjena snaga direktnog grejanja kW	8,7	7,0	9,5	7,2	8,0	11,6	24,6	76,6
4.	Maksimalno opterećenje u periodu vršnog opterećenja mreže kW	5,4	5,8	6,1	5,3	5,9	4,6	9,2	—
6.	Odnos (5 : 2) Maksim. opterećenje Snaga dir. grejanje	62%	82%	64%	73%	74%	39%	37%	
7.	Odnos (5 : 2) Maksimalno opterećenje 1963—64. god. 1962—63. god.	49%	61%	40%	53%	37%	33%	37%	

prethodne zime koristili isključivo direktno električno grejanje.

Realizacija tog ogleda se sastojala u tome što je prvobitna snaga direktnog električnog grejanja stanova smanjena delimično na račun električnog termoakumulacionog grejanja.

Rezultati izvršenih merenja opterećenja domaćinstava u zimskom periodu pokazuju:

— Da se vršno opterećenje stanova, s kombinovanim grejanjem, ne podudara s vršnim opterećenjem distributivne mreže, jer osnovnu temperaturu grejanja stana obezbeđuju TA peći koje se uključuju na mrežu, uglavnom, u noćnom periodu.

— Da je vršno opterećenje domaćinstava znatno smanjeno u periodu vršnog opterećenja distributivne mreže, prema poređenju sa sistemom direktnog električnog grejanja.

U Tablici 2 navode se rezultati merenja, u zimskom danu, za 7 stanova (A—G) sa poređenjem učešća maksimalnog opterećenja domaćinstva u periodu opterećenja mreže za iste stanove:

— za slučaj direktnog električnog grejanja;

— za slučaj kombinovanog električnog grejanja.

Aanalizom rezultata poređenja (Tablice 2) dolazi se do sledećeg:

Za navedenih 7 stanova u početku je bila instalirana ukupna snaga direktnog grejanja oko 107 kW. Maksimalna vršna opterećenja pojedinih domaćinstava, merena u toku zime 1962/63. god. na priključnom vodu stana, obuhvatajući električno osvetljenje, grejanje i ostalu primenu, dostigla su vrednost, sa nekoliko izuzetaka, jednaku skoro 100% instalisane snage aparata za direktno električno grejanje (rubr. 2).

U međuvremenu, pred zimsku sezonu 1963/64. god. montirane su u dnevnim sobama u istim stanovima kod istih stanara, pojedine TA peći ukupne snage 51 kW (rubr. 3), a istovremeno je u stanovima smanjena snaga direktnog grejanja tako da je sada iznosila ukupno oko 77 kW (rubr. 4).

Ovim sistemom kombinovanog električnog grejanja — direktne grejalice + termoakumulacione peći — postignuto je da su vršna opterećenja pojedinih navedenih stanova, u periodu vršnog opterećenja distributivne mreže, iznosila samo 60—65% nove (reducirane) snage direktnog električnog grejanja.

Poređujući postignuta vršna opterećenja stanova u prethodnoj zimi i sada (1963/64. god.), zaključuje se da su u sadašnjem zimskom periodu vršna opterećenja stanova reducirana skoro za 50% u vreme nastajanja opterećenja distributivne mreže.

S obzirom na faktor nejednovremenosti upotrebe električnih aparata za grejanje, kod navedenih 7 stanova s isključivim direktnim grejanjem ostvareno vršno opterećenje u 1962/63. godini je iznelo ukupno oko 59 kW, odnosno 55% od ukupne instalisane snage direktnog grejanja, ili prosečno oko 8 kW opterećenja po stanu.

Primenom kombinovanog električnog grejanja stanova, u periodu vršnog opterećenja distributivne mreže zimi 1963/1964. god., ukupno vršno opterećenje pomenutih stanova je učestvovalo s ukupno 27,5 kW ili je iznelo manje za oko 50% od vršnog opterećenja prethodne zime, kada je korišćeno isključivo direktno električno grejanje.

Prema tome, ukupno vršno opterećenje navedenih stanova u odnosu na *instalisanu snagu aparata za direktno električno grejanje* u slučaju *kombinovanog grejanja* je iznelo 36% $\left(\frac{27,5}{77,0}\text{ kW}\right)$ prema ranijem sistemu *direktnog električnog grejanja* 55% $\left(\frac{59,0}{107,0}\text{ kW}\right)$.

Treba, na kraju, istaći da je u ovom primeru kombinovanog električnog grejanja 7 stanova, prosečno, ukupno vršno opterećenje po stanu smanjeno od 8 kW na 4 kW, što svakako ima povoljniji uticaj na elektrodistributivnu mrežu.

Zaključak

Na osnovu dosadašnjeg iskustva u primeni električnog grejanja stambenih prostorija u domaćinstvima može se zaključiti sledeće:

— Za elektrodistributivni i elektroenergetski sistem najnepovoljnije je nekontrolisano i stihijsko uvođenje električnog grejanja prostorija, tj. bez usmeravanja domaćinstava na sistem električnog grejanja koji se može povoljno odraziti na elektroenergetski sistem na osnovu analize raspoloživih mogućnosti slobodnih elektroenergetskih kapaciteta odnosnog područja.

— Naročito se nepovoljno na elektrodistributivni sistem može odraziti upotreba u velikom broju električnih aparata za direktno grejanje, čija se snaga pri jednovremenom uključivanju na mreže, zbog naglog zahlađenja vazduha, može podudarati s vršnim opterećenjem elektrodistributivnog sistema. (Zbog relativno male nabavne cene direktnih električnih grejalica, koje se mogu u domaćinstvima uključivati na mreže bez ograničenja časova upotrebe, ova mogućnost uvek postoji).

— Programirati intenzivno uvođenje električnog termoakumulacionog grejanja stanova je opravdano do izvesne razumne granice, ukoliko su kapaciteti distributivnog i elektroenergetskog sistema slobodni i ne iziskuju nova ulaganja za povećana opterećenja zbog ovakve primene.

Primeri sa područja SR Nemačke, gde već više od 15 godina elektroprivredne organizacije vode sistematsku propagandu uvođenja isključivo električnog termoakumulacionog grejanja u stambenim blokovima novogradnje, već upozoravaju na kritičnost nastajanja vršnih opterećenja u distributivnim i regionalnim mrežama u periodu od 22 h — 24 h, tj. u dolinama ranijih dijagrama dnevnih opterećenja zimi.

— Sistem kombinovanog električnog grejanja, tj. direktno + akumulaciono grejanje stanova u izvesnim slučajevima pruža mogućnost komfora grejanja i znatno povoljnije utiče na elektrodistributivne mreže od sistema s isključivim direktnim električnim grejanjem.

Analizirajući dnevne dijagrame opterećenja konzuma udružene jugoslovenske elektroprivrede u zimskom periodu 1972. godine (L. 4), kao i nekih regionalnih područja, konstatuje se da postoje još velike

doline dijagrama u vremenu od 21 h — 6 h, a odnos P_{min}/P_{max} se kreće od 0,52 do 0,58. Još više su izražene doline dnevnih dijagrama opterećenja zimi kod većine distributivnih preduzeća.

Za izravnavanje dijagrama opterećenja i za bolje korišćenje ugrađenih elektroenergetskih kapaciteta svakako je celishodna primena TA peći za grejanje stanova i električnih bojlera s akumulacijom toplote koje naša domaća industrija proizvodi. Ali, pri tome se mora strogo voditi računa o uskim grlima koja se mogu pojaviti u pojedinim delovima elektrodistributivne mreže.

Za usmeravanje domaćinstava na racionalnu potrošnju električne energije, a posebno na električno grejanje stanova, treba blagovremeno preduzeti odgovarajuće mere kao:

— zasnovati odgovarajuću dugoročnu politiku tarifa, sa primenom stimulativnih tarifnih stavova za potrošnju električne energije u domaćinstvima u doba rasterećenosti elektroenergetskog sistema;

— realizovati što pre uvođenje daljinske komande u elektrodistributivnim mrežama za regulisanje racionalne potrošnje električne energije u domaćinstvima, a posebno za regulisanje rada električnih termoakumulacionih aparata;

— formirati pri elektrodistributivnim preduzećima stručne savetodavne službe za potrošače u domaćinstvu, a naročito za davanje uputstava o korištenju električnog termoakumulacionog grejanja, gde to regionalni elektroenergetski sistemi i distributivne mreže dopuštaju;

— radi usklađivanja zajedničke tehničko-ekonomske problematike bilo bi korisno proučiti mogućnost formiranja jednog tela koje bi objedinjavalo interese elektroprivrednih organizacija za proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije, s jedne strane, i proizvođača električnih aparata s akumulacijom toplote i građevinskih organizacija za podizanje stanova, s druge strane. Na taj način bi se mogla odrediti i stabilnija politika usmeravanja domaćinstava na racionalniju potrošnju električne energije i za potrebe električnog grejanja.

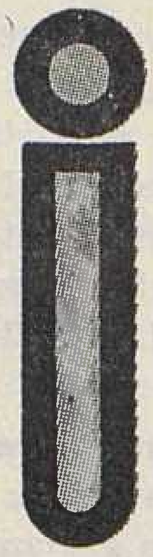
Literatura

1. L. Bernon, H. Sire »*Les experiences de chauffage électrique dans la Region d'Angers* (Maine et Loire)«, France, V. 8, UNIPEDE, Bruxelles, 1964.
2. R. Tritz, J. Vercruysse »*L'incidence du chauffage électrique sur les reseaux — Analyse des courbes de charge et determination de la responsabilité de pointe*«. Belgique, V. 2, UNIPEDE, Bruxelles, 1964.
3. W. Gilson »*Incidence du chauffage électrique à accumulation sur la courbe de charge du reseau dans les enterprises de distribution regionales et urbaines*«. Allemagne, 1.2, UNIPEDE, Göteborg, 5—7 juin, 1972.
4. —: *Dispečerski izvještaj 1972.* Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd, mart 1973. god.
5. V. Zloković »*Uticaj racionalnog korišćenja električne energije u domaćinstvima na razvoj elektroenergetskog sistema Jugoslavije do 1975. godine, sa predlogom konkretnih mera.*« Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd, decembar, 1970. god.

Vladimir Zloković

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA

KARLOVAC

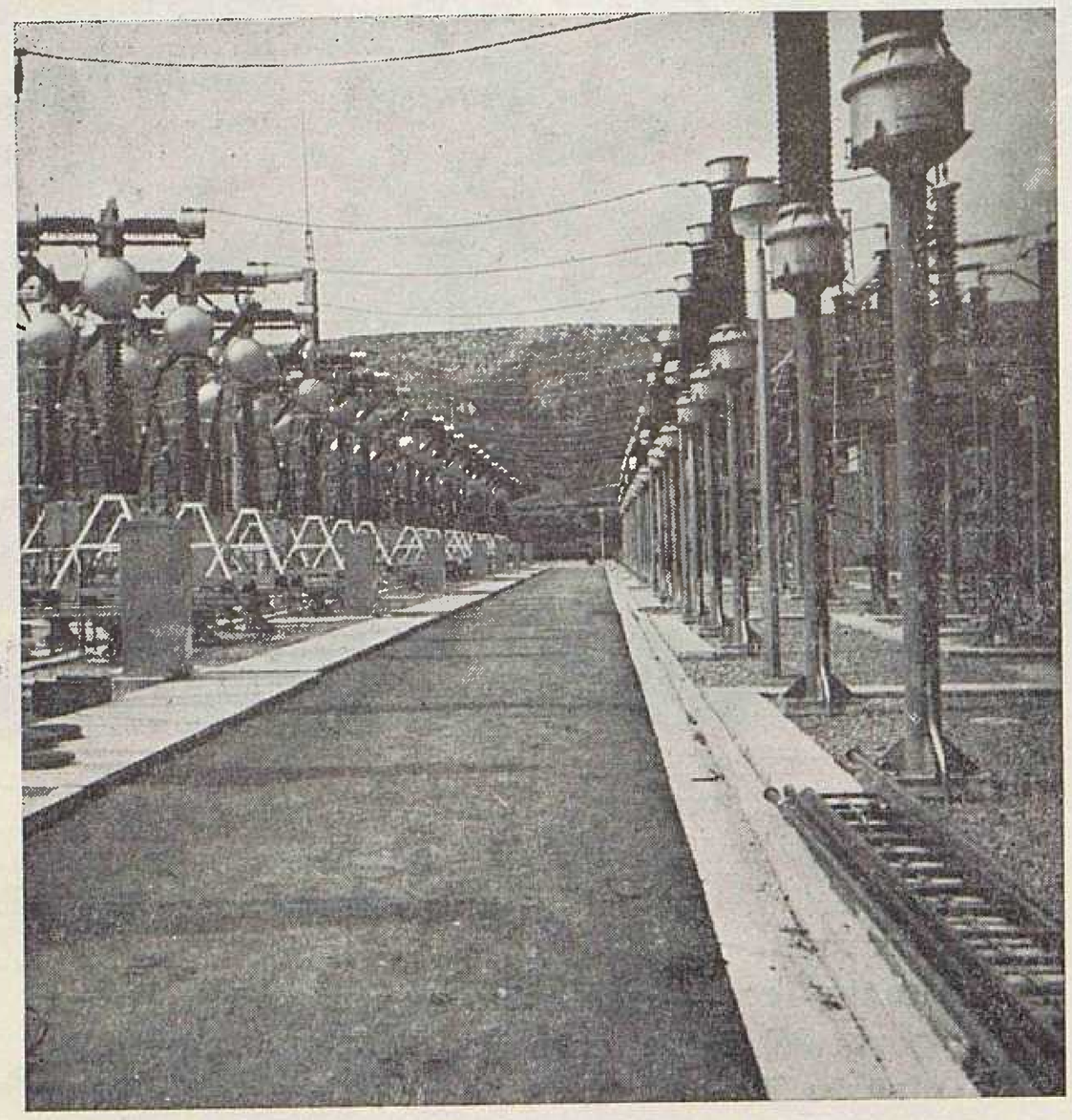


Obavlja kemijsku zaštitu (kotlovsku impregnaciju) svih vrsti željezničkih pragova, pragova za smještaj kranskih dizalica, stupova za TT i EV vodove, kocaka za hale, rudno drvo i ostali građevinski materijal od drveta.

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

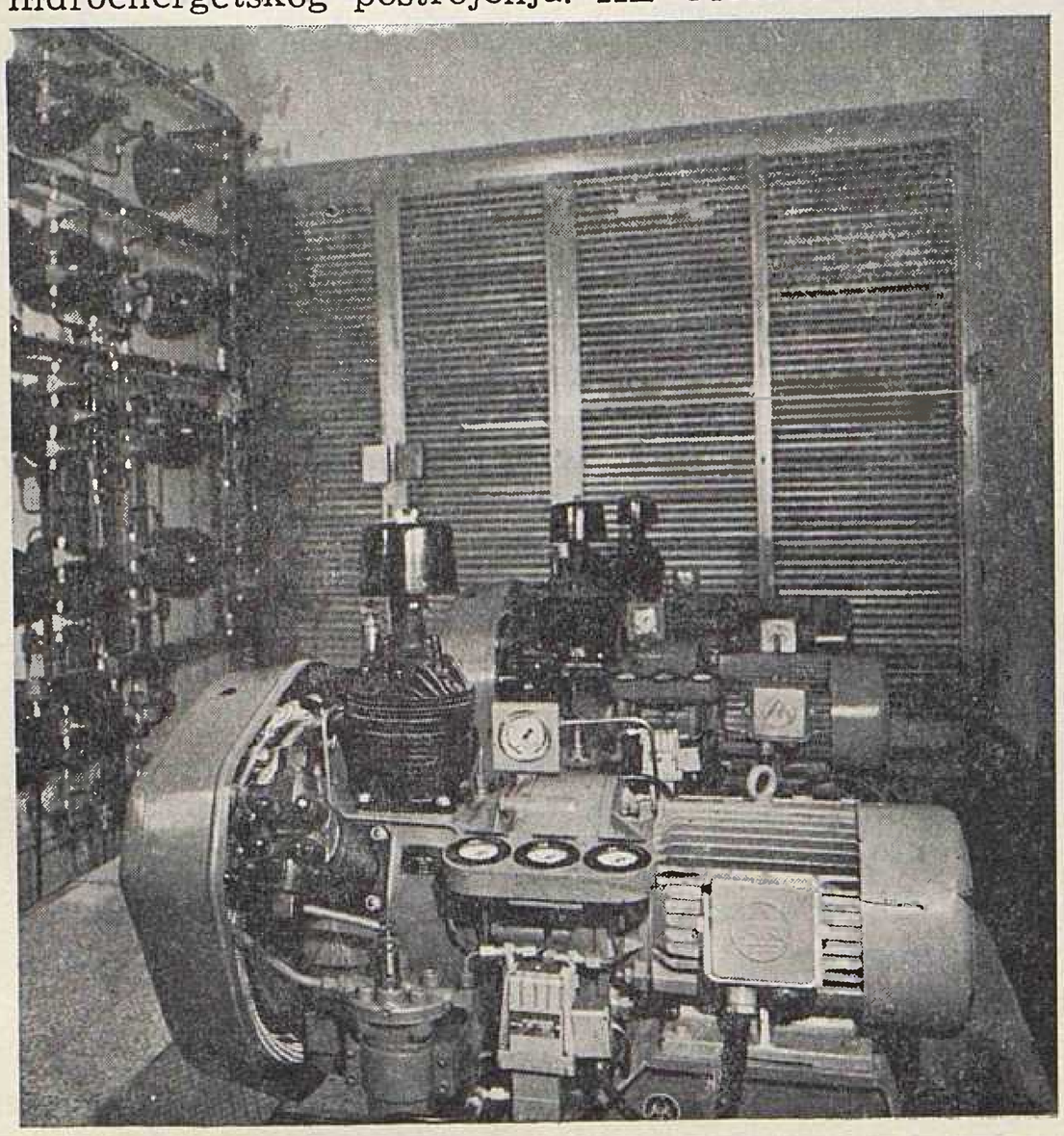
Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

HE Orlovac — montaža trećeg agregata



Sl. 1. Pogled na dovršeno rasklopno postrojenje otvorenog tipa 220/110 kV

Nakon završetka drugog agregata u HE Orlovac koji je krajem svibnja u čast 81. rođendara Predsjednika Tita na svečan način pušten u pogon, otpočeli su ubrzani radovi na montaži trećeg agregata, instalirane snage 79 MW. Osim toga radi se i na završnim radovima na objektima koji su u sklopu ovog velikog hidroenergetskog postrojenja. HE Orlovac iskorištava



Sl. 2. Kompresorska stanica

vode kraških polja šireg sliva Cetine, čiji je srednji godišnji dotok oko 40 m³/sek — a svode se u centralni akumulacioni bazen Buško blato, kapaciteta 800 milijuna m³. Sama hidroelektrana je locirana u mjestu Rude, udaljenom oko 11 km istočno od Sinja.



Sl. 3. Tlačni cjevovod

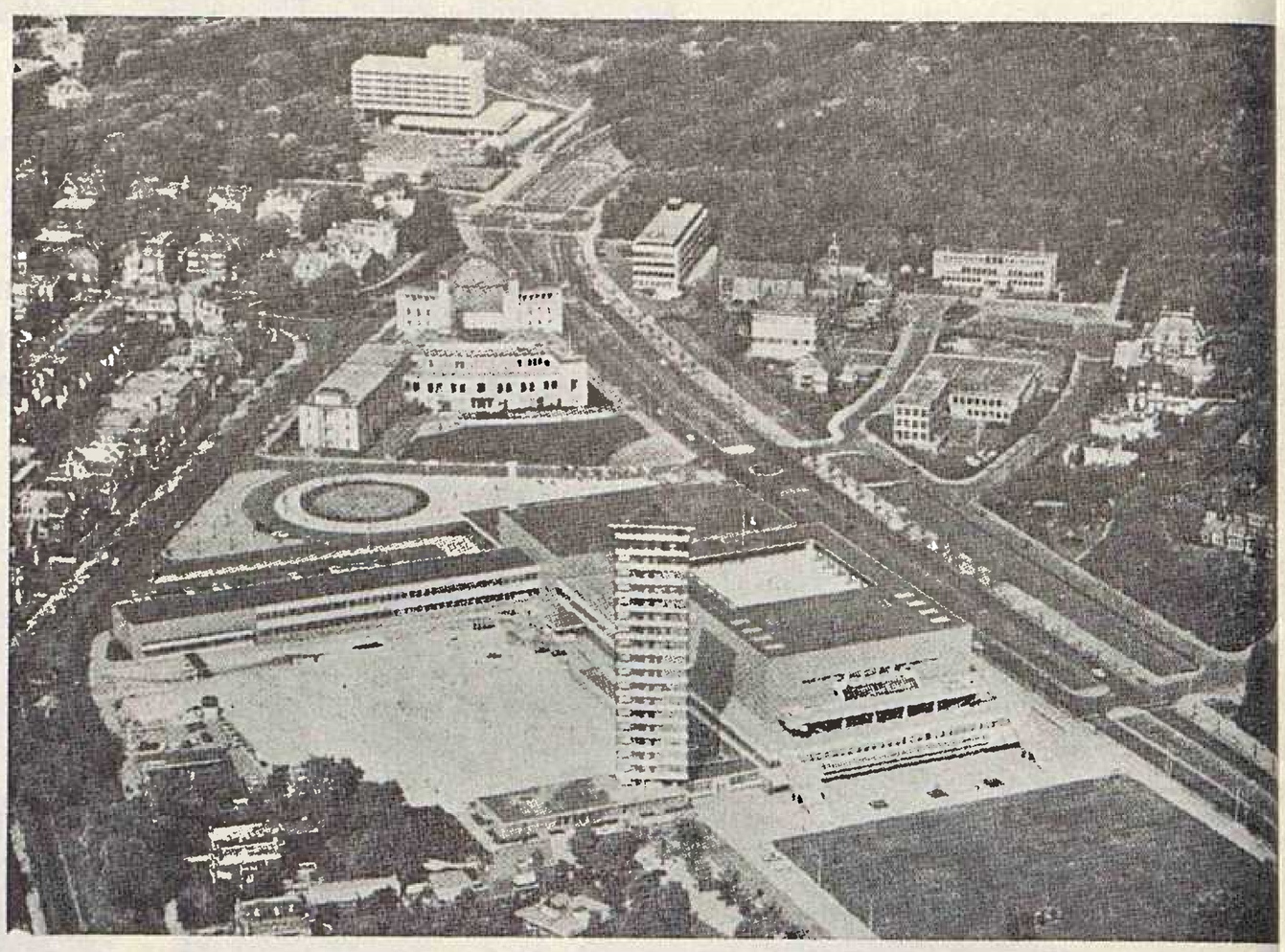
Elektrana je projektirana za tri agregata, svaki instalirane snage od 79 MW, te instaliranim protokom od 70 m³s. Ukupna instalirana snaga od 237 MW omogućit će u srednje hidrološkoj godini proizvodnju od oko 1091 GWh električne energije.

Radovi na montaži treće turbine i generatora, snage 83 MVA, odvijaju se u okvirima utvrđenih planova. Prema današnjem razvoju, ukoliko ne dođe do nepredviđenih zastoja, montaža trećeg agregata bit će posve završena u četvrtom tromjesečju ove godine. Treća turbina tipa Francis, istog je tipa kao i već dvije montirane, što hi je proizvela tvornica Litostroj. Generator je isporučila tvornica »Rade Končar« koja i obavlja montažu. Hidro-opremu izvodi montažno poduzeće »Metalna« iz Maribora.

I. R.

S KONGRESA UNIPEDE U HAAGU 1973

Nastavak prikaza kongresnih referata po grupama*



Pogled na kongresnu palaču u Haagu (u sredini)

RAD STUDIJSKOG KOMITETA ZA VELIKE MREŽE I MEĐUNARODNU INTERKONEKCIJU

Grupa referata br. 40*

1. Općenito

Već je na Kongresu u Cannes-u 1970. pokazan veliki interes za razvoj velikih električnih sistema, što se očitovalo u vrlo živoj diskusiji o toj temi. Zbog toga je ovaj Studijski komitet posvetio veliki dio svog rada problemu buduće optimalne strukture evropske mreže najvišeg napona.

Komitet je zadužio tim problemom grupu eksperata, koja je uz pomoć specijalista, koji su raspolagali velikim računskim strojevima, rješavala postavljene zadatke.

Referat 40.1., predsjednika grupe eksperata, prikazuje vrlo detaljno studije na optimalnoj budućoj strukturi evropske mreže koji su do sada rađeni. Oni međutim još nisu završeni.

Provedene studije valja prvenstveno promatrati s evropskog, a zatim s nacionalnog stanovišta.

Pretežno teoretski rezultati ne predstavljaju za zainteresirana poduzeća neku obvezu. Njima je time samo omogućeno da dobiju podloge na temelju kojih se mogu odlučiti za izgradnju nekog interkonektivnog dalekovoda.

Studije grupe eksperata dat će korisne informacije zainteresiranim međunarodnim organizacijama, a pridonijet će i rješenju problema standardizacije slijedećeg nivoa najvišeg napona.

2. Stanje interkonektivne zapadnoevropske mreže

Pogon zapadnoevropske mreže vrlo je povoljan u međusobnoj suradnji slijedećih organizacija.

— Zajednice za koordinaciju proizvodnje i transporta električne energije (UCPTE) koju sačinjavaju Belgija, SR Njemačka, Austrija, Francuska, Italija, Luksemburg, Nizozemska i Švicarska.

— Zajednica nordijskih zemalja za suradnju u dobavi električne energije (NORDEL) koju sačinjavaju Danska, Finska, Island, Norveška i Švedska.

— Franko-iberska zajednica za proizvodnju i transport električne energije (UFIPTE) koju sačinjavaju Francuska, Portugal i Španjolska.

— Regionalna grupe SUDEL s Austrijom, Italijom i Jugoslavijom.

Prema podacima statistike, na 1. srpnja 1972., međusobne električne veze zemalja UCPTE imale su prijenosni kapacitet od 28000 MVA.

Istosmjerni prijenosni sistem (± 100 kV, 800 A), povezuje Vel. Britaniju i Francusku, a upravo se studiraju ekonomske i tehničke mogućnosti da se ova veza pojača.

Zemlje grupe NORDEL povezane su trofaznim vodovima i jednim istosmjernim prijenosom koji je upravo pojačan.

Španjolska i Portugal (UFIPTE) povezane su jednim vodom 220 kV, a Španjolska i Francuska sa dva voda 220 kV i dva voda 400 kV.

Zemlje u organizaciji SUDEL povezane su prstenom 220 kV. Nedavno se toj grupi pridružila i Grčka.

Izmjena električne energije između zapadnoevropskih zemalja stalno se povećava. Kod zemalja UCPTE porasla je izmjena od 2,9 TWh u 1948. na 29,6 TWh u 1970. (920%). Internacionalni porast izmjena rastao je brže nego proizvodnja (440%). Suma snaga razmjene koja se pojavila istovremeno bila je 1952. 670 MW, a 1970. 5200 MW. To čini više nego 5% vrha potrošnje sviju zemalja UCPTE.

Premda u principu svaka od zemalja vodi politiku samostalnog pokrivanja svojih potreba električne energije, povezivanjem je omogućena vrlo dobra razmjena za plasiranje viškova i pokrivanje deficita. Osim toga, mogu se bolje iskoristiti postojeći proizvodni kapaciteti.

Iskustvo je pokazalo da već sadašnja evropska interkonektivna mreža dostaje da se postojeća proizvodna i transportna sredstva mogu dobro iskoristiti.

* Vidi »Energija« br. 9—10 i 11—12/1973.

Studije o budućoj optimalnoj evropskoj mreži pokazuju da će već postojeća mreža, i dio koji je u gradnji, biti važan dio buduće mreže. To je zasluga elektroprivrednih poduzeća.

3. Optimalna buduća struktura evropske mreže

Posljednjih se godina struktura proizvodnje električne energije bitno promijenila. Povećana je proizvodnja u nuklearnim elektranama, a znatno je potisnut udio proizvodnje u hidroelektranama. Ovakav razvoj ukazuje na rješenje kako bi buduća evropska mreža visokog, a naročito najvišeg napona, morala izgledati i kakve se prednosti od takve mreže mogu očekivati.

No ne samo prednosti u vezi s povezivanjem opterećenja, već i raspoloživosti ukupne rezerve.

Grupa eksperata razradila je prikladnu metodologiju koja je iznesena u referatu 40.1. Ona je trebala riješiti postavljeni problem, uzimajući u obzir potrebne tehničke i ekonomske faktore uz izvjesne simplifikacije.

Prvi rezultati studije mogu se smatrati polaznim točkama za buduće studije. U prvom približenju valjalo je pribjeći pojednostavljenjima koja se mogu prihvatiti, ako se polazi od nekog globala. Ove studije ne mogu se međutim smatrati mjerodavnim za donošenje odluke o nekoj investiciji. Ako se to želi, valja uzeti u račun ostale faktore ovisne o pogonskim i lokalnim prilikama.

Metodologija je razrađena za slučaj optimalnog pogona mreže u 1985, jedanput za 14 zapadnoevropskih zemalja, a drugi put samo za njih 7. Najprije se pošlo od teoretske pretpostavke da su mreže istraživanih zemalja potpuno izolirane, a zatim da su optimalno povezane. Optimum je utvrđen na taj način, što je izračunat minimum investiranih troškova proizvodnje, i prijenosa, uzimajući u obzir kvalitetu dobave električne energije. U oba slučaja, kod primjera 14 zemalja i 7 zemalja, uspoređujući povezane i izolirane sisteme dobila se ušteda u instaliranoj snazi elektrana u veličini od 9 ... 10% vrha opterećenja promatranih zemalja. Premda se radi o teoretskim vrijednostima, ušteda je tolika, da bi se isplatilo u detalje studirati stvarnu situaciju.

Treba primijeniti da su navedeni rezultati dobiveni kod usporedbe potpuno izoliranih mreža i optimalno povezanog sistema. U stvarnosti su danas mreže već povezane vodovima 220 i 400 kV. Teško je prema tome usporediti teoretske rezultate s realnim mogućnostima postojećeg sistema. Iz prve procjene može se zaključiti, za grupu od 7 zemalja, da je već danas izgrađen veliki dio mreže koji je za 1985. utvrđen kao optimalan.

Provedena je i studija za godinu kad će se potrošnja predviđena za 1985. podvostručiti. Takva je studija još više teoretska, ali kao smjernica može biti korisna.

4. Izbor novog visokonaponskog nivoa

Studije razvoja buduće evropske mreže najvišeg napona su pokazale da će, u ne odviše dalekoj budućnosti, u mnogim zemljama trebati napon viši od 400 kV.

Kod izbora valja tehnički i ekonomski usporediti rješenja s naponima 400 kV, 765 kV i 1000 kV, 1200 kV, a pri tom ne valja zaboraviti mogućnost nekih veza pomoću istosmjernog sistema.

Izbor novog naponskog nivoa mora biti proveden s jedne strane s evropskog gledišta, na temelju do sada izrađenih studija i ispitivanja tehničkih i tehnoloških problema vodova, stanica i visokonaponske opreme, a s druge strane zadataka prijenosa u nacionalnim mrežama. Internacionalni prijenos će se razvijati na tom novom nivou jednako kao što se razvijao u slučaju nivoa 220 i 400 kV, uzimajući u obzir snagu koju valja prenositi između zemalja.

5. Proizvodnja jalove snage u velikim sistemima

Komitet je pozorno pratio probleme u vezi s proizvodnjom i prijenosom jalove snage u sistemu.

Istraživanja navedena u referatu 40.2 odnose se na slijedeće točke:

— karakteristike sistema proizvodnje i prijenosa
— karakteristike potrošnje jalove snage
— proizvodnja jalove snage, bilo posebno, bilo u kombinaciji s proizvodnjom djelatne snage, ili upotrebom pogonskih metoda za transformatore, vodove i generatore
— bilance proizvodnje, apsorpcije i potrošnje jalove snage u vodovima i minimunima djelatnog opterećenja.

Ekonomskim aspektom ovog problema Komitet se za sada nije bavio.

6. Karta vodova 400 kV

Na temelju podataka dobivenih od elektroprivrednih poduzeća sastavljena je karta mreže 400 kV zapadne Evrope. Karta obuhvaća i vodove planirane do 1975.

7. Statistički podaci razmjene između zemalja zapadne Evrope

Za zemlje UCPTE od 1960. do 1970.:
— razmjena energije se povećala od 10.114 GWh na 34.013 GWh (+ 204,5%);
— razmjena snage od 1.700 MW na 5.200 MW (+ 205,9%);
— prijenosna moć vodova razmjene povećala se za 23%.

Za zemlje UFIPTE:
— razmjena energije porasla je od 651 GWh na 1940 GWh (+ 198%);
— razmjena snage od 320 MW na 670 MW (+ 109,8%).

Prijenosna moć razmjene zemalja NORDEL iznosila je 1971. 2285 MW.

8. Diskusija na Kongresu

Iz diskusije o planiranju buduće optimalne strukture evropske mreže najvišeg napona proizašla su dva stanovišta. Ili obilno razviti nacionalne mreže uzimajući u obzir međunarodno povezivanje, ili planirati globalnu optimalnu evropsku mrežu najvišeg napona. Brojni su diskutanti iznijeli prednosti i mane

obih gledišta. Prvo rješenje bazira na solidnijim podlogama, ali internacionalnom povezivanju daje manju ulogu. U drugom slučaju bi se došlo do optimalnijeg rješenja, ukoliko ograničenja koja bi dale lokalne prilike, ne smanje očekivane prednosti takve jedinstvene mreže. Međutim, svi su govornici isticali važnost pogonske sigurnosti i uštede na pogonskoj rezervi.

Drugi važni dio diskusije odnosio se na pitanje izbora naponskog nivoa iznad 400 kV. Zbog različitih stanovišta nije još došlo do utvrđivanja naponskog nivoa između 675 kV i 1200 kV. Premda ovakav napon još sada za Evropu nije potreban, valja ga ipak utvrditi prije nego budu naponski nivoi iznad 400 kV uvedeni u nekim zemljama.

RAD STUDIJSKOG KOMITETA ZA DISTRIBUCIJU

Grupa referata br. 50

Ovaj komitet je pripremio za Kongres u Haagu referate br. 50.01, 50.02, 50.03 i 50.1.

U prvom referatu predsjednik obavještava o radu komiteta od posljednjeg kongresa u Cannes-u do ovoga u Haagu.

Problemi koji su raspravljani na više sastanaka u tom razdoblju bili su:

— prognoze budućih potreba, te srednjoročne i dugoročne studije razvoja sistema;
— tehnologija mreže i opća oprema i postrojenje;
— pogon i organizacija ljudi i materijalnih sredstava, njihova potreba i problemi naobrazbe.

Vrlo aktivna je bila i grupa eksperata koja je provodila intenzivne studije iz slijedećih tema:

— kvarovi, tj. studij uređaja izloženih pogonskim smetnjama mreže;
— mreže srednjeg napona;
— standardizacija napona za niskonaponske mreže;
— organizacija modernog distributivnog sistema;
— kvaliteta dobave;

1. Djelovanje distribucije

Prije no što se prikažu radni rezultati komiteta, interesantno je iznijeti osnovne probleme vezane za djelovanje distribucije.

1.1. Produkt

Distribucija je u položaju dobavljača sirovine prerađene u uređajima konzumenata, tj. dobave električne energije koja se troši u trošilima potrošača.

Distributeri moraju biti zainteresirani za tržište energije i za konkurentne vrste energije. Oni moraju pratiti razvoj tržišta trošila i sudjelovati u unapređenju njihove upotrebe. Moraju biti, nadalje, vrlo zainteresirani za utjecaj takvih aparata na distributivnu mrežu. Reperkusije mogu biti dvojake:

— Na prvom je mjestu sigurnost napajanja. Neki uređaji su osjetljivi na prekide dobave i varijacije napona, pa treba stalno poboljšavati kvalitetu dobave.
— Na drugom su mjestu tehnička sredstva kojima se postiže željena kvaliteta dobave kod stalnog povećanja potražnje električne energije.

Probleme vezane za ova pitanja ne rješava Studijski komitet za distribuciju, već Studijski komitet za razvoj primjene električne energije i Studijski komitet za statistiku.

1.2. Ciljevi i planovi

Svaki distributer koji, bilo da prati prirodni razvoj konzuma, bilo da si postavlja neke daljnje komercijalne ciljeve, mora postaviti kriterije kvalitete ne samo tehničke naravi, već i u odnosu na potrošače.

Izbor postupka koji je u skladu s uvjetima koji vladaju izvan poduzeća ili u njemu, dobije se postavljanjem srednjoročnih, odnosno dugoročnih planova.

Za postizavanje tih ciljeva potrebna su sredstva za koja je potrebno poznavati njihovu količinu, cijenu i djelotvornost.

1.3. Sredstva

Da neko distributivno poduzeće postigne svoje ciljeve, postoje različita sredstva. Način kako su ta sredstva organizirana i koordinirana ovisi o strukturi i shemi rada dotičnog distributivnog poduzeća. Ovakvim problemima opće organizacije bavila se posebna grupa eksperata.

U određenim slučajevima je korisno provoditi daljnja istraživanja za posebna pitanja:

— Pogon mreže i sredstva vezana s time (bežične veze, daljinsko upravljanje, automatizaciju, kao i određene metode (decentralizacija komanda, centralna komanda).
— Uklapanje smetnji i održavanje.
— Novogradnje i modernizacija.
— Studije u vezi s izgradnjom mreže i odluke za investicije.
— Služba prema potrošačima.
— Izbor trošila (utvrđivanje kvalitete, standardizacija).
— Izobrazba kadrova.

Da bi se dobio pregled odnosa između ciljeva i različitih sredstava dana je slijedeća tablica:

Ciljevi i sredstva distribucije

Sredstva / Ciljevi	Unapređenje prodaje	Sigurnost dobave	Financijska ravnoteža	Oodnos prema osoblju	Odnos prema okolini
Struktura i organizacija poduzeća	++	++	++	++	++
Pogon. Servisna služba	++	+	++		
metode mreža	+	+++	+	+	
Tehnika mreže		+++	+		
Tehnika trošila		++	+	++	+++
Standardizacija trošila	++	++			
Izobrazba kadrova	++	++	+	+++	+

\+ Sredstvo koje malo pridonosi cilju
++ Sredstvo koje značajno pridonosi cilju
+++ Sredstvo koje naročito pridonosi cilju

2. Rad komiteta za distribuciju

2.1. Kvaliteta dobave

Grupa eksperata za problem kvalitete dobave u distribuciji bavila se pitanjem tehničke sigurnosti dobave (komercijalna sigurnost nije obuhvaćena). Poželjno je, naime, da u slijedećih 10 godina distributeri odrđenije definiraju kvalitetu električne energije koju će isporučiti svojim potrošačima. Ako nije preskupo, bilo bi potrebno povećati sigurnost do neke granice i za to uložiti sredstva (dvostruko napajanje, automatizacija, brzo elimininranje kvarova i slično). To će naravno utjecati na financijski efekt i tarife.

2.2. Odnosi prema okolini

Komitet se bavio dvjema studijama. Jedna se bavila problemima koji nastaju zbog zahtjeva vlasti za premještanjem kabela i nadzemnih vodova.

Druga se pak studija odnosila na sigurnosne propise za srednjenaponske i niskonaponske nadzemne vodove. Pokazalo se naime, da su ti propisi u različitim zemljama različiti.

2.3. Organizacija distributivnog poduzeća

Između pojedinih distributivnih poduzeća postoje znatne razlike u njihovoj strukturi, koje se ne mogu opravdati ni veličinom potrošačkog područja, a niti strukturom stanovništva. Stoga je grupa eksperata razradila posebni referat (50.1) koji daje idealni model organizacije modernog distributivnog poduzeća. Na kraju ovog prikaza je skraćeni prikaz tog referata.

2.4. Služba potrošača

Iz dosadašnjih studija iz ovog područja, koje iako nisu u svemu suglasne, može se zaključiti:

- nastojanje da se očitavanja brojila vrše u što većim razmacima, te da se istovremeno očitavaju i ostala brojila, npr. plinska,
- da se izbjegava kombiniran način inkasa i očitanja,
- da brojilo očitavaju potrošači, i
- opća upotreba računala u cijeloj manipulaciji obračuna, te plaćanje putem pošte, odnosno banke.

2.5. Pogon mreže

Komitet se bavio s dva problema: daljinskim upravljanjem visoko- i srednjenaponskih stanica i radom pod naponom. Problem daljinskog upravljanja naročito je važan za smanjenje trajanja prekida. Skraćenje vremena kvara u gradovima važno je prvenstveno zbog prometa, a u vanjskim područjima automatizacija je potrebna zbog velikih daljina što ih valja svladati da se otkloni kvar.

2.6. Tehnika i struktura mreže

Pitanja koja su ovdje obuhvaćena odnose se na ekonomske odluke o općoj strukturi mreže (broj naponskih nivoa, uzamčena ili radijalna mreža, itd.) kao i primjena ostalih uređaja, osim već prije spomenutih za regulaciju i automatiku. Sada se još od grupe eksperata provode istraživanja usporedbi različitih vrsta uzemljenja (direktno uzemljeno zvjezdište, izolirano zvjezdište, Petersenova prigušnica). Osim toga je provedena anketa o zaštiti mreža srednjeg napona od atmosferskih prenapona.

2.7. Normalizacija i instalacioni propisi za trošila

Za ovu grupu problema nadležna je grupa eksperata za smetnje i grupa eksperata za normirane napone u području niskih napona. Grupa za smetnje je, što je bilo vrlo korisno, često upozoravala zainteresirane organizacije na smetnje od aparata, naročito onih koji izazivaju nadvalove.

Druga se grupa bavila međusobnim utjecajem trošila u distributivnoj mreži.

Distributeri moraju voditi računa o normalizaciji trošila. Da potrošači budu zadovoljni mora postojati dobra koordinacija, gdje treba uskladiti mogućnosti mreže s uvjetima proizvođača trošila.

Jedna od studijskih grupa dobila je zadatak da radi na tome da se određena vrsta trošila uspješno upotrebljava u što više zemalja.

3. Sažetak diskusije održane na Kongresu

Mnogi su diskutanti ukazivali na rješenja kojima bi se moglo pojednostavniti vođenje različitih vodova u naseljenim područjima i time jednostavnije provoditi nadzor i održavanje. Bilo je govora o organizaciji i načinu alarmiranja osoblja u slučaju potrebe, stvaranju posebnog plana u slučaju kakve katastrofe, optimalnom načinu održavanja postrojenja, i sl.

Nadalje je govoreno o ulozi distributivnog poduzeća u izvedbi i kontroli električnih kućnih instalacija i aparata. Diskutanti su ukazali na nužnost da distributivna poduzeća budu bolje zastupljena u komisijama za normalizaciju instalacionog materijala i aparata.

O sigurnosti osoblja diskutiralo se zajedno s problemom rada pod naponom. Radom pod naponom moguće je osjetno skratiti iskapčanje konzumenata, pa je potrebno takvu radnu metodu dalje razvijati.

Došlo se do zaključka da bi se normalizacijom napona 230 V mogli napustiti već normalizirani naponi od 220 V i 240 V.

U diskusiji o kvaliteti dobave električne energije ukazano je prvenstveno na smanjenje prekida i konstantnost napona. U vezi s ovim pitanjima iznesene su statistike i smjernice iz mnogih zemalja.

Diskutiralo se također o vrlo kratkim prekidima, manjim od 300 ms. Takvi su prekidi neugodni posebno za elektronička računala.

Jedan od govornika ukazao je na poteškoće koje donose nadvalovi u nekim mrežama. Na kraju diskusije bilo je govora o idealnom modelu distributivnog poduzeća od najviše 100.000 potrošača s najvećim polumjerom opskrbnog područja od 50 km, i osobljem od 200 do 250 ljudi. Osam do 10 ovakvih osnovnih jedinica trebalo bi sačinjavati, prema tom modelu, jednu pogonsku jedinicu sa zajedničkim knjigovodstvom i službama od 250 do 300 ljudi.

Ovakvim prijedlogom grupa eksperata učinila je sa diskutabilnim zaključcima osjetljiv posao, pa je prijedlog na kongresu izazvao obimne diskusije.

Skraćeni prikaz ovog referata (br. 50.1) priložen je iznesenim izlaganjima.

50.1. Organizacija moderne službe za distribuciju električne energije

Izvještaj je izradila Grupa eksperata.

1. Uvod

Tri četvrtine stoljeća je prošlo od pojave prvih javnih distributivnih poduzeća, koja su se grupirala oko malih elektrana, bez mogućnosti međusobnog povezivanja. Prve su mreže imale vrlo različite karakteristike, koje su se gubile već prema tome kako je tehnički progres dozvoljavao eksploataciju većih dimenzija.

Unatoč znatnog razvoja koji je do danas uslijedio u organizacijama službi za distribuciju, još postoje velike strukturne razlike između službi u pojedinim zemljama kao i unutar jedne zemlje. Konfrontacija između raznih vrsta organizacija, mogla bi navesti zainteresirane na korisna razmišljanja.

Međutim, radije nego da se za ovo uspoređivanje primijeni jedno analitičko predstavljanje koje bi se sastojalo u opisivanju raznih vrsta mogućih organizacija za svaki od konstitutivnih elemenata službe za distribuciju električne energije, odlučilo se je da se jednoj maloj grupi eksperata povjeri zadatak da zamisle i opišu kakva bi mogla biti struktura i organizacija metode upravljanja distributivne službe u današnjim uvjetima.

Glavna poteškoća takvog projekta jest, da se eliminira ambicija. Ne bi trebalo uzeti formu neke pedantne rasprave, izlažući čitaocima cjelinu problema distribucije električne energije kao i eventualna rješenja koja svako od njih povlači za sobom. Izgledalo je pametnije ograničiti se na kratko prikazivanje jedinstvene sheme, rezultantu konfrontacije raznih rješenja, rizikom da se dade izvjestan karakter školskog zadatka.

Briga je ostavljena čitaocima da iz ove bilješke izvuku ideje koje smatraju prihvatljivim da ih vode rješenju vlastitog problema.

2. Pristup problemu organizacije distributivne službe

Pristup problemu organizacije neke distributivne službe prolazi neophodno kroz definiciju i razgraničenja funkcija službe.

Ove su funkcije reda: tehničkog i komercijalnog.

2.1. Tehničke funkcije

2.11. One se sastoje u preuzimanju isporuke električne energije s praga elektrana ili velikih transformatorskih stanica da bi je uputile, preko vasokonaponske i niskonaponske mreže, do priključka potrošača.

2.12. Moderna služba obuhvaća reducirani broj stepena transformacije. Uzmimo:

— za gradske mreže velike gustoće dva stepena: npr. 220 kV (20 kV) NN ili 132 kV / 11 kV / NN,

— za ostale mreže tri stepena:
npr.: 220 kV / 63 kV / 20 kV / NN ili
220 kV / 70 kV / 11 kV / NN,

naglašavajući da samo precizna ekonomska računica dozvoljava utvrditi, u praksi, izbor između dvije vrste mreža.

2.13. U dva prethodna primjera, tehničko područje službe distribucije počinje na pragu izlaza transformatora 220 kV ili 132 kV.

Donja granica područja se nalazi:

— za potrošače na visokom naponu, na izlazu zaštitnog uređaja na visokonaponskoj strani transformatora potrošača,

— za potrošače na niskom naponu, na izlazu brojila, kod bilo kakvog smještaja i pripadnosti prekidača — ako on postoji.

2.14. Kućni priključak na niskom naponu obuhvaća:

— sekcionalni osigurač, vrlo široko kalibriran, koji funkcionira kao organ za prekidanje (u slučaju radova na brojilu ili prekidaču, ili u slučaju prestanka abonomana);

— prekidač, eventualno, vlasništvo distributera, najradije diferencijalni na srednju osjetljivost (300 do 600 mA), koji je lako pristupačan potrošaču. Ovaj je prekidač obvezatan — i vlasništvo je distributera — za slučaj tarife koja se temelji na nazivnoj snazi. U drugim slučajevima on se preporuča, ali ostaje vlasništvo potrošača. Instalacija eventualno jednog ili više diferencijalnih prekidača s visokom osjetljivošću (25 mA) ostaje na inicijativu i trošak potrošača;

— brojilo, vlasništvo distributera, koje je dostupno izvan stanovanja (da bi se olakšalo čitanje službeniku distribucije). Kućni priključak je, osim, ako se ne traži protivno, monofazan do snage 20 kW (prekidač 100 A), a trofazni iznad te snage.

2.15. Industrijski i komercijalni potrošači opskrbljuju se direktno putem niskonaponske mreže do snage reda 100 kW. Oni se mogu opskrbljivati do snage reda 1000 kW, ako su u stanju da ponude odgovarajući smještaj za transformatorsku stanicu.

2.2. Komercijalne funkcije

Ove funkcije imaju dvostruki aspekt:

— aspekt službe, pokrivajući sve što je u odnosu na izvršenje ugovora koji vezuje distributera na potrošača,

— aspekt unapređenja, u vezi sa svim podstrekavajućim akcijama koje poduzimaju distributeri da bi priveli svoje potrošače boljem i višem korištenju električne energije.

Usput spomenimo da je, za nacionalizirana i podržavljena poduzeća distribucije, katkad dano mišljenje da aspekt unapređnja njihove aktivnosti može biti zanemaren. S tim se mišljenjem ne slažu autori ovog izvještaja, koji misle da unapređivačke akcije u korist upotrebe električne energije nalaze svoje obrazloženje u mnogim drugim razmatranjima a ne u uskoj trgovačkoj preokupaciji.

2.21. Temelj komercijalne funkcije je tarifiranje; o njemu su učinjene mnogobrojne studije. Ovdje nije mjesto da ih se analizira, a još manje da ih se sintetizira. Ogradit ćemo se na to da označimo, da sistem tarifiranja moderne službe distribucije mora biti:

— što se tiče značajnih napajanja na visokom naponu, što je moguće prilagođeniji strukturi proizvodnih troškova, što ne isključuje stanovitu kompleksnost — ako je ova prihvatljiva, čim se radi o značajnim potrošačima;

— što se tiče ostalih napajanja, što je moguće jednostavniji, na način lako razumljiv potrošačima, koji uglavnom ne poznaju predmet; u mnogim je poduzećima sadašnje tarifiranje najčešće vrlo kompleksno i radi toga nema ulogu komercijalnog podstrekavanja koje bi bilo poželjno (razvoj električnog grijanja, osobito, vezan je većim dijelom instituciji dobro prilagođenog tarifiranja).

2.22. Vezan na tarifiranje, sistem fakturiranja pokriva također vrlo važan aspekt u odnosima distributer - potrošač. Iz konfrontacije mnogih sistema koji se sada upotrebljavaju, izgleda da najviše zadovoljava i potrošače i administrativne, ekonomske i financijske imperative distributera, što se tiče domaćinstava:

— godišnje očitavanje brojila u tri navrata,

— provizorno mjesečno plaćanje potrošnje ili polugodišnje, već prema nivou,

— mogućnost za potrošače da reguliraju svoje fakture s maksimumom komoditeta (bilo na što je moguće više prozorčića-šaltera, bilo automatskim preuzimanjem s bankovnih ili poštanskih računa).

Prisile protiv neurednih ili uporno otpornih platiša treba da budu progresivne; kao primjer predlaže se slijedeće stupnjevanje: — poskupljenje od 5% za jednomjesečno zakašnjenje u plaćanju; — poskupljenje od 10% za dvomjesečno zakašnjenje u plaćanju; — više od toga, prekida se dobava.

2.23. Organizacija kontakta s potrošačima je važan faktor komercijalne funkcije distributera. Ovaj se kontakt može realizirati: — u prijemnim prostorijama distributera, u stanu potrošača.

3. Kakva bi mogla biti struktura moderne službe za distribuciju električne energije

Nakon što su definirani zadaci poduzeća za distribuciju, potrebno je istražiti strukturu koja će mu omogućiti da ih izvršava pod najpovoljnijim uvjetima efikasnosti i gospodarenja.

3.1. Statut poduzeća

Ovog se pitanja pobliže ne dotičemo, jer prelazi okvir ove studije, međutim, valja zabilježiti da statut poduzeća treba uživati, u okviru općih propisa, široku autonomiju upravljanja, bitan uvjet njegove ekonomske efikasnosti.

3.2. Teritorijalni smještaj

On treba da je određen s dva kriterija:
— efikasnost usluživanja potrošača,
— najmanji troškovi upravljanja.

3.21. Usluživanje potrošača. Iako realizirani progres u kontinuitetu službe čini sve manjom frekvenciju ljudske intervencije, ona je u nekim slučajevima nezamjenljiva. Izgleda da kao maksimalno čekanje intervencije može biti razdoblje od jednog sata. Ovo određuje veličinu osnovne jedinice organizacije, a promjenljiva je prema geografskim i demografskim uvjetima: vrlo koncentrirana u gradskim aglomeracijama visoke gustoće, osnovna jedinica može doseći i radius reda 50 km u regijama koje su slabo naseljene. Poželjno je da broj potrošača koje uslužuje osnovna jedinica ne prijeđe brojku od 100.000.

Aktivnost osnovne jedinice je naročito:

— tehnička: ona prvenstveno osigurava otklanjanje kvarova, za što raspolaže specijaliziranim ekipama, koje su stalno na raspolaganju i spremne da budu pozvane i radio vezom. Osim toga ona osigurava sistematsko održavanje objekata, kao i zamisao, nalog i nadzor radova renoviranja i proširivanja;

— komercijalna: ona upravlja ugovorima, tj. kontrolira potrošnju i osigurava uplate, zatim razvija komercijalno unapređenje informativnim akcijama svih vrsta (uputama, dokazivanjima, postupcima) čiji su principi i moraliteti izrađeni na višem stupnju hijerarhije.

Što se tiče administracije i računovodstva, aktivnost osnovne jedinice se ograničuje na skupljanje i prijenos elementarnih podataka koji se obrađuju na višem nivou organizacije.

U nekim slučajevima, determiniranih lokalnim geografskim uvjetima, osnovna jedinica može odijeliti jednu ili više »antena«, koje se sastoje od vrlo malog broja radnika i koje su opskrbljene potrebnim alatom a zadužene su samo za otklanjanje tekućih kvarova. Ova dispozicija omogućuje skraćenje roka za intervenciju.

3.22. Upravna jedinica. Ova jedinica obuhvaća određen broj osnovnih jedinica, od 8 do 10, i sačinjava kompletnu administrativnu bitnost, koja ima industrijsko i financijsko računovodstvo. Na ovaj se nivo smještaju:

— elektronska cjelina upravljanja, zadužena za operacije potvrde plaćanja, plaće osoblja, itd.;

— organizam upravljanja osobljem, kojemu spadaju: — operacije zapošljavanja, barem za majstore i kadar; — držanje na nivou i profesionalno usavršavanje osoblja, a što implicira i korištenje vanjskih sredstava (sveučilište, centri za profesionalno obrazovanje...) i organiziranje specijaliziranih sredstava za specijalna zvanja;

— službe zadužene za izradu regionalne komercijalne politike i tehničkog planiranja;

— službe zadužene za opće odnose s općinstvom (izvještaji raznim administracijama i velikim potrošačima);

— regionalne službe dobave i glavno skladište (osnovne jedinice imaju samo skladište s konstantnim nivoom).

Ova jedinica može, već prema industrijskoj strukturi zemlje, imati kompletnu autonomiju. Koordinacija komercijalnih i tehničkih politika osigurava se, u tom slučaju, na nacionalnom nivou jednim kooperativnim organizmom.

3.3. Generalna okosnica

Opisana shema, reducirajući na minimum hijerarhijske stepenice, ostvaruje najekonomičnije upravljanje. Efektivi osoblja su naročito reducirani.

Može se u stvari uzeti da:

— osnovna jedinica funkcionira sa 200 do 250 radnika, a

— upravna jedinica sa 250 do 300 radnika,

iz čega proizlazi da je odnos radnik / 1000 potrošača, reda 3. Ovo implicira da distributivno poduzeće ograniči svoju efikasnost samo na distribuciju električne energije, isključujući sve direktne aktivnosti opremanja, komercijalizaciju potrošnih aparata ili izvršenje unutrašnjih instalacija potrošača.

Ova shema ostaje teoretska, ako ne vodimo računa o kontekstu administrativnom i lokalne politike, što može dovesti do većeg broja službenika, pa čak i do organizacije na tri hijerarhijska nivoa. Pri svemu tome ostaje, kod sadašnjeg stanja tehnike transporta i informativnih veza, da formula organizacije na dva hijerarhijska nivoa osigurava službu distribucije u zadovoljavajućim uvjetima sigurnosti za potrošače i zadovoljavajućem gospodarenju za distributera.

4. Zaključak

Došavši do kraja s ovim opisom, autori osjećaju da je njihova studija ostala površna. U konfrontaciji raznih rješenja koje daje praksa općim problemima koji su se bili postavili, proizlazi da je situacija lokalne sredine — politička, socijalna, gospodarstvena — ona koja odlučuje o izboru potpune i industrijske organizacije. Autori su u svojim razmišljajima bili dovedeni do ograničenja svoje ambicije iskazom nekih glavnih linija koje su prihvatljive za zajednički nazivnik organizaciji raznih službi distribucije električne energije — nadajući se, da će neke primjedbe dane u elaboratu, pomoći u ličnim razmišljajima onima koji su zaduženi da organiziraju ove službe, svakim danom sve vitalnije, za gospodarstvo modernih industrijskih zemalja.

STUDIJSKI KOMITET ZA TARIFE

Grupa referata br. 60

Nakon kongresa u Cannes-u komitet je zaključio da svoju djelatnost protegne na slijedeće teme:

— Strukturu tarife na visokom i niskom naponu
— Pitanja financiranja
— Upravljanje
— Određivanje pojmova
— Globalnu produktivnost elektroprivrede
— Kvalitetu dobave
— Vrijeme obračuna
— Tarife u velegradovima.

Komitet je zadužio malu grupu eksperata da prouči kvalitetu napajanja sa gledišta potrošača, da pri tom uzme u obzir iskustva na tom polju stečena u Francuskoj, Eegleskoj i Švedskoj.

Na kraju je Komitet odlučio da stavi u svoj program rada istraživanje o razvoju cijene struje u posljednjim godinama.

Komitet je Kongresu prezentirao referate br. 60, 60.01, 60.02, 60.03, 60.04 i 60.1 (detaljnije vidi Energija, br. 9—10, 1973).

Sažetak diskusije na kongresu:

1. Nova Švedska tarifa

U diskusiji se govorilo o novoj švedskoj tarifi. Pokazalo se naime, nastojanje da se jednaki tarifni princip uzme za tarifu na visokom i na niskom naponu i u Švedskoj će vjerojatno uskoro biti takav tarifni princip prihvaćen.

a) Tarifna struktura

Provedene analize su pokazale da se ukupni troškovi mogu podijeliti u 4. grupe. Grupe bi bile:

— Troškovi potrošača (plaćanje za pokriće troškova mjerenja, ispostave računa i jednog dijela nedijeljivih troškova).
— Cijena prijavljene snage. Ta je cijena ovisna o srednjoj vrijednosti dvaju najvećih mjesečnih vrhova u trajanju od 1 sat.
— Cijena udjela snage u vrhu opterećenja mreže. Ova je cijena ovisna o srednjoj vrijednosti četiriju najvećih mjesečnih opterećenja potrošača koja traju 6 sati.
— Cijena po potrošenom kWh. Ova cijena pokriva troškove ovisne o proizvodnji za vrijeme niskih opterećenja, uključivši i prijenosne gubitke.

Bitna je novost uvođenje cijene snage koja predstavlja udio opterećenja potrošača u vrhu opterećenja mreže.

Uzimanjem mjernog razdoblja od 6 sati dobiva se u pravilu približna vrijednost udjela opterećenja dotičnog potrošača u vrhu opterećnja cijelog sistema. Uzimanjem pak srednje vrijednosti od 4 mjerna razdoblja, dobiva se još veće približenje vrijednosti udjela snage u vrhu.

2. Ukupna produktivnost distributivnih poduzeća

Predstavnici EdF su objavili da je izrađena studija o ukupnoj produktivnosti distributivnih poduzeća. Rezultati će biti sređeni i objavljeni u roku od godine dana.

3. Sigurnost napajanja

Prema gledanju predstavnika EdF nije potrebno da distributivno poduzeće teži za postizavanjem najviše moguće sigurnosti dobave. Mnogo je važnije da se nađe optimalni odnos troškova i sigurnosti napajanja. EdF je provela istraživanje da bi utvrdila koji troškovi nastaju kod potrošača kod ispada 1 kWh, uslijed kvara. Rezultati ovih istraživanja utjecat će na izbor aparata koji će se ugraditi u mrežu. Izgleda da postoji korelacija između troškova zbog neisporučenog kWh kod potrošača i učestalosti i trajanja prekida u mreži.

STUDIJSKI KOMITET ZA RAZVOJ UPOTREBE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Grupa referata br. 70

Komitet je kongresu u Haagu podnio referate broj 70, 70.01 do 70.08 i 70.1, i referate grupe 71, Podkomiteta za izučavanje krivulje opterećenja. Na kongresu se vodila diskusija u čijem su središtu bila pitanja izobrazbe inženjera u odnosu distribucija — potrošač, problemi marketinga i perspektivnog razvoja.

U vezi s problemima izobrazbe inženjera vladalo je mišljenje da njihova izobrazba mora biti na nacionalnom ili regionalnom nivou, jer obuhvaćanje osebina distributera i potrošača na internacionalnom nivou nije opravdano. Potrošači žele rješavati svoje probleme s izučenim inženjerima, a ne trgovcima.

Diskusija o ciljevima na relaciji distributer — potrošač pokazala je suprotna gledišta. Dok predstavnici nekih zemalja smatraju da je razvoj tržišta glavna svrha marketinga, Van den Akker (NL) je postavio pitanje ne pada li ovakvo nastojanje u djelokrug proizvođača trošila, a zadaća je distributivnih poduzeća da upravljaju tržištem. Marketing valja danas usmjeriti prema razumnoj upotrebi električne energije, rekao je Stoy (D), tj. propagirati trošila sa specifički niskom potrošnjom električne energije. Bogatstvo neke zemlje ne bi se u budućnosti trebalo procjenjivati po kvantiteti, npr. potrošku kWh/stan. i godini, već po kvaliteti korištenja električne energije.

Osim toga EdF još podstiče potrošnju u industriji sudjelujući u investicijama.

Što se pak tiče prognoza izraženo je mišljenje da se desetogodišnje podvostručenje potroška iz prošlog razdoblja neće i ne smije nastaviti u budućnosti. Doduše u taj se zakon podvostručenja još danas vjeruje kao u neki prirodni zakon, ali kako će se trend porasta razvijati u budućnosti danas nije jasno. Lienhard (CH) je iznio kao primjer za Švicarsku da bi donesene mjere švicarske vlade, kao ograničenje kredita i strane radne snage, mogli osjetljivo utjecati na budući porast potroška električne energije. Značajan će faktor predstavljati i cijena električne energije u budućnosti.

U vezi s istraživanjem krivulje opterećenja zamolio je predsjednik Podkomiteta prisutne da potpomognu njegov rad davanjem odgovarajućih brojčanih podataka za slijedeća istraživanja industrijskih grupa:

— proizvodnja i obrada umjetnih masa
— rashladni uređaji
— rafinerije
— strojogradnja.

STUDIJSKI KOMITET ZA STATISTIKU

Grupa referata br. 80

Komitet je svoje radove usmjerio na proučavanje neraspoloživosti uređaja u proizvodnji i prijenosu električne energije. Dvije grupe eksperata, već prije formirane, nastavile su s proučavanjem neraspoloživosti termo i hidro elektrana. Formirana je i treća grupa za proučavanje neraspoloživosti prijenosnih uređaja. Kongresu su podneseni referati 80, 80.01, 80.02, 80.03.

Diskusija na Kongresu vodila se o slijedećem: Utvrđeno je da se željeni podaci i obavještenja mogu davati samo jedanput dnevno i to u 8 sati ujutro. Ne treba sakupljati nikakve podatke osim onih koje dispečeri trebaju za sastavljanje pogonskog programa.

Bilo je predloženo da se učini statistika o zakašnjenju stavljanja u pogon novih elektrana, jer takva usporavanja imaju sličnu posljedicu kao ispadi postojećih uređaja.

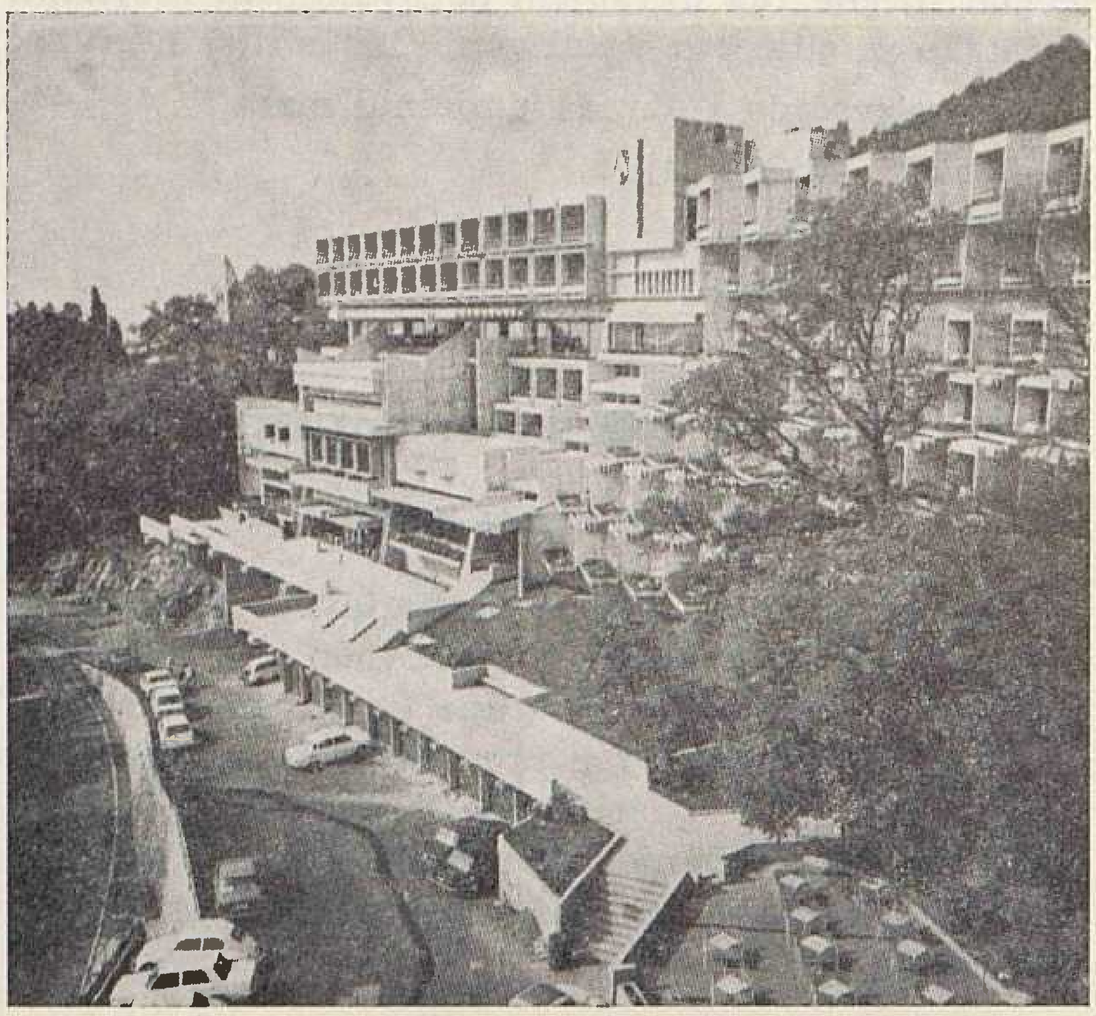
Kod hidroelektrana trebalo bi preispitati klasifikaciju učinjenu prema trajanju punjenja bazena ili njihove akumulacione sadržine.

Kod elektrana u lancu mora se računati s efektivnim raspoloživim mogućnostima njihovog daljinskog upravljanja, kako bi bile bez posade.

Kod neraspoloživosti u domeni prijenosa mora se istražiti utjecaj dužine prijenosnog voda na njegovu raspoloživost. Takva studija već je u obradi.

Predloženo je, da se statistika kvarova protegne na kabele i nadzemne vodove do napona od 200 kV.

B. Markovčić



Zgrada u Opatiji u kojoj je održano savjetovanje

Od 22. — 25. X 1973. godine održano je peto Savjetovanje o prijenosnoj 380, 220 i 110 kV mreži SFRJ u Opatiji.

Ovo Savjetovanje, kao i prethodna četiri održana 1963. u Portorožu, 1967. u Budvi, 1969. u Primoštenu i 1971. u Sarajevu, dalo je značajne rezultate. Na Savjetovanju su izmijenjena iskustva i postignut dogovor o budućem načinu rada u vezi s planiranjem razvojem, projektiranjem, izgradnjom i eksploatacijom prijenosne mreže najviših napona. Problematika je vrlo kompleksno obrađena u 55 referata, a prisutno je bilo oko 270 učesnika, što je znatno više u odnosu na Sarajevo, kada je bilo 44 referata, a učesnika 220.

Organizaciju pripreme Savjetovanja, obradu, tiskanje i dostavljanje referata, kao i organizaciju rada Savjetovanja, izvršila je Zajednica jugoslavenske elektroprivrede. Organizaciju smještaja učesnika, kao i osiguranje radnih prostorija i svih ostalih uvjeta za nesmetan i uspješan rad Savjetovanja, preuzelo je poduzeće »Elektroprenos« — Matulji.

VI Savjetovanje o prijenosnoj mreži SFRJ, održat će se 1976. godine (da ne bi došlo do preklapanja sa XI Savjetovanjem JNK CIGRE, što se održava 1975. godine). Domaćin će biti »Elektroprenos« — Zagreb. Točno mjesto i datum održavanja VI Savjetovanja bit će naknadno dogovoreno.

Zaključci:

1. Konstatirano je, da sredstva što su dosad bila ulagana u prikupljanje stvarnih podataka klimatoloških parametara nisu bila dovoljna. Smatra se, da bi veća ulaganja u nabavke anemografa, maksimalnih anemometara i ispitnih stanica za zaleđivanje bila višestruko korisna i isplativa.
2. Radi sistematizacije podataka o havarijama na dalekovodima prouzrokovanih meteorološkim prilikama, potrebno je da se putem Komiteta br. 22 JNK — CIGRE (nadzemni vodovi), donese konačan oblik obrasca za ovaj izvještaj.
   Izvještaje o havarijama valja dostavljati Hidrometeorološkoj službi ZJE koja će svake godine tiskati godišnji izvještaj o havarijama na dalekovodima u Jugoslaviji.
3. Preporučuje se svim prijenosnim organizacijama da Hidrometeorološkoj službi ZJE redovno dostavljaju podatke o meteorološko-klimatološkim parametrima postojećih i budućih trasa dalekovoda radi stvaranja podloga za rajonizaciju područja SFRJ. Ovakvi podaci poslužibi bi elektroprijenosnim poduzećima i kao pokazatelj na kojim bi postojećim dalekovodima valjalo proučiti meteorološke uvjete pod kojima su građeni i po potrebi pristupiti rekonstrukcijama.
4. ZJE bi trebala uz pomoć Studijskog komiteta br. 22 JNK — CIGRE da osigura jedinstvena tumačenja propisa o izgradnji dalekovoda u zemljotresnim zonama.
5. Konstatiranje da je do velikog broja oštećenja na mjernim transformatorima došlo i zbog njihove otvorene izvedbe. Potrebno je, da proizvođači mjernih transformatora stave korisnicima na raspolaganje upute za rukovanje.
6. Bilo bi korisno da se preko ZJE prikupe podaci i zauzmu stavovi o primjeni pogodnih načina protupožarne zaštite.
7. U razdoblju energetske prenapregnutosti sistema i poodmaklog vijeka opreme u postrojenjima, od velike su važnosti preventivna ispitivanja. Posebno se ističe potreba i korist termovizijskih ispitivanja postrojenja, zatim ulja (uključujući i hronomatografska ispitivanja), kao i ispitivajna izolacionih sistema transformatora. Pri tom bi bili korisni pouzdani i ujednačeni kriteriji za procjenu dobivenih rezultata.
8. Pokrenuta pitanja mogućnosti smanjenja izolacionih nivoa mreže 380 kV zaslužuju punu pažnju, posebno zbog predstojećih znatnih investicionih ulaganja u drugoj fazi izgradnje 380 kV mreže. Ova su pitanja veoma važna sa stanovišta ekonomičnosti izgradnje.
   Stoga se preporučuju istraživanja u tom smislu.
9. Konstatirana je sve veća ugroženost rada postrojenja zbog zagađenja zraka, u gotovo svim oblastima zemlje. Stoga se nameće potreba za neposrednom organiziranom akcijom Elektroprivrede Jugoslavije na stručnom izučavanju i rješavanju ovog problema. Preporučuje se da se u rješavanju ovih problema svakako angažira radna grupa Studijskog komiteta br. 33 JNK — CIGRE, koja se u okviru svoga stručnog rada već bavi ovom problematikom.
10. Ovisno o općim zahtjevima što se postavljaju u mreži prijenosa najviših napona, kada se primijenjuju uređaji koji zahtijevaju vjeran prijenos veličina, valja posebnu pažnju obratiti svim ele-

mentima lanca npr. mreži, njernim transformatorima i relejima, te izvršnim organima.

11. Zaštita vodova od preopterećenja ne završava se relejom, već obuhvaća pitanja propisa izgradnje dalekovoda, tehnologije primijenjenog materijala i mogućnosti konstrukcije aparata, koji mora biti u stanju da prati stalnu promjenu svih elemenata koji utječu na povećanje provjesa. Sadašnja tehnologija omogućuje izgradnju odgovarajućih releja, stoga ovo pitanje valja pokrenuti preko Studijskog komiteta 22 za vodove i 23a za zaštitu JUNAKO — CIGRE.
12. Za dokumentirano odlučivanje u daljem radu u elektroprivredi nužna je suvremena statistika, jednoobrazna i direktno uporediva na nivou JUGEL-a. Statistika mora obuhvatiti sva područja radi što manje istovjetnih podataka, a da pri tome bude zagarantirana kvaliteta rezultata. To vrijedi i za znanstveno-tehničke, ekonomske i druge informacije potrebne za eksploataciju i planiranje u elektroprivredi.
13. Utvrđuje se, da je opravdano uvesti zaštitu sabirnica u posebno odabranim postrojenjima mreža najviših napona. Preporučuje se pravovremena izobrazba osoblja pri uvođenju uređaja nove tehnologije, kako bi se izbjegle krive procjene o njihovoj kvaliteti.
14. Veće zahtjeve za sigurnu opskrbu potrošača električne energije, u skladu s važnošću konzumnog područja, valja udovoljiti, uzimajući u obzir ocjenu rizika. Valja nastojati da primjena računa sigurnosti energetskog sistema postane stalna metoda rada i da dobije odgovarajuće mjesto u eksploataciji i razvoju, i da se u ZJE predvide za svaku godinu određena sredstva.
15. Strujnu kompenzaciju kod transformacije valja sprovoditi u najužoj suradnji s distributivnim poduzećima uz upotrebu modernijih aparata.
16. Ispitivanja odvodnika prenapona u pogonu su potrebna i veoma korisna. Potrebno je točnije definirati učestalost ispitivanja odvodnika, ne samo sa stanovišta zadovoljavanja propisa o održavanju elektroenergetskih postrojenja, već i sa stanovišta ispravnosti i rizika.
17. Zaključuje se, da je potrebno »ubrzati rad na donošenju drugog izdanja standarda JUS — N B2.050 »Ventilni odvodnici prenapona« na osnovi preporuka IEC 99 — 1/70, te pri izboru karakteristika odvodnika, uvažiti posebne pogonske uvjete u mreži.
18. Utvrđuje se, da je nužno formirati komisiju za standardizaciju i tipizaciju električnih shema i dokumentacije postrojenja. U komisiji moraju biti zastupljeni svi predstavnici zainteresiranih projektantskih organizacija i elektroprivrede.
19. Konstatira se, da su novčana sredstva ulagana za automatizaciju vrlo malena. Preporučuje se, da se ova ulaganja povećaju, jer se s povećanim ulaganjem mogu očekivati i daleko bolja sistematska rješenja.
20. Preporučuje se elektroprivrednim organizacijama da stručne službe obrate posebnu pažnju novim tehničkim disciplinama — obrada informacije, i da se to i organizaciono riješi. Prije šire primjene suvremenih računskih i specijalnih statističko-informacijskih tehničkih sredstava u velikom broju središta u elektroprivredi, potrebno bi bilo steći prethodna iskustva na nekim reprezentativnim modelima. Razrada metodološkog koncepta obrade i analize podataka, brzina i redoslijed uvođenja računala, način pribavljanja računskih strojeva, odnosno uključenja u veće računske centre, mreža za prijenos podataka koji zahtijevaju obradu u stvarnom vremenu, nivoi na kojima će se stvarati banke podataka, sistem školovanja kadrova, itd.
21. Smatra se, da je svaki oblik upravljanja (pojedinačno, upravljanje karakterističnim poljima, upravljanje sekvencijama, itd.), dobar i preporučljiv kada omogućuje sistemsko rješenje i kada je kompatibilan s uređajima za obradu podataka.
22. Rad na tehničkim propisima i standardima je stalan i važan zadatak, jer je kampanjski rad nedovoljan. Sadašnja organizacija ovog posla u ZJE, zbog nedostatka dovoljnog broja stručnjaka koji bi isključivo radili na ovom zadatku, ne osigurava brzu i širu akciju na ovom području. Prilikom potpisivanja Samoupravnog sporazuma o udruživanju u Zajednicu jugoslavenske elektroprivrede, nužno je riješiti ovaj problem i organizaciono i kadrovski.
23. U posljednjih nekoliko godina prilično se afirmirao rad na propisima pojedinih radnih grupa stručnjaka iz udruženih poduzeća i taj je rad urodio i plodom, što se vidi iz broja objelodanjenih internih pravilnika i tehničkih uputa. Takav sistem rada valja u potpunosti predvidjeti i u planu rada ZJE za 1974. godinu, i osigurati organizacionu i materijalnu osnovu.
24. Zbog što bržeg donošenja izmjena propisa, predlaže se, da se ne donose uvijek novi propisi, već samo dopune pojedinih članova postojećih propisa.
25. S obzirom na moguće direktno i kumulativno biološko djelovanje električnog polja industrijske frekvencije na zdravlje ljudi koji rade na visokonaponskim postrojenjima, 380 kV, potrebno je radi zaštite zdravlja, donijeti odgovarajuće propise, a na osnovi rezultata istraživanja naučnih institucija u svijetu koje se bave problemima djelovanja električnog polja na ljudski organizam.
26. Smatra se da je neophodno u našim propisima za pogon i održavanje odrediti sigurnosne udaljenosti kod radova u neposrednoj blizini napona. Zadužuje se ZJE da preko odgovarajućih stručnih grupa i stručnih tijela, izradi dopunu propisa i zatraži njihovo usvajanje.
27. S obzirom na povezanost elektroprivrede s cjelokupnim životom i razvojem zemlje, bilo bi potrebno pri rješavanju, kako tekuće eksploatacije, tako i planiranju njegovog perspektivnog razvoja, primjenjivati interdisciplinarni prilaz. Posebno se preporučuje da ZJE u okviru ugovora s Međunarodnom bankom za obnovu i razvoj o izgradnji mreže 380 kV, a u dijelu koji se odnosi na pro-

učavanje informativno-upravljačkog sistema, razmotri mogućnost detaljnije razrade ovog prilaza. Kao dalja konkretna primjena, predlaže se ovim interdisciplinarnim prilazom obuhvatiti područje meteoroloških i hidroloških uvjeta s gledišta elektroprivrede.

28. U elektroprivredi Jugoslavije je neophodno, putem sistemskog i stalnog rada, prići obradi terminologije i definicija za pojedina područja elektroenergetike, uz uključenje u odgovarajuće komitete za statistiku, informacije i terminologiju međunarodnih elektroprivrednih i drugih srodnih organizacija, kao što su UNIPEDE, UCPTE, CIGRE, OUN, IEC, OECD, ILO, UNIDO, UNESCO i dr. Trebalo bi što prije, u okviru ZJE, pristupiti tiskanju onih terminologija i definicija za koje su završeni rukopisi srpskohrvatske verzije (npr. UNIPEDE, UCPTE i dr.), kako bi bili pristupačni svim stručnim kadrovima u jugoslavenskoj elektroprivredi i poslužili za formiranje odgovarajućih terminologija i definicija i drugih jezičnih područja u Jugoslaviji.

29. Proučavati i dalje razvijati sistem za kompleksno automatsko reguliranje frekvencije, snage razmjene i energije u razmjeni radi povišenja kvalitete operativnog upravljanja sistemom. Valja početi sa sistematskim proučavanjem stabilnosti našeg sistema u paralelnom radu sa sistemima susjednih zemalja.

30. Problem reaktivne snage valja rješavati kompleksno i optimalno na svim naponskim nivoima. Posebno valja istaći taj problem u zapadnom dijelu jugoslavenskog sistema, na koji je već mnogo puta ukazano, ali još nije ništa učinjeno.

31. Verificirati kod postojećih generatora mogućnost rada u potpobuđenom području, kako bi se s tim vrijednostima moglo realno računati. Kod novih generatora dogovoriti te mogućnosti s proizvođačem.

    Za verifikaciju mogućnosti rada postojećih generatora angažirati proizvođače opreme i stručnjake iz elektroprivrede i instituta i po potrebi izvršiti odgovarajuća ispitivanja. Preporučuje se da se kod novih generatora predvidi mogućnost rada u potpobuđenom stanju u ekonomsko-tehničkim granicama.

32. Ubuduće problem potreba prigušnica u mreži Jugoslavije rješavati na temelju kompleksnih studija mreže, odnosno studija koje se odnose na napone i reaktivne snage u sistemu, shvaćajući prigušnice kao jedno od sredstava za reguliranje napona i reaktivne snage. Nakon toga mogla bi se izvršiti i verifikacija postojećeg prijedloga lokacija prigušnica. Ovaj rad sprovesti i za drugu etapu 380 kV mreže, kao i za daljnje etape.

33. Superponiranu mrežu valja studirati i rješavati obuhvaćanjem što većeg područja po mogućnosti jugoslavenskog elektroenergetskog sistema.

34. S obzirom na minimalnu primjenu mrežnog planiranja i upotrebu elektroničkih računala u prijenosnim elektroprivrednim poduzećima, uporno svladavati osnovne prepreke uvođenju ove tehnike kao suvremene i pouzdane metode razvoja organizacije i obujma njihove unutrašnje strukture.

35. Osnivati jezgre i punktove budućih timova i školovati ih radi realizacije poslova novim načinom planiranja uz korištenje elektroničkih računala. Pri tom obvezno predvidjeti spoj procesnih računala i onih za opću upotrebu.

36. Vršiti etapno reorganizaciju i prestruktuiranje osnovnih organizacija s obzirom na nove forme rada vodeći računa o stalnom uzdizanju kadrova i njihovom postupnom uvođenju u programirano i automatizirano polje rada.

37. Uvođenje moderne tehnike mrežnog planiranja i korištenje računala ne treba da bude samo sebi svrhom već sredstvo za racionalno korištenje sredstava i smanjenje troškova eksploatacije i okosnica modernizacije rada kao permanentnog procesa. Stoga Savjetovanje preporučuje svim investitorima da kod licitiranja, ugovaranja i izgradnje velikih elektroprivrednih objekata primijenjuju, a od izvođača uvjetuju primjenu metode tehnike mrežnog planiranja.

38. S obzirom na brzi porast i veliki značaj prijenosne mreže i prateće problematike koja se odnosi na razvoj i eksploataciju prijenosne mreže i energetskog sistema, proizlazi da u budućem radu ZJE valja dati prioritet ovim problemima i potrebnim kadrovima za obavljanje tih poslova.

B. M.

IV. SAVJETOVANJE O ENERGETSKIM KABELIMA

Jugoslavenski nacionalni komitet CIGRE organizirao je od 3. do 6. prosinca 1973. u hotelu »Medena« kod Trogira IV Savjetovanje o energetskim kabelima. Savjetovanju je prisustvovalo oko 350 učesnika, a održano je 25 referata. Bila je organizirana i prigodna izložba, na kojoj je posebnu pažnju pobudila firma Raychem, svojim proizvodima od ioniziranih termoplasta.

Organizirano je i nekoliko stručnih ekskurzija.

Referati su podijeljeni i o njima se diskutiralo u pet grupa, a mi ćemo se ograničiti samo na citiranje zaključaka.

Grupa I: Konstrukcija kabela i kabelskih materijala

1. Uz suradnju proizvođača kabela što prije pripremiti jugoslovenski standard za samonosivi kabelski snop.
2. Uz suradnju kolega iz distribucije i Jugoslovenskog zavoda za standardizaciju pripremiti tehničke propise koji dozvoljavaju korištenje samonosivog kabelskog snopa sa vješanjem o nulti vodič.
3. Na osnovi dogovora proizvođača i distributera unificirati presjeke vodiča za samonosivi kabelski snop.
4. Pitanje pribora koje se sada rješava uvozom treba što prije riješiti s domaćim proizvođačima.

5. U diskusiji koja je vođena o pitanju parcijalnih pražnjenja, proizvođači kabela su prihvatili zajedničku obvezu da ispitivanje i mjerila za kvalitet budu točno prema IEC 20A (Central Office) 39.
6. Što prije pripremiti i izdati jugoslavenski standard za ispitivanje parcijalnih pražnjenja usklađen s metodama i zahtjevima kriterija za kvalitet sa spomenutim dokumentom IEC 20A (Central Office) 39.
7. Kako se u većoj mjeri krenulo s korištenjem izolacija na osnovi etilen-propilen u sve tri tvornice kabela se nameće i hitna potreba izrade i izdavanja jugoslavenskog standarda za kabele s izolacijom na bazi etilen-propilena.

Grupa II: Kabelski pribor i polaganje kabela

1. U današnjem stepenu razvoja kabeli sve češće nailaze na vodne i razne druge prepreke, pa ova problematika postaje sve interesantnija. Valja nastaviti s izučavanjem ove problematike i prikupljanjem podataka o ponašanju položenih kabela ispod vodnih tokova, na mostovima i na drugim prijelazima prepreka.
2. Predložiti Studijskom komitetu da se na osnovi prikupljenih materijala iz dosada objavljenih referata izrade »Smjernice« za rukovanje i polaganje kabela uz primjenu mehanizacije.
3. Kod primjene mehanizacije za polaganje kabela valja posvetiti naročitu pažnju sigurnosnim mjerama, kojima će se isključiti mogućnost prekoračenja dozvoljene vučne sile (mehanički osigurači, izbacivači registratori i sl.).
4. Valja šire publicirati i uskladiti propise s današnjim dostignućima na području kabelske tehnike.

Grupa III: Eksploatacije kabela

1. Za efikasno mjerenje toplinske vodljivosti tla preporuča se primjena mjerenja toplinske vodljivosti tla analognim poljima električnog potencijala.
2. Potvrđuje se prisutnost štetnog djelovanja lutajućih struja na podzemne instalacije, pa se preporuča primjena specijalnih i općih mjera za zaštitu od lutajućih struja, kao i katodne i protektne zaštite. Pokazuje se potreba izdavanja pozitivnih tehničkih propisa u oblasti lutajućih struja, te katodne i protektne zaštite.

   Predlaže se izrada studije za zaštitu podzemnih instalacija od lutajućih struja i agresivnosti tla. Efikasna zaštita postiže se samo aktivnim i pasivnim zaštitama sa isisavanjem lutajućih struja.
3. I nadalje valja izolaciji kabela i mjerenju dielektričnih i termičkih fenomena posvetiti punu pažnju, kako bi se kvalitet izolacije poboljšao.
4. Preporuča se ispitivati stanje izolacije kabela povremenim ispitivanjima osnovnih parametara (tg delta i ispitni napon). Potrebno je izdavati svim zainteresiranim ateste o ispitivanju vrijednosti parcijalnih pražnjenja.
5. Preporuča s primjena modernih izolirajućih materijala za proizvodnju kabelskih ormara.

   Potrebno je kompletno riješiti zaštitu od dodirnog napona, prema danim uvjetima pojedine mreže.
6. Korisno je uzeti kod proračuna izbora presjeka kabela vjerojatni dijagram opterećenja i vremensku konstantu zagrijavanja kabela, ukoliko to nije u suprotnosti sa standardizacijom presjeka i ekonomskim razlozima.

Grupa IV: Kabelske mreže

Ova je grupa podijeljena u četiri podgrupe, u okviru kojih su doneseni slijedeći zaključci:

Podgrupa 4.1. Studijske podloge za oblikovanje i dimenzioniranje kabelskih mreža

1. Potrebno je istražiti pitanje određivanja po mogućnosti jedinstvenog presjeka kabela 110 kV gradskih mreža, uzimajući u obzir potrebe dalje budućnosti, ekonomične gustoće struje i što manjih godišnjih troškova.
2. Valja požuriti rad na izboru odgovarajuće izvedbe kabela za naše gradske mreže 110 kV. Pododbor za ovo pitanje morao bi svoj prijedlog dati najkasnije na savjetovanju CIGRE u Budvi g. 1975.

Podgrupa 4.2. Smjernice za projektiranje i izgradnju kabelskih mreža

1. Za podmorske kabele 110 kV veće dužine imali bi pred uljnim kabelima prednost ne samo plinski, nego i polietilenski kabeli. Zbog malog iskustva na tom polju valja nastojati, da se i na slijedećim savjetovanjima iznose naša i inozemna rješenja i iskustva s podmorskim kabelima 110 kV, kao i napredak u proizvodnji polietilenskih kabela, napose podmorskih.

   Slično vrijedi i za kabele 110 i 220 kV za gradske mreže.

Podgrupa 4.3. Pogon kabelskih mreža

1. Valja nastojati, da se u budućnosti više pažnje i vremena posveti pitanjima kabelskih mreža izradom većeg broja referata i duljim razmatranjem ne samo takvih referata, nego i referata ostalih grupa ukoliko dotiču pitanja kabelskih mreža.
2. Bilo bi korisno, da se prikažu prednosti elektroničkih računala, kao i brojni već izrađeni i upotrebljavani programi za dimenzioniranje dijelova mreže, ustanovljivanje pogonskih prilika, itd.
3. Poželjno bi bilo, da se opet na ovim savjetovanjima pojave referati s obradom tvorničkih, brodskih i dr. mreža, a ne samo javnih razdjelnih.

Podgrupa 4.4. Kvarovi i zaštita kabelskih mreža

1. Studijski odbor ili naš pododbor trebao bi odgovarajućim upitnicima prikupiti podatke o kvarovima u kabelskim mrežama prema uzorcima, vrsti i posljedicama kvarova, obraditi ih statistički i iznijeti na slijedećem savjetovanju.
2. Smatramo da bi bilo korisno, da se provode mjerenja temperatura kabela, u prvom redu na mjestima gdje se kabeli nalaze u nepovoljnim prili-

kama (gomilanje kabela, prolaz veće dužine u cijevi ili sl., blizina toplovoda itd.). Valjalo bi poduzeti mjere da se pronađu ili izrade odgovarajući mjerni uređaji.

3. Sa svim našim zaključcima valja na odgovarajući način, makar stavljanjem na raspolaganje naših zbornika savjetovanja, upoznati i ona poduzeća i ustanove čiji predstavnici ne sudjeluju na našim savjetovanjima, pa još uvijek ne primjenjuju najnovija na njima iznesena, predložena i prihvaćena rješenja.

Grupa V: Standardi, propisi i tehničke preporuke

1. Prihvaćaju se preporuke za primjenu energetskih kabela u distributivnim mrežama napona 1 kV, 10 kV, 20 kV i 35 kV, koje obuhvaćaju slijedeće:

1.1. Preporuku za spajanje kabela s aluminijskim vodičima.

1.2. Preporuku za izbor presjeka vodiča aluminijskih kabela.

1.3. Preporuku za izbor tipova kabela.

1.4. Preporuku za izbor razvodnih ormara i kućnih priključnih ormarića.

2. Predlaže se da točka 4 Preporuka iz referata R 5.02 bude usvojena kao PRIJEDLOG KOMISIJI ZA IZRADU PROPISA ZA POLAGANJE, OBILJEŽAVANJE I MEHANIČKU ZAŠTITU KABELA.

2.1. Polaganje energetskih kabela može biti na uobičajeni način bez sloja pijeska u posteljici. Preporučuje se da u kabelski kanal bude postavljen sloj usitnjene zemlje debljine 10 cm, na koji se položi kabel, a iznad njega još jedan sloj usitnjene zemlje debljine također oko 10 cm, bez ikakve mehaničke zaštite.

2.2. Gdje uvjeti to traže, na nekim dijelovima kabelske trase može se iznad kabela postaviti dopunska mehanička zaštita.

2.3. Iznad kabela 40—60 cm postavlja se cijelom dužinom trase plastična upozoravajuća traka širine 10—15 cm. Traka je izrađena od folija mekog polivinilklorida ili polietilena, a crvene je boje. Uzduž jedne strane po sredini valja otisnuti upozorenje velikim crnim slovima »POZOR ENERGETSKI KABEL«.

Natpis se ponavlja poslije razmaka od 100 mm, otisnut u obrnutom smjeru na istoj strani trake. Za traku od dvije folije natpis mora biti otisnut na površini između folija koje su međusobno termički spojene, tako da se natpis vidi s vanjske strane.

2.4. Materijal za traku i boja za natpis moraju biti otporni na vodu, kemikalije u zemlji, postojani i i mehanički izdržljivi, a ne smiju pucati na hladnoći. Vijek trajanja trake mora biti kao i kabela.

2.5. Kabelske trase, spojnice, promjene pravca, ukrštanje i sl. mogu se vidljivo obilježiti.

3. Zahtijeva se od proizvođača kabela i Jugoslavenskog zavoda za standardizaciju da donesu privremeni propis JUS N. C.5. — 230 za kabele s čvrstim dielektrikom 1 — 35 kV (termoplastični i umrežni polietilen i etilen-propilen), koji je do sada bio u pripremi.

Isto tako se zahtijeva da se donese privremeni standard za prateći kabelski pribor za ove kabele.

4. Zahtijeva se od studijskog komiteta br. 21 za energetske kabele da oformi radnu grupu, koja će dati Preporuke Komisiji za izradu propisa za polaganje energetskih kabela.

5. Zadužuju se proizvođači kabela da izrade prijedlog standarda za samonosive energetske kabele i provodnike.

Z. T.

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

F. Stattmann: **Fachwörter der Kraftwerkstechnik,** Teil II, **Kernkraftwerke,** Deutsch-English. Izdavač: Verlag Karl Thiemig — 8 München 90, svezak 48, godina 1973., 316 strana, format džepni, uvez kartonsko-celofanski, cijena 19,80 DM.

Ovo je druga knjiga iz serije njemačko-engleskih rječnika ove izdavačke kuće. Prvi se dio bavio terminologijom iz područja klasičnih termoelektrana, dok je u ovom drugom dijelu obuhvaćena njemačka i engleska terminologija nuklearnih elektrana.

Slični njemački rječnici iz područja nuklearne fizike i tehnike izašli su još negdje u doba početka radova na izgradnji nuklearnih elektrana u SR Njemačkoj, Švicarskoj i Austriji. Oni prema tome nisu mogli obuhvatiti terminologiju koja je nastala u međuvremenu. Ova knjiga obuhvaća najnoviji razvoj. Prvi su puta uzeti u obzir svi reaktorski tipovi projektirani i građeni u SR Njemačkoj, Švicarskoj i Austriji, uključujući i prvi njemački brzi brider reaktor SNR 300.

Izvori za ovaj rječnik su originalni tekstovi obilne tehničke literature. Sa svojih 7000 riječi ovaj drugi dio znatno premašuje prvi.

Knjiga se preporuča fizičarima, inženjerima i tehničarima koji se bave nuklearnom tehnikom.

B. Markovčić

G. Schnell: **MAGNETE — Grundlagen, Afbau, Anwendungen.** Izdavač: Verlag Karl Thiemig — München 1974, 236 str., 151 slika, 17 tabela, džepni format 11×17,5 cm, uvez karton-celofaniran. Cijena 24.— DM.

Polje primjene magneta vrlo je široko i prostire se od osnovnih istraživanja do tehničkih uređaja općenito. U knjizi su obhvaćene teoretske osnove, konstrukcije i primjena. Autor, koji je surađivao u evropskom nuklearnom razvojnom centru CERN, kod gradnje magneta različitih vrsta, sakupio je bogata iskustva, koja je koristio kod sastavljanja ove knjige.

Knjiga počinje teoretskim dijelom. Obrađen je proračun magnetskog polja na temelju zakona protjecanja i Biot-Savartovog zakona, grafički proračun magneta i proračun pomoću elektroničkih računala. U tom se dijelu govori o vrtložnim strujama i iznosi teorija supravodljivosti.

U poglavlju B o materijalima, govori se o utjecaju temperature i magnetskog polja na Cu i Al vodiče i na tehničke supravodiče. Zatim su obuhvaćeni izolacioni materijali, magnetski materijali i poluvodiči za Hallove sonde.

Tehnologija prigušnica, mjerenje magnetskog polja i kriotehnika su sadržaj poglavlja C.

U poglavlju D obrađeni su magneti bez željeza, svici kao energetski spremnici i vrlo visoka magnetska polja.

Magneti sa željezom predmet su posljednjeg poglavlja E. Tu se govori o posebnim osobinama željeza, laboratorijskim magnetima s homogenim poljem, nehomogenim poljima u elektronskoj optici te o permanentnim magnetima.

Knjiga je namijenjena inženjerima i tehničarima elektrotehnike, strojarstva i procesne tehnike koji se bave razvojem i istraživanjima. Vrlo je prikladna za fizičare sviju smjerova, a može služiti kao koristan udžbenik za studente sveučilišta i stručnih škola.

B. Markovčić

W. Schneeweiss: **Zuverlässigkeitstheorie, Eine Einführung über Mittelwerte von binären Zufallsprozessen.** Izdavač: Springer — Verlag Berlin — Heidelberg — New York 1973. Opseg: 144 stranice, 43 slike, 3 tablice, cijena 28 DM.

U knjizi je prikazana metoda određivanja pouzdanosti nekog sustava uz pomoć Bool-ovih slučajnih varijabli, koje mogu poprimiti samo dvije vrijednosti: 1 i 0. Vrijednosti 1 pridodaje se vjerojatnost da sustav funkcionira, tj. da je »spreman za pogon«, dok se vrijednosti 0 pridaje vjerojatnost, da sustav ne funkcionira, tj. da je »defektan«.

Na temelju poznatih raspoloživosti pojedinih elemenata određuje se na pregledan i relativno jednostavan način raspoloživost sustava.

Autor pretpostavlja da su čitatelju poznate osnovne postavke računa vjerojatnosti u opsegu, koji je normalan za elektroinženjere i fizičare. Ipak, u prvom poglavlju autor daje kratak prikaz s kratkim tumačenjem onih postavki računa vjerojatnosti, koje upotrebljava u knjizi.

Na početku autor navodi osnovne definicije iz tehnike pouzdanosti, a u drugom poglavlju pokazuje kako se Bool-ove funkcije varijabli stanja mogu promijeniti na osnovne oblike sustava: serijski i paralelni spoj elemenata, odnosno podsustava. Od tih osnovnih postupno se prelazi na složenije sustave (npr. sustav od 3 paralelna elementa, koji zadovoljava, ako su raspoloživa 2 elementa). Pokazan je način određivanja funkcijskah stabala, pomoću kojih se na jednostavan način iz varijabli stanja pojedinih elemenata dobivaju izrazi za varijablu stanja sustava.

U trećem je poglavlju pokazano određivanje pouzdanosti sustava, uzevši u obzir eventualnu ovisnost među podsustavima. Pouzdanost je prikazana kao očekivanje Bool-ove varijable stanja, pa je zbog linearnosti njezino određivanje jednostavno i pregledno. Autor se posebno bavi slučajem, kad ne postoji zavisnost među podsustavima.

Određivanjem raspoloživosti složenih sustava autor se bavi u četvrtom poglavlju, dok u petom uspoređuje prikazanu metodu s drugim metodama određivanja raspoloživosti.

U šestom poglavlju prikazano je određivanje srednjeg vremena trajanja pogona između dvaju ispada.

Sedmo poglavlje posvećeno je određivanju raspoloživosti i srednjeg trajanja pogona za posebne strategije popravka, odnosno remonta.

Često neki sustav ne mora biti uvijek raspoloživ nego samo u vrijeme kad postoji potražnja. Takav slučaj razmotren je u osmom poglavlju.

Na kraju, u devetom poglavlju, prikazani su neki jednostavniji programi za određivanje raspoloživosti na elektroničkom računalu.

Autor se ne bavi određivanjem eventualnih šteta zbog neraspoloživosti sustava, niti problemom djelomične raspoloživosti, tj. raspoloživosti sa smanjenim efektom — ta pitanja izlaze iz okvira knjige.

Knjiga je privlačna zbog jasnoće izlaganja, a prikazana metoda je zanimljiva za stručnjake, koji se bave problemima pouzdanosti sustava.

I. Keglević

K. Steinbuch, W. Rupprecht: **»Nachrichtentechnik«** (2. novo prerađeno izdanje). Izdavač: Springer (Berlin, Heidelberg, New York) 1973, 494 strane, 460 slika, format 24×17,5, uvezano, cijena 58.— DM, 23,80 $.

Knjiga daje dosta detaljan pregled telekomunikacione tehnike. Podijeljena je u četiri osnovna poglavlja.

U prvom poglavlju dani su podaci iz osnova elektrotehnike, teorije linearnih sustava i teoretske elektrotehnike. Zatim pregled prikazivanja napona i struja u vremenskoj i frekvencijskoj domeni, sinusoidalnog i nesinusoidalnog oblika. Nakon izlaganja osnovnih zakona elektrotehnike, dana je analiza linearnih mreža. Obrađene su i jednadžbe četveropola. U ovom dijelu su bez nekog posebnog razloga ubačeni i zakoni elektromagnetske indukcije.

U drugom dijelu ove knjige autori prikazuju osnovne elemente telekomunikacione tehnike: otpornike, kondenzatore, zavojnice, transformatore, piezoelektrične i magnetostrikcione elemente. Zatim se opet obrađuju linearne pasivne mreže, tj. sinteza i teorija filtera u skraćenom obliku. Treći dio ovog poglavlja posvećen je linearnim pojačalima, gdje se kao osnovni aktivni elementi analiziraju osnovne karakteristike elektronskih cijevi i tranzistora; dovoljno detaljno za potrebe inženjera-konstruktora. Ovdje su spomenuta i operaciona pojačala sa njihovim specifičnim karakteristikama. Na kraju drugog poglavlja dani su osnovni sklopovi impulsne tehnike. Impulsna tehnika je podijeljena na linearnu i nelinearnu, a nelinearna opet na sklopove s mogućnošću pamćenja i bez mogućnosti pamćenja. Kao sklopovi s mogućnošću pamćenja prikazani su monostabilni i bistabilni multivibratori te Schmittov okidni sklop. Na kraju poglavlja opisan je astabilni multivibrator.

Treće i četvrto poglavlje obrađuje uže područje telekomunikacija s time, da se u trećem poglavlju tretira prijenos, a u četvrtom obrada signala i teorija informacija.

Treće poglavlje počinje s potpoglavljem o elektroakustičkim pretvaračima i zatim se nastavlja s potpoglavljem o vodovima za prijenos signala i završava poglavljem o tipovima modulacije.

Posljednje, četvrto poglavlje, obuhvaća četiri potpoglavlja koja tretiraju: kodiranje i vrste kodova, teoriju informacija, logičku algebru i odgovarajuće sklopove logičke algebre, i na kraju teoriju i strukturu digitalnih sustava za obradu informacija.

Ova knjiga daje detaljan pregled područja telekomunikacione tehnike i može korisno poslužiti inženjeru koji radi u području telekomunikacija kao priručnik i podsjetnik onog gradiva koje je slušao na osnovnim kolegijima i na usmjerenju telekomunikacija. Isto tako knjiga može poslužiti korisno svakom inženjeru elektrotehnike bez obzira na usmjerenje, koji se pobliže želi upoznati ovim područjem. Za detaljniji studij na kraju svakog poglavlja dana je prilično opsežna literatura. Knjiga je pisana, iako sažeto, dosta pristupačno, koristeći se onim matematičkim aparatom, koji je svaki inženjer elektrotehnike imao prilike upoznati tijekom studija.

A. Šantić

Grupa autora: **PRAKTIČAR**. Knjiga 2. — Strojarstvo 1, Izdavač: Školska knjiga, Zagreb 197). Tvrdo uvezano, 1162 strane. Cijena 220.— d.

Ovo je druga knjiga biblioteke »Praktičar«, koja će imati 6 knjiga: Opći dio, Strojarstvo 1, Strojarstvo 2, Slaba struja, Jaka struja i Tekstil.

Knjiga sadrži 4 poglavlja: 1. Materijali (410 str.), 2. Tehnološki postupci (550 str.), 3. Mjerenja u tehnici (70 str.), 4. Ekonomika i organizacija (120 str.).

Poglavlje »Materijali počinje s metalima. Kao prvo obrađena je metalografija, pa građa metala i njihovih slitina. Posebno su sistematski prikazana opća svojstva metala: mehanička, magnetska i toplinska. Željezu i čeliku posvećeno je oko šezdeset strana. Dan je pregled vrsta željeza i čelika, utjecaj različitih primjesa na kvalitetu čelika, kao i utjecaj toplinske obrade. Zatim slijedi pregled specijalnih čelika. Na kraju ovog dijela prikazana je na ilustracijama metalografska građa nekih vrsta čelika.

Svojstva obojenih metala i njihovih slitina obuhvaćena su u posebnom poglavlju. Prikazano je mnogo tablica različitih slitina obojenih metala, a na kraju su izneseni podaci rijetkih metala: litija, berilija, cera, cirkona itd. Iza ovog općeg dijela dana je standardizacija metala s pregledom JUS standarda i tablicama za različite vrste čelika i njihovih izrađevina, kao npr. žica, traka, limova, cijevi i profila. Zatim su opisane metode nedestruktivnog i destruktivnog ispitivanja metala.

Obrađena su, nadalje, svojstva plastičnih masa i vrlo pregledno sistematizirane njihove vrste.

Potpoglavlje o nemetalima počinje s drvom, zatim obuhvaća prirodni i umjetni kamen, beton, staklo, kožu, kaučuk, papir, tekstilna i mineralna vlakna, boje, lakove i eksplozive.

Poglavlje o tehnološkim postupcima počinje obradom skidanja strugotina (tokarenje, blanjanje, bušenje, glodanje, brušenje itd.). Alatni strojevi za obradu metala vrlo su sistematski obrađeni, a posvećeno im je oko 140 strana, bogato ilustriranih crtežima. Kod plastične obrade metala obrađeno je kovanje, vučenje, savijanje, povlačenje i valjanje. Lijevanje je obu-

hvaćeno vrlo kompletno od kalupnih materijala, izrade kalupa, opisa peći za taljenje, do specijalnih postupaka kod lijevanja, itd. Zatim su opisani načini spajanja metala zavarivanjem, lemljenjem i lijepljenjem.

S obzirom na njihovu važnost, oko 40 strana je posvećeno preradi plastičnih masa.

Poglavlje završava projektiranjem tehnoloških procesa i opisom steznih i mjernih naprava.

Treće poglavlje govori o mjerenjima u tehnici. Navedeni su mjerni sistemi zatim mjerenje specifičnih težina, tlaka, dužina, površina, broja okretaja, zatim mjerenje snage, temperature, količina, električnih veličina i pH vrijednosti. Na kraju je opis analize plinova i mazivih ulja i masti.

Knjiga završava poglavljem »Ekonomika i organizacija poduzeća«. Ovdje se govori o sredstvima poduzeća, troškovima i kalkulacijama, zatim o organizaciji, upravljanju i rukovođenju. Nadalje je iznesena priprema i studij rada, održavanje i zaštita pri radu. Poglavlje završava s osnovnim uputama za prvu pomoć.

Iz izloženog se vidi obimnost građe kojom je pregledno, uz mnoštvo tablica i crteža, izložena osnova tehnologije materijala koja će biti dragocjena za svakog inženjera i tehničara strojarske struke.

Grupa autora: **PRAKTIČAR** — Knjiga 3 — Strojarstvo 2. Izdavač: Školska knjiga, Zagreb 1973. Tvrdo uvezano, 1590 strana. Cijena 370.— d.

Ovo je treća knjiga biblioteke »Praktičar« i druga knjiga o strojarstvu. Knjiga je razdijeljena u tri poglavlja, koja su označena prema poglavljima u prvom dijelu »Strojarstva«: 5. Elementi strojeva (710 str.), 6. Strojevi (510 str.), 7. Rukovanje materijalom (240 str.). Opseg materijala svakog poglavlja, kao što se vidi iz broja strana, obuhvaća u stvari sam za sebe po jednu opširnu knjigu. Poglavlje »Elementi strojeva« koncipirano je na klasičan način opisujući sistematski grupu po grupu elemenata strojeva. Poglavlje počinje opisom sredstava za spajanje, gdje su uključeni zavareni, lemljeni, lijepljeni i zakovani spojevi, te stezni i vijčani spojevi, zatim veze s glavinama, zaticima i svornjacima i konačno opruge. Kod sredstava okretnog gibanja uz osovine, vratila i rukavce, najviše je prostora posvećeno ležajevima, a zatim spojkama. U potpoglavlju »Prijenos snage« više od 100 strana je posvećeno zupčanicima,a obuhvaćeni su remenski i tarni prijenosi. Ovo opširno poglavlje završava cijevnim vodovima, zapornim organima, brtvima i stapnim mehanizmima.

U poglavlju »Strojevi«, najprije su sažeto i pregledno iznesena načela pretvorbe energije, a zatim slijedi potpoglavlje o proizvodnji pare, gdje su kompleksno obuhvaćeni kotlovi s opisom pomoćnih uređaja i pripreme vode.

Nakon uvoda i prikaza općih osnova stapnih strojeva, prelazi se na opis klasičnih parnih strojeva, zatim na motore s unutarnjim izgaranjem, a potpoglavlje završava izlaganjem o stapnim pumpama.

U potpoglavlju »Pogonski i radni rotacioni strojevi«, govori se o parnim i plinskim turbinama, o vodnim turbinama i turbopumpama. Kod svake vrste obrađenih strojeva dane su najprije teoretske osnove, principi rada različitih tipova, zatim osnovni proračuni i konstrukcije popraćeni mnogim crtežima. Obuhvaćena je također regulacija, važniji pomoćni uređaji, a dotaknuto je ukratko i područje upotrebe stroja.

U daljnjem dijelu ovog poglavlja obrađeni su tehnički izmjenjivači topline, cjevovodi pretvarači, te regulacija i centromatizacija.

Posebno je potpoglavlje posvećeno električnim transformatorima i strojevima. Iznijeti su principi rada pojedinih vrsta električnih strojeva i prikazani odgovarajući standardi i osnovne karakteristike, prvenstveno domaće proizvodnje. Materijal je sastavljen tako, da praktičaru olakša izbor odgovarajućeg električnog stroja za konkretne pogonske prilike i upoznavanje takvog stroja u pogonu.

U posljednjem poglavlju »Rukovanje materijalom« obrađena su transportna sredstva: dizalice, konvejeri, vitla, granici i različita industrijska vozila.

Na kraju su neke osnove o ambalaži i pakiranju, te osvrt na skladišta u strojogradnji.

Knjiga daje vrlo dobar pregled obrađene materije, a naročito će dobro doći inženjerima i tehničarima u industrijskim pogonima, gdje se susreću s različitim vrstama strojeva i njihovim pomoćnim uređajima. Moći će vrlo dobro poslužiti tehničarima, kojima strojarstvo nije struka, ali u praksi moraju raditi sa strojevima, odnosno brinuti se o njihovoj nabavi i održavanju. Potrebno je istaknuti i to, da su autori nastojali knjigu približiti upravo našem čitaocu, primjenom i iznošenjem JUS standarda i proizvoda naše industrije.

B. Markovčić

Prof. BORIS BELIN



U petak 8. ožujka iznenada je preminuo prof. Boris Belin, dipl. inž., izvanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, profesor naše Više tehničke škole i savjetnik Elektrotehničkog instituta »Rade Končar«.

Prof. Belin je rođen 12. 5. 1913. u Zagrebu. Osnovnu je školu i gimnaziju pohađao u Varaždinu, a diplomu inženjera elektrotehnike stekao je 1937. godine na zagrebačkom Tehničkom fakultetu. Od 1938. do 1941. radio je u poduzeću »Noris« u Zagrebu odakle se zbog ustaškog terora prebacio u Ljubljanu i otuda bio interniran u sjevernu Italiju.

Polovicom 1944. stupio je u redove NOVJ. Početkom 1945. upućen je u Šibenik, gdje je prionuo obnovi porušene tvornice aluminija u Lozovcu.

U tvornicu »Rade Končar« premješten je u siječnju 1946. i od tada stalno aktivno sudjeluje u svim fazama njenog rada i razvoja.

Svoju je djelatnost usmjerio na razvoj područja tehnike sklopnih aparata, kojim se u našoj zemlji dotad nije nitko bavio. Petnaest godina bio je na dužnosti šefa konstrukcije sklopnih aparata, u kojem je razdoblju konstruiran veliki broj novih proizvoda iz tog područja.

Osnutkom Elektrotehničkog instituta postaje upraviteljem zavoda za sklopne aparate. U nekoliko godina sa svojom je ekipom suradnika obogatio proizvodni program nizom originalnih suvremenih dostignuća.

Uočivši važnost specijalizacije mladih inženjera za područje aparata prof. Belin je već 1956. započeo na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu nastavu novog predmeta »konstrukcije električnih aparata«. Uvođenjem studija III stupnja preuzima nastavu iz predmeta »teorija električnih aparata«, a kasnije i predmeta »visokonaponski aparati«.

U travnju 1971. izabran je za izvanrednog profesora Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu. U stalnom nastojanju da još više proširi područje nastave iz sklopnih aparata prof. Belin je prije tri mjeseca prešao potpuno na fakultet.

Pedagoška djelatnost prof. Belina obuhvaća također i njegovo vrlo aktivno angažiranje na Višoj tehničkoj školi Rade Končar.

Prof. Belin aktivno je sudjelovao gotovo na svim stručnim skupovima iz sklopne tehnike. Posebno valja istaći angažiranje u Jugoslavenskom nacionalnom komitetu CIGRE i u Jugoslavenskom elektrotehničkom komitetu (JEK). U organizaciji CIGRE bio je stručni izvjestilac grupe aparata, a zatim predsjednik Studijskog komiteta 13. Od 1954. sekretar je Tehničkog odbora JEK-a 17 (sklopni aparati) i 17A (aparati visokog napona). U tom je svojstvu prisustvovao brojnim međunarodnim zasjedanjima IEC na kojima je zapažen njegov doprinos u diskusijama pa je izabran za člana jedne radne grupe te međunarodne organizacije.

Održao je niz vrlo značajnih stručnih predavanja u zemlji i nekoliko u inozemstvu (Parizu, Lenjingradu, Moskvi, Havani). Perfektno je vladao njemačkim, francuskim i talijanskim jezikom, a dobro se služio engleskim i ruskim.

Objavio je velik broj referata, stručnih članaka i studija iz područja teorije, konstrukcije, ispitivanja i primjene sklopnih aparata. Osim toga od 1957. bio je glavni urednik stručnog časopisa »Informacije Rade Končar«.

Za svoje velike zasluge na stručnom i znanstvenom polju primio je mnoga priznanja, među kojima i nagradu »Nikola Tesla« za 1968. Odlikovan je Ordenom zasluga za narod III stupnja i Ordenom rada sa srebrnim vijencem.

Prof. Belin bio je čovjek neiscrpnog radnog elana, neobično ustrajan i savjestan, sistematičan i točan. Posebno treba istaći njegove ljudske kvalitete: nadasve skroman, nesebičan, iskren, pun razumijevanja za tuđe probleme.

Svi koji su s njime surađivali poznavali su ga po uvijek vedrom raspoloženju, punom optimizma, koji je prenosio na svoju okolinu. Taj se optimizam očitovao najbolje u svim njegovim planovima, a posebno u najnovijim i posljednjim o proširenju i usavršavanju nastave na Elektrotehničkom fakultetu. No, upravo u času kada je započelo njihovo ostvarenje neumoljiva je smrt prekinula njegovo djelo.

Smrću prof. Belina izgubili smo ne samo vrhunskog stručnjaka i znanstvenog radnika, već i odličnog druga, kolegu i prijatelja.

Njegov svijetao lik ostat će nam svima u trajnom sjećanju.

CRPNI AGREGATI — JUGOTURBINA TIP VPM i VPT

Poduzeće »Rade Končar« počelo je proizvoditi crpne agregate, pa ćemo se u ovom napisu osvrnuti na taj proizvod.

Crpni agregati upotrebljavaju se za opskrbljivanje pitkom i potrošnom vodom u kućanstvu, stambenim zgradama, industriji, poljoprivredi, obrtu, školama, itd.

Veoma su jednostavni za rukovanje i jeftini za održavanje. Mogu se koristiti kao posebne jedinice ili u sklopu sa hidroforima.

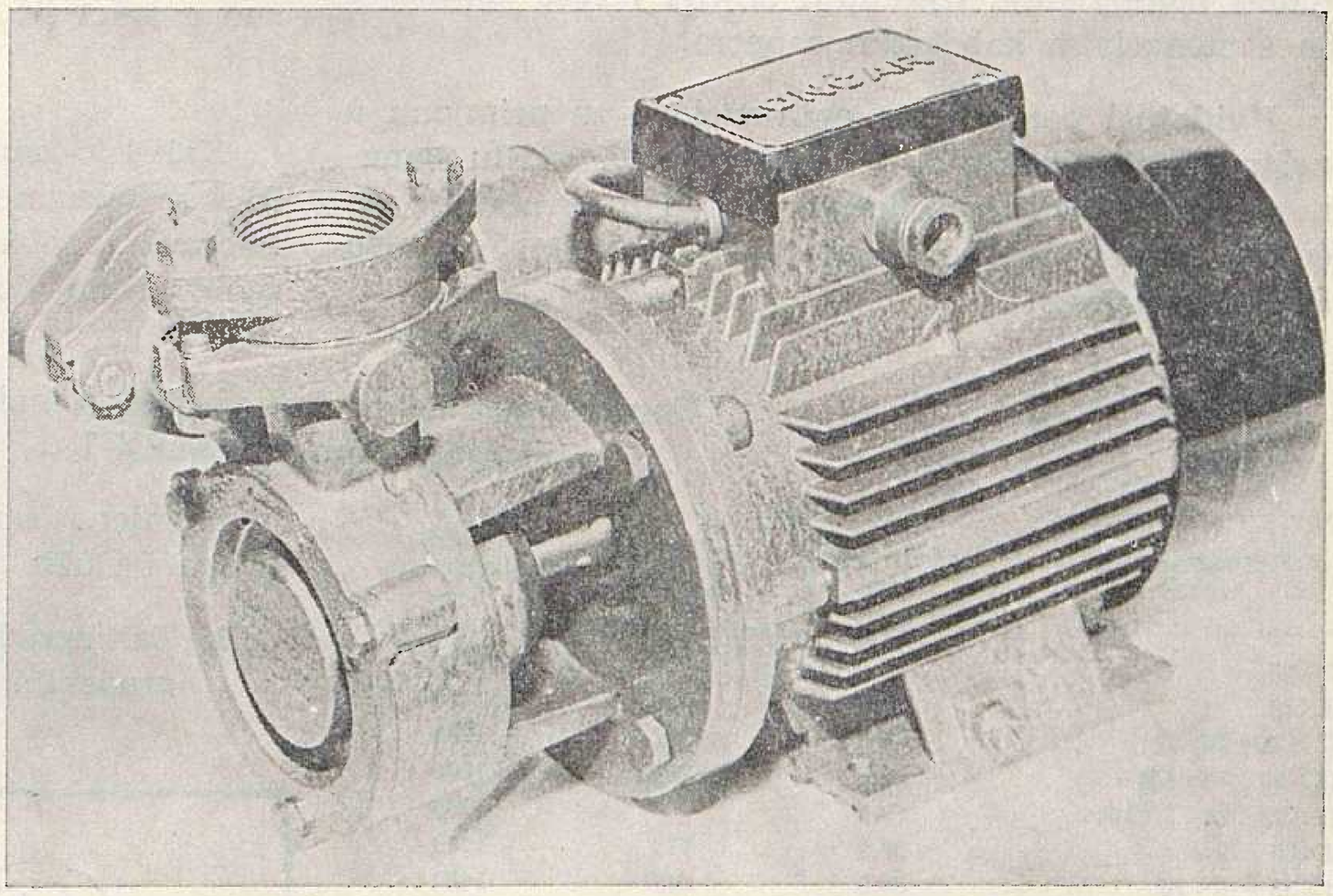
Crpni agregati VPM i VPT što se proizvode u poduzeću »Rade Končar« su jednostepene, horizontalne vrtložne crpke s pogonskim elektromotorima u monoblok izvedbi, te je osovina elektromotora ujedno i pogonska osovina crpke.

Pogonski elektromotor kod crpke VPM je jednofazni, a kod crpke VPT trofazni.

Mehanička zaštita motora je IP_{44} (prema IEC preporukama), što čini zaštitu od namjernog dodira, podizanja krupne prašine, prskajuće vode iz bilo kojeg smjera.

Elektromotor štiti osim postojećim mrežnim osiguračima i motorskom zaštitom sklopkom koja štiti od preopterećenja i od prekida struje u jednoj fazi (za trofazne motore).

Kod odabiranja automatske zaštitne sklopke valja paziti da odgovara podacima elektromotora, koji su naznačeni na natpisnoj pločici agregata. Samo pravilno odabrana sklopka sa sigurnošću štiti motor.



Crpni agregat proizvodnje »Rade Končar«

TEHNIČKI PODACI

Tip agregata	Snaga	Nazivna struja kod		Brzina vrtnje	Kondenzator		Protok	Visina dobave	Težina
	kW	220 V A	380 V A	c/min	Kapac. μF	Napon V	l/min	m V. S	kp
S jednofaznim motorom									
VPM — 82	0,55	4,8	—	2740	16	380	30 — 60	30 — 10	11
VPM — 88	0,75	5,8	—	2750	10	380	20 — 60	50 — 15	14,5
VPM — 94	1,1	7,8	—	2750	25	380	42 — 78	55 — 10	15,5
S trofaznim motorom									
VPT — 84	0,75	3,5	2	2750	—	—	20 — 60	50 — 15	14
VPT — 98	1,1	4,8	2,8	2750	—	—	42 — 78	55 — 10	15

»RADE KONČAR«
PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE OPREME,
PROJEKTIRANJE I MONTAŽU POSTROJENJA — ZAGREB

ELKA

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA ZAGREB — JUGOSLAVIJA

SAMONOSIVI KABELSKI SNOP ELKALEX-1

Brzi razvoj u tehnologiji izrade i uvođenje u praksu novih izolacionih materijala vrlo visoke kvalitete omogućili su izvedbu posebnog tipa použenih izoliranih vodiča, bez vanjskog zaštitnog plašta. Ovakva izvedba zračnih vodova dobila je naziv samonosivi kabelski snop pod imenom »Elkalex-1«, i u redovnoj je proizvodnji tvornice ELKA iz Zagreba.

Velike ekonomske i tehničke prednosti, što ih pruža izgradnja niskonaponskih mreža s ovakvim vodovima, navele su mnoge distribucije u svijetu da umjesto dosadašnjih golih vodiča koriste kabelske snopove za izgradnju svojih niskonaponskih mreža, tako da već danas neke zemlje izgrađuju zračne mreže isključivo sa samonosivim kabelskim snopom.

Uviđajući perspektivu ovih vodova za primjenu u našim mrežama, ELKA je razvila i dala tržištu samonosivi kabelski snop Elkalex-1 za koji se očekuje da će u našim distributivnim mrežama naići na vrlo široku primjenu.

Osnovna konstrukcija kabelskog snopa u distributivnoj mreži sastoji se iz tri fazna aluminijska vodiča, i četvrtog koji je ujedno i neutralni vodič iz legure E Al Mg-1 (1% magnezija), koja ima oznaku 5005 po ASTM-u.

Fazni i neutralni vodiči su izolirani niskonaponskim umreženim polietilenom, te međusobno použeni u formu snopa. Fazni vodiči se izrađuju u standardnim presjecima 35 i 70 mm², dok je nazivni presjek neutralnog vodiča uvijek isti i iznosi 70 mm². Za potrebe javne rasvjete dodaju se osnovnoj konstrukciji snopa još 1 ili 2 izolirana Al vodiča presjeka 16 mm².

Kabelski snop za kućne priključke se izvodi sa 2 ili 4 međusobno použena izolirana Al vodiča presjeka 16 mm². Nepotreban je nosivi vodič s obzirom na relativno kratke dužine priključaka (do 30 m).

Osnovni podaci za samonosive kabelske snopove tipa ELKALEX-1

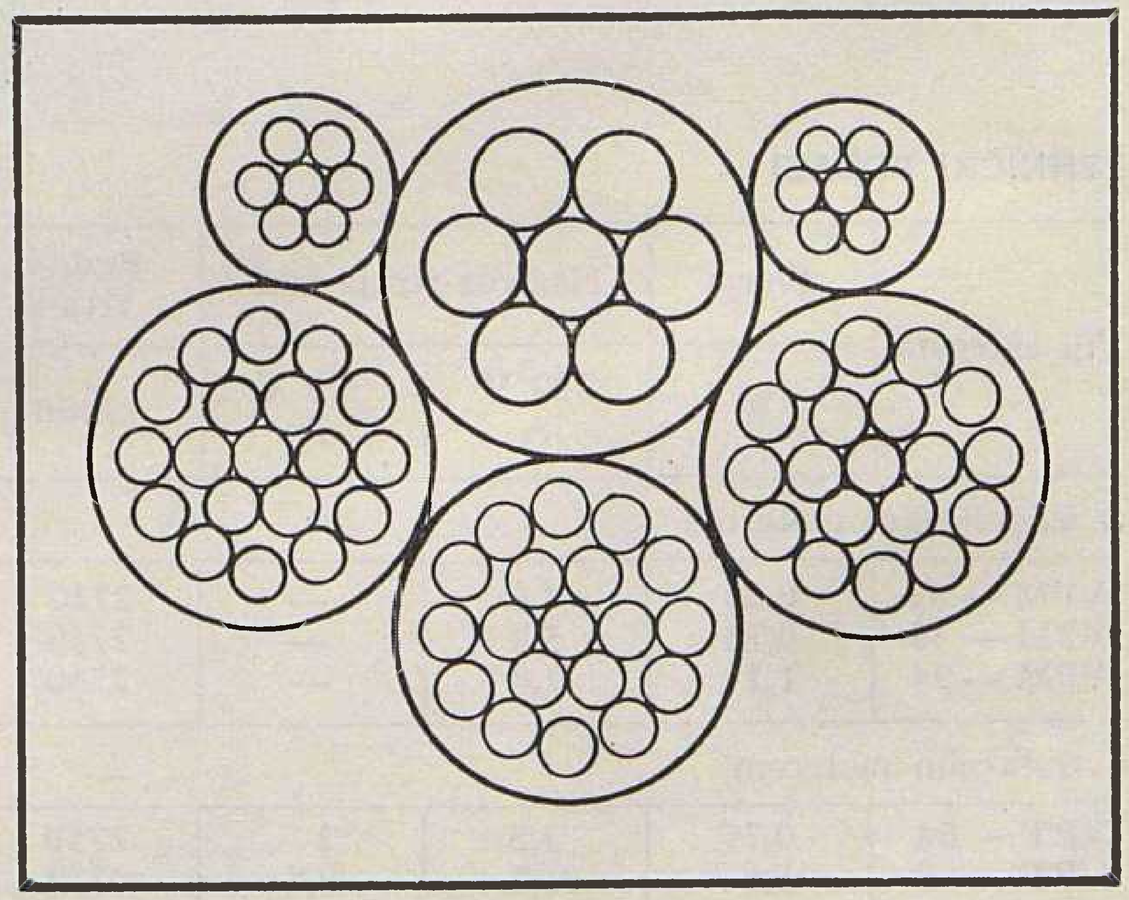
Konstrukcija mm²	Promjer mm	Težina kg/km	Dužina pakiranja m
2×16	15,0	152	1000
4×16	18,6	305	1000
(3×25+70)	26,6	631	1000
(3×25+70+16)	26,6	708	1000
(3×25+70+2×16)	26,6	784	1000
3×35+70	30,6	773	1000
3×35+70+16	30,6	849	1000
3×35+70+2×16	30,6	925	1000
(3×50+70)	34,0	890	1000
(3×50+70+16)	34,0	967	1000
(3×50+70+2×16)	34,0	1043	1000
3×70+70	39,7	1132	500
3×70+70+16	39,7	1208	500
3×70+70+2×16	39,7	1284	500

Konstrukcije u zagradama su izvan standardnog programa ELKE.

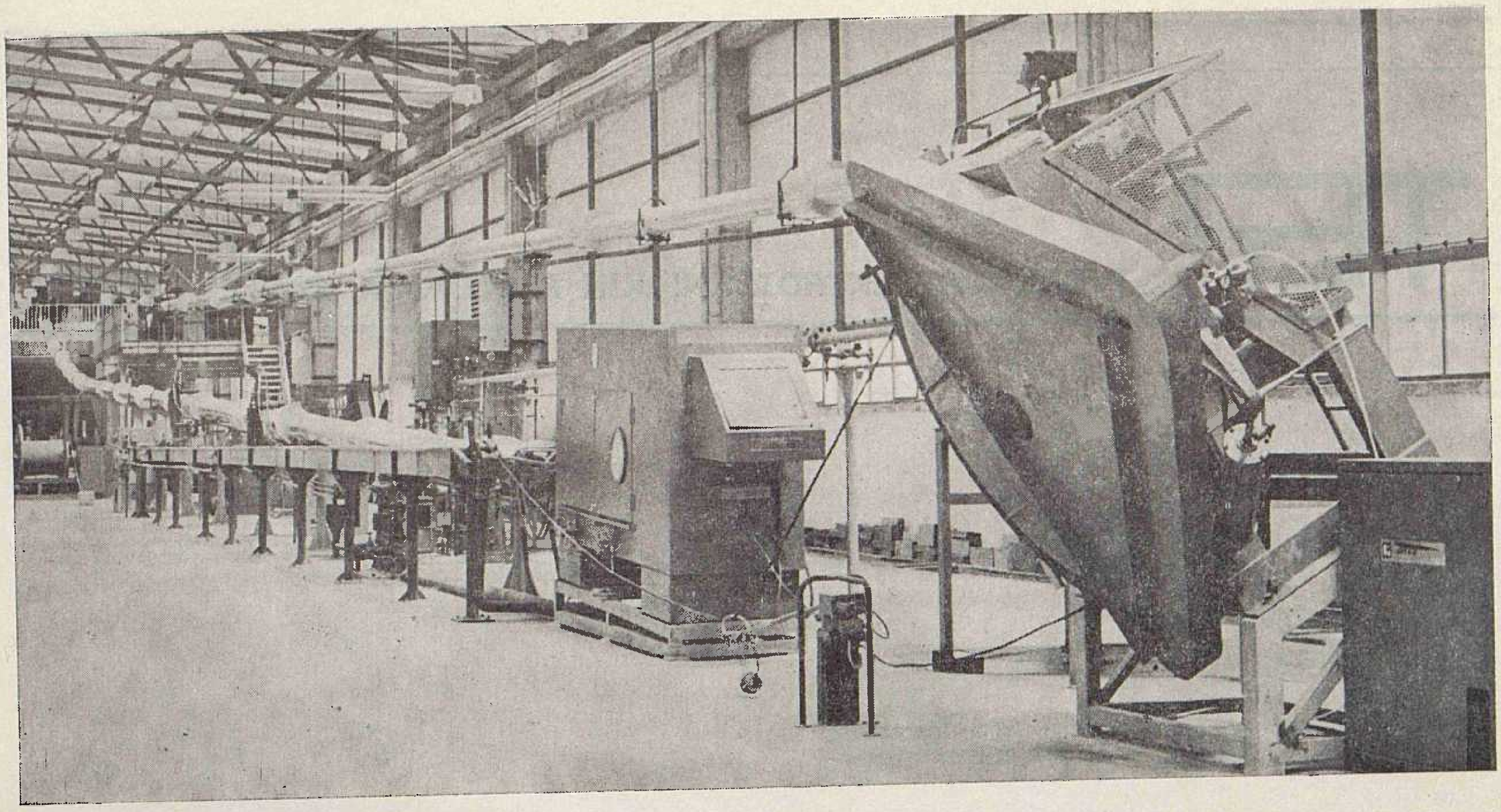
Standardni presjeci 16, 35 i 70 mm² u prethodno navedenim izvedbama-konstrukcijama dogovoreni su i utvrđeni s većim distribucijama Hrvatske i B i H, kao i na sastanku stručne grupe za tipizaciju kabela i kabelskog pribora u Poslovnom udruženju elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske. Ovi presjeci su tipizirani i u inozemstvu, u prvom redu u Francuskoj.

Primjena samonosivih kabelskih snopova je vrlo široka i služi:

1. Za izgradnju niskonaponskih zračnih mreža u gradskim, prigradskim i seoskim područjima.



Samonosivi kabelski snop ELKALEX-1



Detalj iz proizvodnje — kontinuirana vulkanizacija

2. Za napajanje udaljenih objekata i naselja trajnog ili privremenog karaktera
3. Za odcjepe sa kabelske razvodne mreže ili sa klasične zračne mreže
4. Za izvođenje kućnih priključaka.

Primjena ovih snopova ima niz prednosti u odnosu na klasičnu zračnu mrežu, kao što su:

— povećanje prijenosa djelatne snage zbog smanjenja reaktancija (do 40%)

— sigurniji pogon s obzirom na visoko-kvalitetnu izolaciju

— jednostavna zamjena postojeće mreže

— mogućnost polaganja u naseljima s obje strane ulice

— mogućnost polaganja direktno na fasade zgrada

— mogućnost polaganja energetske i PTT mreže na istom stupu

— mogućnost izvođenja javne rasvjete iz istog kabelskog snopa

— vrlo brza montaža.

Za siguran i dugotrajan pogon kabelskog snopa ELKALEX-1, potrebno je odabrati kvalitetan spojni i ovjesni pribor. ELKA u zajednici s poduzećem DALEKOVOD iz Zagreba osigurava veoma kvalitetan spojni i ovjesni pribor, koji zadovoljava sve električke i mehaničke zahtjeve. Poduzeće »Dalekovod« ujedno projektira i izvodi mreže s ELKALEX-1 vodovima.

S obzirom na mjesta gdje se primjenjuje, kao i na prednosti koje pruža ovaj vod u odnosu na klasičnu zračnu mrežu, smatramo da će i u našoj distribuciji ELKALEX-1 naići na široku primjenu.

Sve informacije u vezi s kabelskim snopom ELKALEX-1, ili spojnim i ovjesnim priborom, mogu se dobiti u tvornici električnih kabela ELKA — Zagreb, Šubićeva 38.

Miralem Ibrahimpašić, dipl. ing.

ELKA · ELKA · ELKA · ELKA

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

— KABELSKE GLAVE I SPOJNICE DO 35 kV,

— NISKONAPONSKE RAZVODNE UREĐAJE,

— S SVJETILJKE,

— S INSTALACIONI MATERIJAL I SIGNALNE UREĐAJE,

— INSTALACIONI MATERIJAL INDUSTRIJSKE NAMJENE.

TEP — Zagreb, Vrapče

Oranički odvojak 18

TELEFONI:

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

GOD. 23 (1974) energija BROJ 5—6

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

ULOGA IDEALNOG TRANSFORMATORA U EKVIVALENTNOJ SHEMI MREŽE

Marija Ožegović, Split

U članku se prikazuje uloga idealnog transformatora u ekvivalentnoj shemi kod nastojanja da se izbjegne promjena parametara reducirane mreže, uloga idealnog transformatora u zamkama koje se ne zaključuju, te način kako se u matrične jednadžbe unosi promjena prijenosnog omjera transformatora.

DK 621.316.1:621.314.21

Proračun trofazne mreže (bez obzira da li se za proračun primijenjuju elektronička računala ili ne) izvodi se ekvivalentnim shemama u kojima su svi parametri svedeni na jedan nivo. Tako se izbjegava neugodno računanje s transformatorima, osim u slučajevima kad se neka zamka ne zaključuje. Ova metoda, nazvana metodom otpora ili metodom apsolutnih vrijednosti, ima nekoliko varijanti kada se računa s relativnim veličinama. To su: metoda jediničnih vrijednosti (per unit), procentualna metoda i metoda reduciranih admitancija. Ovdje izneseni zaključci vrijede za sve metode.

Razlikujemo stvarne, nazivne, bazne, reducirane i relativne veličine. Nazivne veličine su one za koje je uređaj građen. Nazivna snaga S_n, struja I_n i napon U_n daju uvid u mogućnosti prijenosa, strujnog i električnog naprezanja, dok nazivni prijenosni odnos r_n daje omjer broja zavoja transformatora, kada je regulaciona sklopka na srednjem položaju.

Stvarne veličine su stvarne fizikalne veličine. Njima nećemo dodijeliti indeks i računat ćemo da je neka veličina stvarna, ako nije drugačije naglašeno. Kada je stvarni prijenosni omjer transformatora jednak nazivnom, kažemo da je transformator na nominalnom odnosu transformacije.

Bazne veličine S_B, U_B, B_B i Z_B dobijemo kod idealnog praznog hoda mreže uz stvarni prijenosni odnos transformatora. Proizvoljno se odabire bazna snaga koja je jednaka za cijelu mrežu i bazni napon jednog naponskog nivoa.

Reducirane veličine dobijemo kada cijelu mrežu preračunamo (reducirane) na jedan naponski nivo. Reducirane veličine onog naponskog nivoa, na koji su preračunati ostali, jednake su stvarnima (metoda otpora).

Relativne veličine su omjer stvarnih i baznih.

Neka je zadana mreža sa slike 1.a. Stvarna reaktancija za vodove iznosi:

$$X_{1-2} = 0{,}4 \cdot 20 = 8\,\Omega$$

$$X_{3-4} = 0{,}4 \cdot 100 = 40\,\Omega$$

$$X_{5-6} = 1.4 \cdot 30 = 12\,\Omega$$

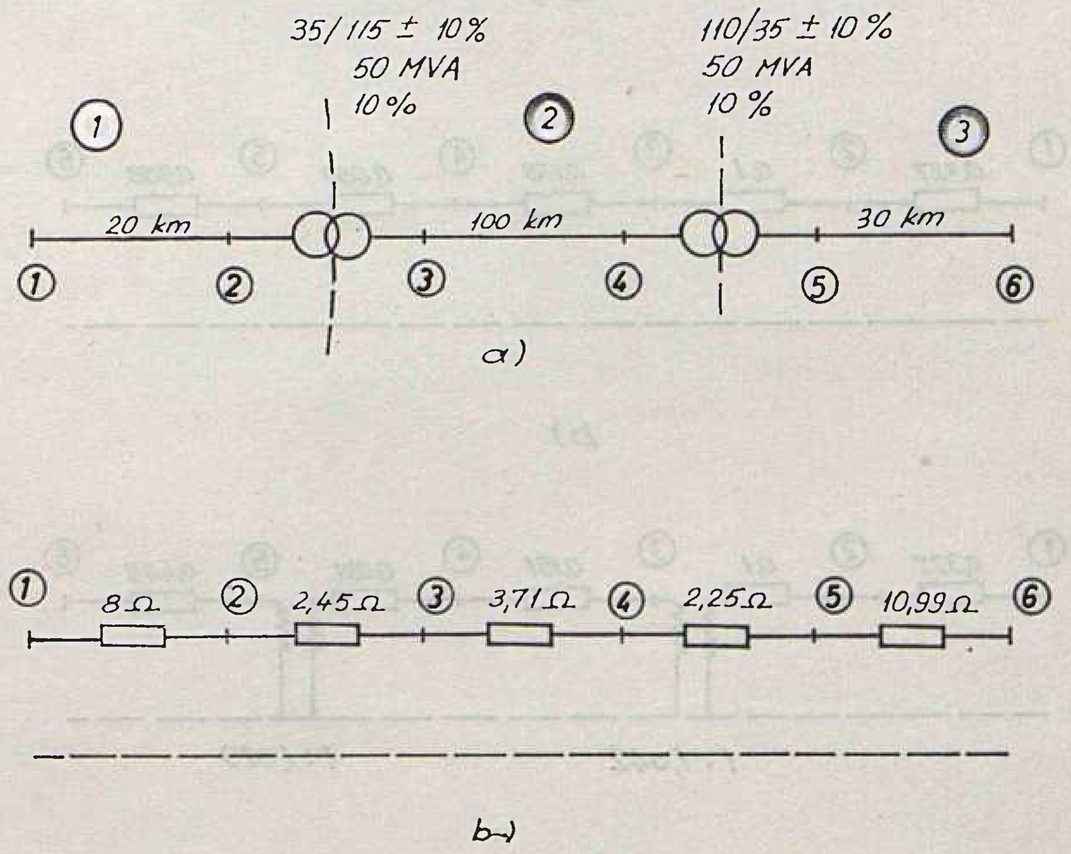
Stvarna reaktancija transformatora računata na 110 kV strani:

$$X_{2-3} = \frac{10 \cdot 115^2}{100 \cdot 50} = 26{,}45\,\Omega$$

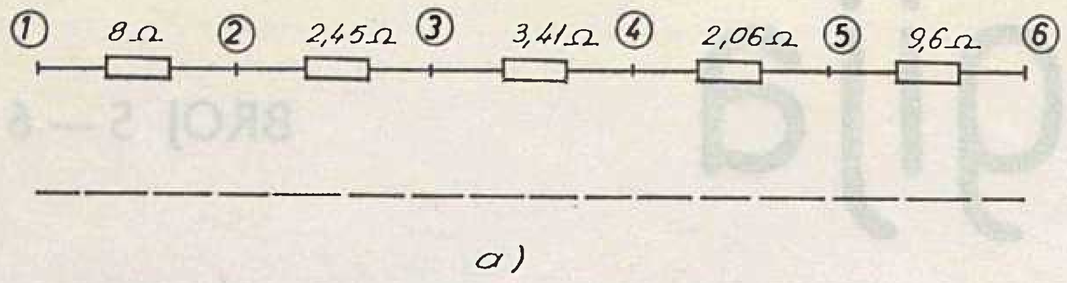
$$X_{4-5} = \frac{10 \cdot 110^2}{110 \cdot 50} = 24{,}2\,\Omega$$

Neka su transformatori na nominalnom odnosu transformacije. U metodi otpora svest ćemo cijelu mrežu na naponski nivo 1. Ekvivalentna shema prikazana je na slici 1.b. Reguliramo li transformatore na neki drugi prijenosni omjer, npr. $r_{23} = 35/120$, $r_{45} = 110/36$ imamo dvije mogućnosti:

a) izračunati nove parametre ekvivalentne sheme kao na slici 2.a.



Slika 1



Slika 2

b) u ekvivalentnoj shemi postaviti idealne transformatore čiji je prijenosni omjer upravo takav da kroz njih reducirana mreža daje iste reaktancije, kao na slici 2.a.

Na sl. 3. ovo je ponovljeno u metodi jediničnih vrijednosti kod $U_{B1} = 35\,\text{kV}$ i $S_B = 50\,\text{MVA}$. Računamo bazne napone:

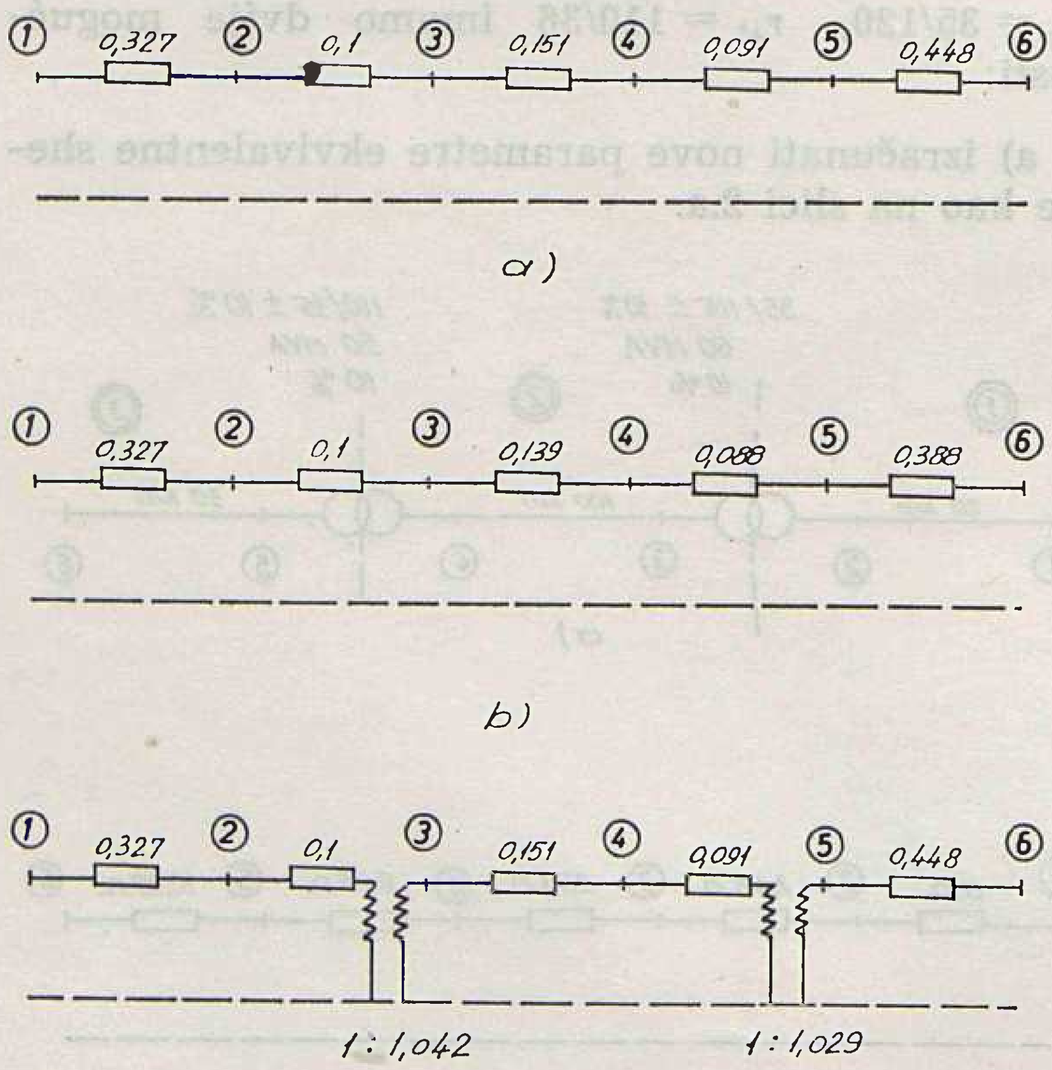
$$U_{B2} = 115\,\text{kV}$$

$$U_{B3} = 115\,\frac{35}{110} = 36{,}6\,\text{kV}$$

$$Z_{B1} = \frac{35^2}{50} = 24{,}5\,\Omega$$

$$Z_{B2} = \frac{115^2}{50} = 264{,}5\,\Omega$$

$$Z_{B3} = \frac{36{,}6^2}{50} = 26{,}8\,\Omega$$



Slika 3

Jedinične vrijednosti, kao omjer stvarnih i baznih, unesene su na sl. 3.a.

Reguliramo li transformator kao prije, mijenjaju se bazne vrijednosti:

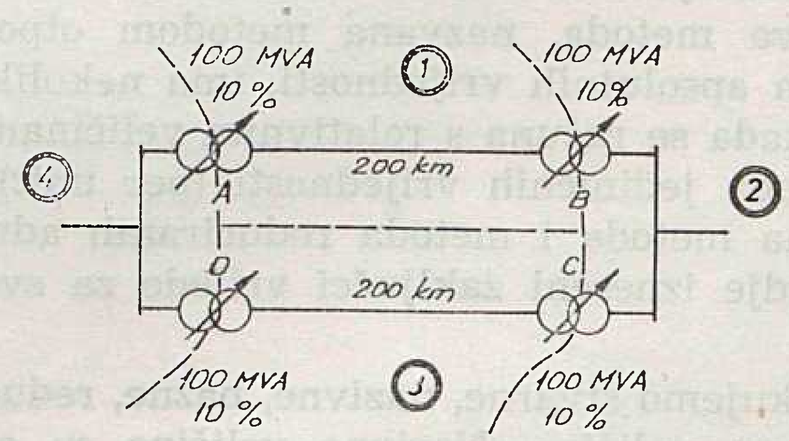
$$U_{B2} = 120\,\frac{36}{110} = 39{,}3\,\text{kV}$$

$$Z_{B2} = \frac{120^2}{50} = 288\,\Omega$$

$$Z_{B3} = \frac{39{,}3^2}{50} = 30{,}9\Omega$$

Nove jedinične vrijednosti unesene su na sl. 3.b. Prvobitne jedinične reaktancije možemo zadržati, ako reaktancijama regulacionih transformatora pridružimo odgovarajući idealni transformator (sl. 3.c). Kao i u metodi otpora položaj ovih transformatora je na strani koja se regulira.

U praznom hodu u mreži ne teku struje osim u zamkama koje se ne zaključuju, što znači da stvarni prijenosni omjeri transformatora uzduž tih zamki ne daju ravnotežu elektromotornih sila, pa moraju teći struje izjednačenja.



Slika 4

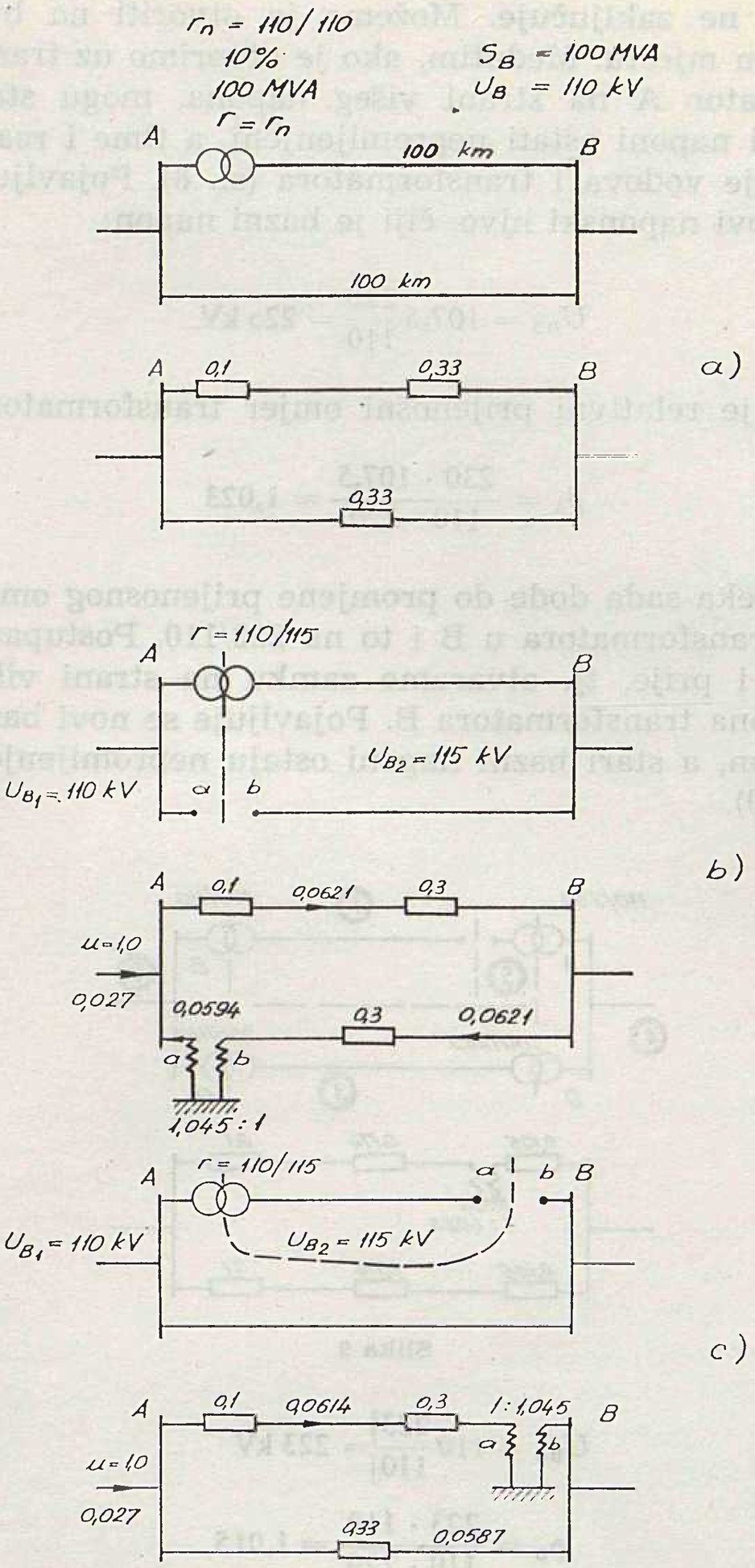
Promatrajmo zamku na sl. 4. Razlikujemo dva slučaja:

1) Zamka se zaključuje, pri čemu:
   a) su svi transformatori na nominalnom odnosu transformacije, ili
   b) jedan ili više transformatora je na nenominalnom odnosu transformacije.
2) Zamka se ne zaključuje, pri čemu:
   a) su svi transformatori na nominalnom odnosu transformacije, ili
   b) jedan ili više transformatora je na nenominalnom odnosu transformacije.

Zaključivanje ili nezaključivanje zamke ne ovisi o tome da li su transformatori na nominalnom ili nenominalnom odnosu transformacije, nego o tome da li je umnožak stvarnih prijenosnih omjera transformatora duž zamke jednak jedinici, ili ne. Za

$r = r_A \cdot r_B \cdot r_C \cdot r_D = 1$ zamka se zaključuje, ako je

$r = r_A \cdot r_B \cdot r_C r_D \neq 1$ zamka se ne zaključuje, pri če



Slika 5

mu je

$$r_A = r_{41}, r_B = r_{12}, r_C = r_{23}, r_D = r_{34}$$

pa je

$$r = \frac{r_4}{r_1}, \frac{r_1}{r_2}, \frac{r_2}{r_3}, \frac{r_3}{r_4}$$

U mreži sa znakom da se ne zaključuje, mogu se odrediti bazni naponi samo tako da se zamka otvori i ostvari idealni prazni hod. Na mjestu prekida se pojavljuje u ekvivalentnoj shemi idealni transformator. Otvaranje zamke, odnosno broj idealnih transformatora u ekvivaletnoj shemi mreže ne ovisi o broju transformatora u zamki. Zamku je dovoljno otvoriti samo na jednom mjestu, i to bilo gdje. To je prikazano na primjeru sa sl. 5.

Prijenosni omjer idealnog transformatora jednak je recipročnom omjeru baznih napona na njegovim krajevima. To je lako dokazati.

Stvarni napon točaka *a* i *b* je međusobno jed: nak:

$$U_a = U_b$$

Stvarne veličine jednake su jedinične puta fazne

$$U_a = u_a \cdot U_{aB} \qquad U_b = u_b \cdot U_{bB}$$

pa je

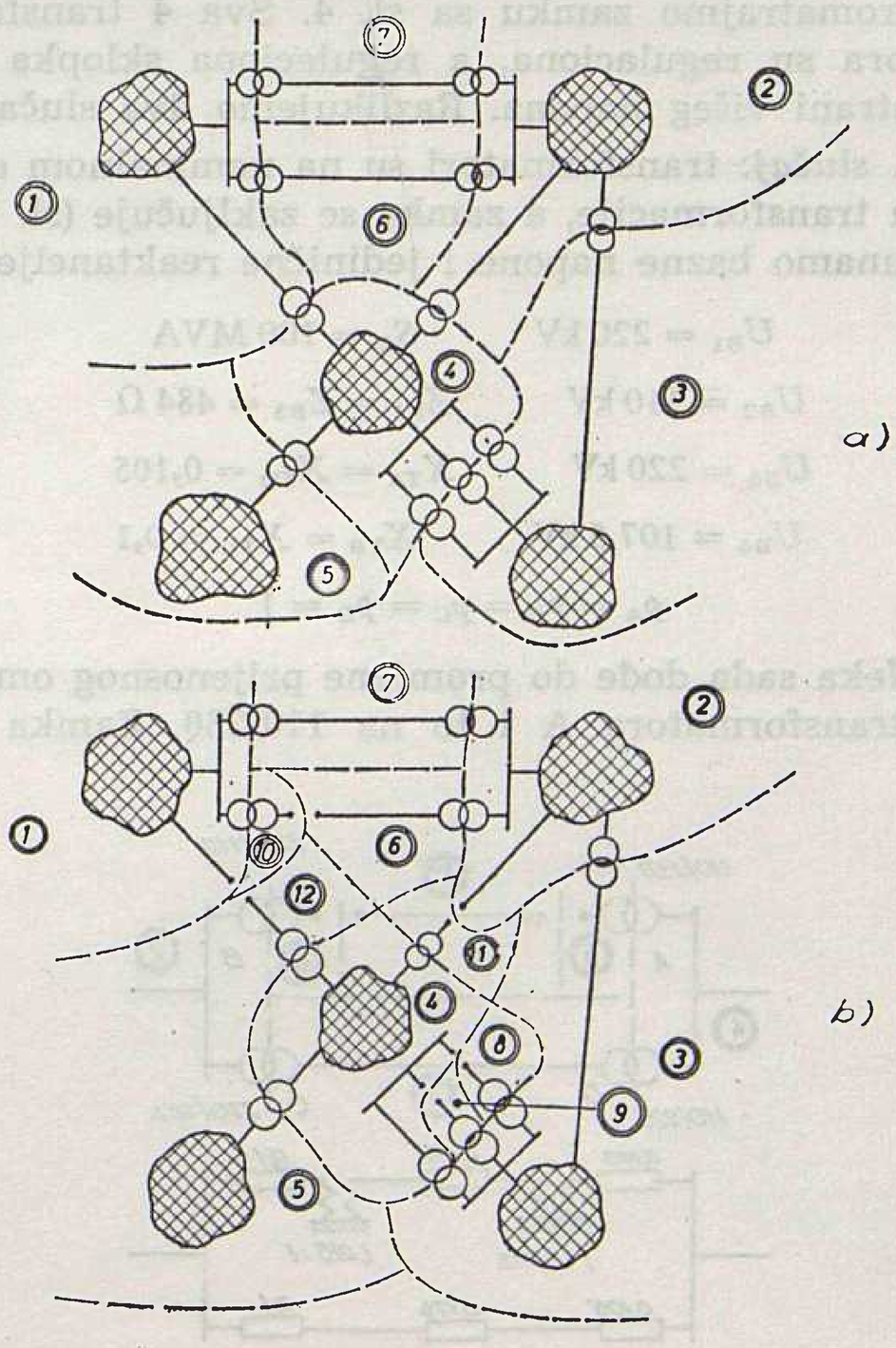
$$u_a \cdot U_{aB} = u_b \cdot U_{bB}$$

$$u_a/u_b = U_{bB}/U_{aB}$$

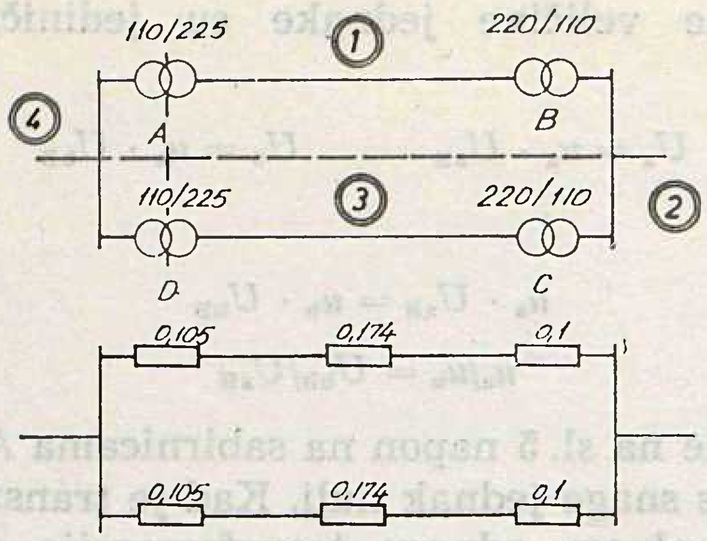
Neka je na sl. 5 napon na sabirnicama A 110 kV, a prijenos snage jednak nuli. Kad je transformator na nominalnom odnosu transformacije u zamki nema struje (sl. 5.a). Sada reguliramo 110/115 kV. Množenje sa baznim veličinama jediničnih struja i napona sa sl. 5.b) daje iste stvarne rezultate kao i sa sl. 5.c.

Na sl. 6. nalazi se mreža sa 7 naponskih nivoa i 5 zamki sa transformatorima. Zamke valja otvoriti na onoliko mjesta, odnosno u ekvivalentnoj shemi postaviti toliko idealnih transformatora, koliko ima zamki, koje se ne zaključuju. Ako se nijedna od 5 zamki ne zaključuje, u mreži ćemo načiniti rez na 5 mjesta. Na neki način uklanjamo zamke koje se ne zaključuju, dok nam ne ostane put kojim možemo izračunati sve bazne napone u mreži bez dileme. Analogija sa stablom, te zavisnim i nezavisnim granama, je očita. Novih baznih napona ima koliko i rezova (u našem slučaju 5), dakle sada ima ukupno 12 baznih napona.

Promjena prijenosnog omjera jednog transformatora izaziva, prema njegovom položaju u mreži, promjene baznih napona. Promjena baznih napo-



Slika 6



Slika 7

na izaziva promjene parametara mreže, itd. Kako se tokom jednog proračuna u mreži stalno mijenjaju prijenosni omjeri regulacionih transformatora, bilo bi vrlo komplicirano na ovaj način analizirati mrežu.

Račun postaje jednostavniji, ako mrežu otvorimo uz svaki transformator koji je na nenominalnom odnosu transformacije, odnosno svakom takvom transformatoru u ekvivalentnoj shemi pridružimo idealni transformator na način da bazni naponi svih elemenata mreže ostanu nepromijenjeni.

Uvodimo relativni prijenosni omjer p

$$p = \frac{U_{1T}/U_{2T}}{U_{1B}/U_{2B}}.$$

Relativni prijenosni omjer je omjer stvarnog prijenosnog omjera prema omjeru baznih napona mreža koje transformator povezuje.

Promatrajmo zamku sa sl. 4. Sva 4 transformatora su regulaciona, a regulaciona sklopka je na strani višeg napona. Razlikujemo dva slučaja:

1. slučaj: transformatori su na nominalnom odnosu transformacije, a zamka se zaključuje (sl. 7.). Računamo bazne napone i jedinične reaktancije:

$$U_{B1} = 220\,\text{kV} \qquad S_B = 100\,\text{MVA}$$

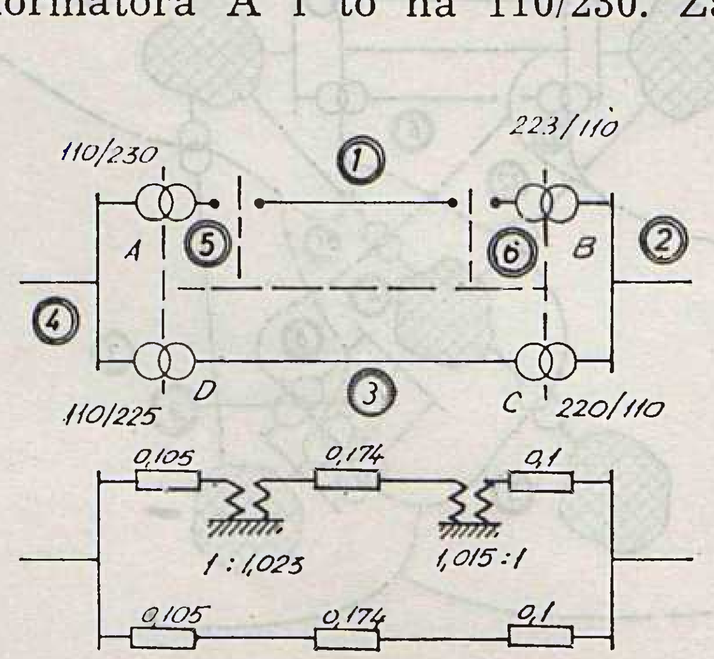
$$U_{B2} = 110\,\text{kV} \qquad Z_{B1} = Z_{B3} = 484\,\Omega$$

$$U_{B3} = 220\,\text{kV} \qquad X_{TA} = X_{TD} = 0{,}105$$

$$U_{B4} = 107{,}5\,\text{kV} \qquad X_{TB} = X_{TC} = 0{,}1$$

$$p_A = p_B = p_C = p_D = 1$$

Neka sada dođe do promjene prijenosnog omjera transformatora A i to na 110/230. Zamka se



Slika 8

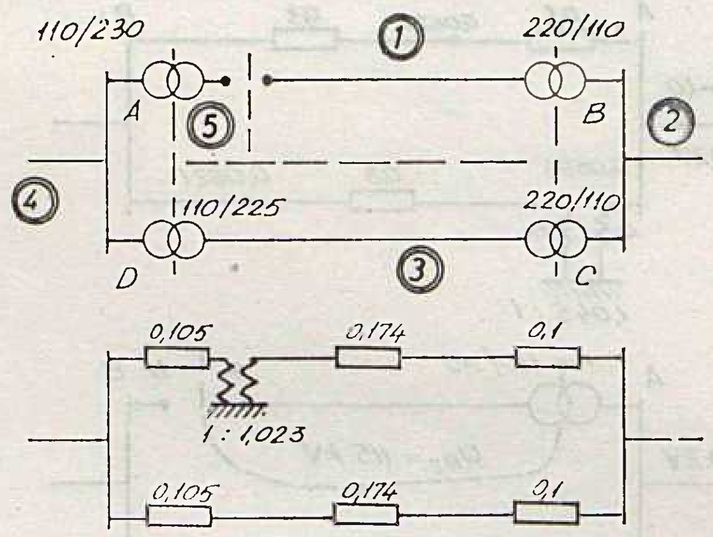
sada ne zaključuje. Možemo je otvoriti na bilo kojem mjestu. Međutim, ako je otvorimo uz transformator A na strani višeg napona, mogu stari bazni naponi ostati nepromijenjeni, a time i reaktancije vodova i transformatora (sl. 8). Pojavljuje se novi naponski nivo, čiji je bazni napon:

$$U_{B5} = 107{,}5\,\frac{220}{110} = 225\,\text{kV}$$

dok je relativni prijenosni omjer transformatora:

$$p_A = \frac{230 \cdot 107{,}5}{110 \cdot 220} = 1{,}023$$

Neka sada dođe do promjene prijenosnog omjera transformatora u B i to na 223/110. Postupamo kao i prije, tj. otvaramo zamku na strani višeg napona transformatora B. Pojavljuje se novi bazni napon, a stari bazni naponi ostaju nepromijenjeni (sl. 9).



Slika 9

$$U_{B6} = 110\,\frac{223}{110} = 223\,\text{kV}$$

$$p_B = \frac{223 \cdot 110}{110 \cdot 220} = 1{,}015$$

Nastavimo ovako dalje promjenom prijenosnog omjera transformatora C na 221/110 i nakon toga promjenom prijenosnog omjera transformatora D na 110/226. Sada imamo 8 baznih napona. Stari bazni naponi ostali su isti, a isto tako i reaktancije (sl. 10).

$$U_{B7} = 110\,\frac{221}{110} = 221\,\text{kV}$$

$$p_C = \frac{221 \cdot 110}{110 \cdot 220} = 1{,}005$$

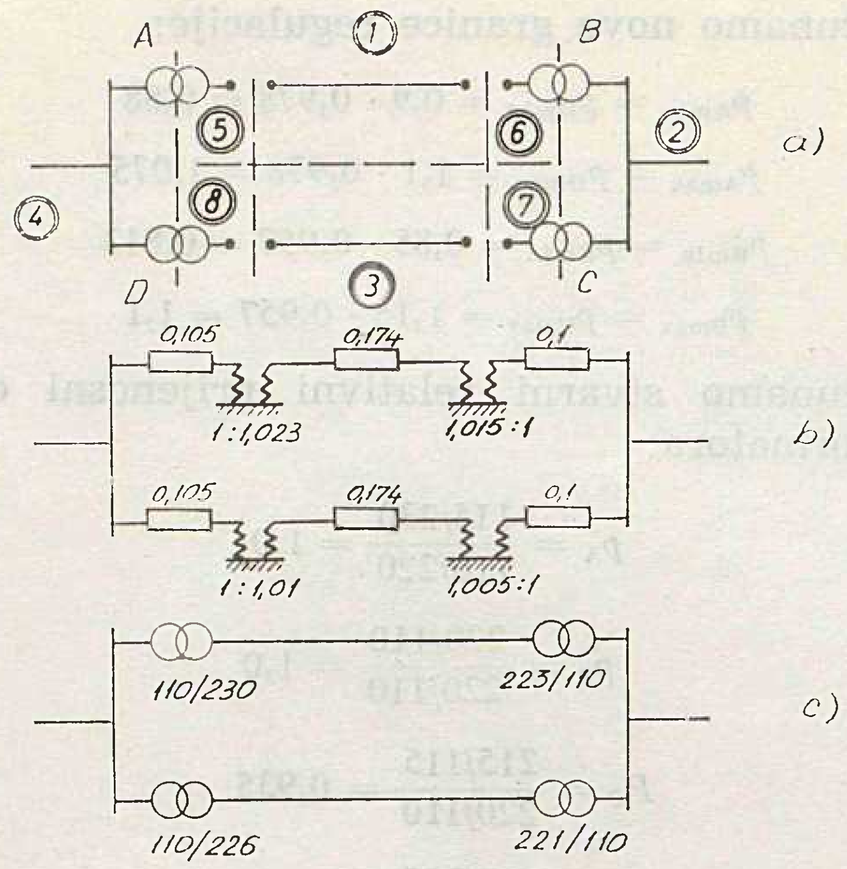
$$U_{B8} = 107{,}5\,\frac{226}{110}\,220{,}8\,\text{kV}$$

$$p_D = \frac{226 \cdot 107{,}5}{110 \cdot 220} = 1{,}01$$

umnožak je prijenosnih omjera duž petlje:

$$r = \frac{110}{230}\,\frac{223}{110}\,\frac{221}{110}\,\frac{110}{226} = 0{,}948 \neq 1$$

(zamka se ne zaključuje).



Slika 10

2. slučaj: transformatori su na nominalnom odnosu transformacije, a zamka se ne zaključuje. Računamo bazne napone i jedinične reaktancije. Zamku otvaramo na proizvoljnom mjestu E (sl. 11). Jedinične reaktancije, kao i bazne vrijednosti ovise o izboru mjesta E. Rezultati za tri razna mjesta otvaranja zamke uneseni su u ekvivalentne sheme (sl. 11.b, c i d).

Čim se sistem ne zaključuje potrebno je otvoriti zamku, odnosno u ekvivaletnoj shemi uključiti idealni transformator. Ako ne želimo da specijalno zadajemo idealni transformator najbolje je jedan od transformatora proglasiti transformatorom s nenominalnim odnosom transformacije i zadati stanje zamke s njegovim prijenosnim omjerom. Ovom transformatoru moramo, naravno, postaviti nove granice regulacije.

Npr. ako je regulacija $\pm 15\%$, to znači da se p može mijenjati od $p = 0{,}85$ do 1,15. Kada takav transformator prihvati ulogu nenominalnog s $p = 1{,}1$, a stvarno se nalazi na nominalnom odnosu transformacije, onda su nove granice regulacije od $p = 0{,}935$ do 1,265. Cijeli daljnji postupak odvija se, kao u prethodnom slučaju.

Rezultat postupka je opet ekvivalentna shema s maksimalno 8 baznih napona, ukoliko su sva 4 transformatora na nenominalnom odnosu transformacije, i to bez obzira da li se zamka zaključuje ili ne, jer smo postepenim prijelazom pojedinih transformatora s nominalnog na nenominalni prijenosni odnos mogli doći na bilo koji r, jednak ili različit od jedan.

Prema tome u mreži s regulacionim transformatorima možemo odrediti bazne napone po volji, a stvarno stanje mreže zadati relativnim prijenosnim omjerima transformatora, pa je najlogičnije da odabrani bazni naponi budu nazivninaponi mreže. Ova olakšica redovito se plaća nesporazumom oko određivanja granica regulacije i slično. Na sl. 12 prikazan je primjer koji pokazuje koje vrijednosti valja unijeti u ekvivalentnu shemu.

Računamo stvarne reaktancije:

Transformatori

$$X_A = X_D = \frac{10 \cdot 110^2}{100 \cdot 100} = 12{,}1\ \Omega$$

$$X_B = X_C = \frac{10 \cdot 115^2}{100 \cdot 100} = 13{,}225\ \Omega$$

Vodovi

$$X_{A-B} = X_{C-D} = 0{,}42 \cdot 200 = 84\ \Omega$$

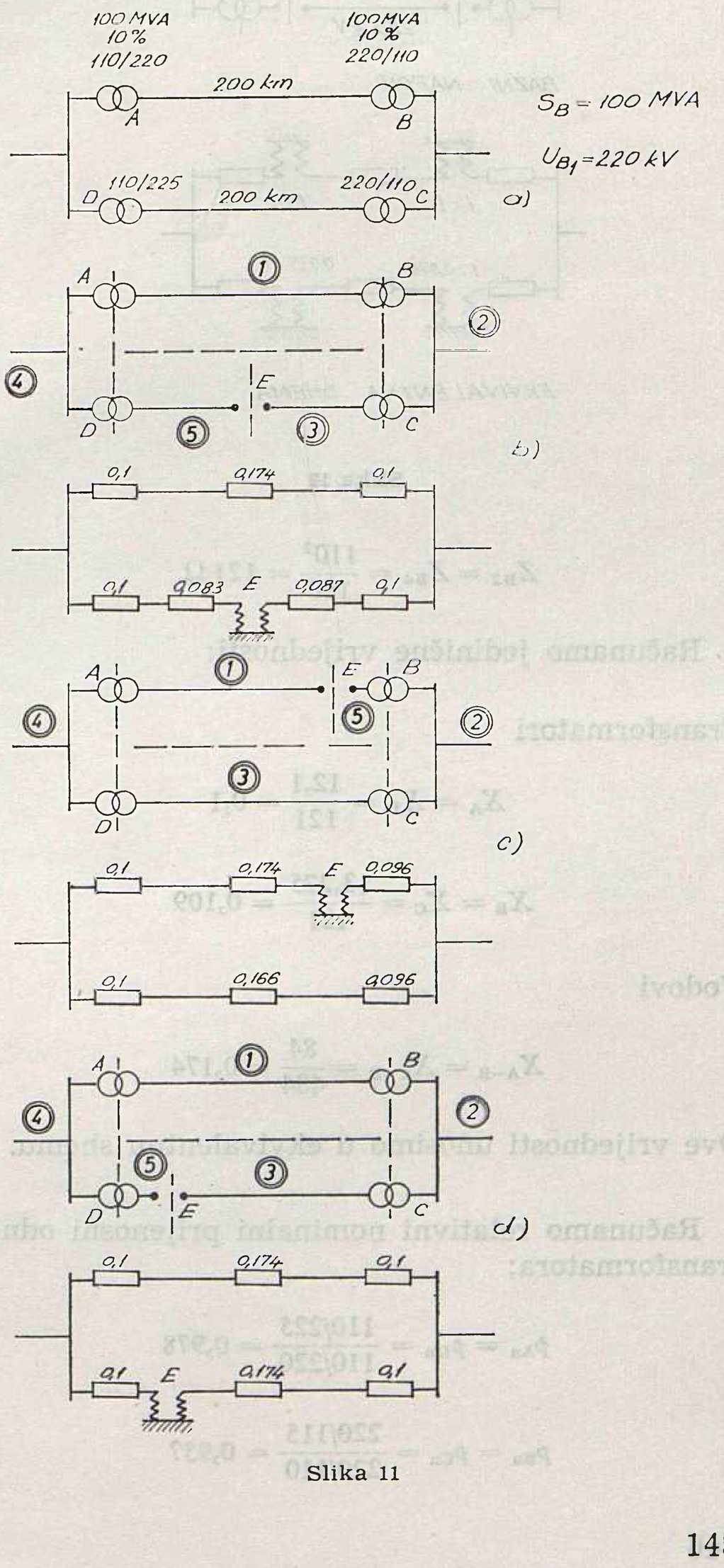
Računamo bazne vrijednosti:

$$S_B = 100\ \text{MVA} \qquad U_{B1} = 220\ \text{kV}$$

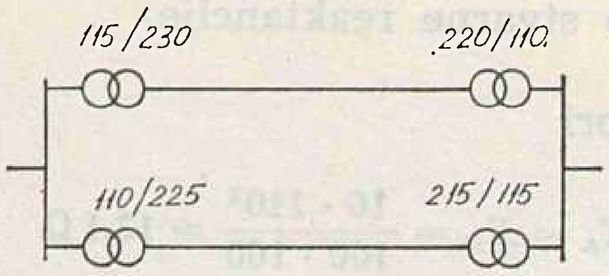
$$U_{B2} = U_{B4} = 110\ \text{kV}$$

$$U_{B3} = 220\ \text{kV}$$

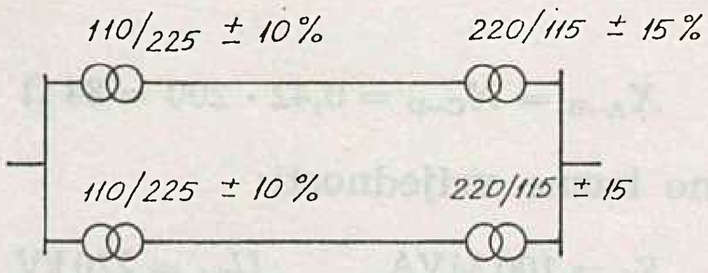
$$Z_{B1} = Z_{B3} = \frac{220^2}{100} = 484\ \Omega$$



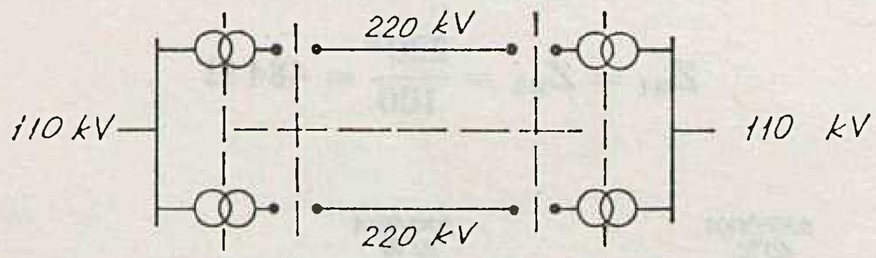
Slika 11



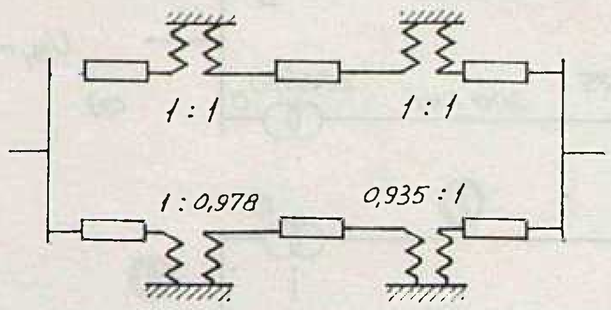
STVARNI PRIJENOSNI OMJERI



NOMINALNI PRIJENOSNI OMJERI



BAZNI NAPONI



EKVIVALENTNA ŠHEMA

Slika 12

$$Z_{B2} = Z_{B4} = \frac{110^2}{100} = 121\ \Omega$$

Računamo jedinične vrijednosti:

Transformatori

$$X_A = X_D = \frac{12,1}{121} = 0,1$$

$$X_B = X_C = \frac{13,225}{121} = 0,109$$

Vodovi

$$X_{A-B} = X_{C-D} = \frac{84}{484} = 0,174$$

Ove vrijednosti unosimo u ekvivalentnu shemu.

Računamo relativni nominalni prijenosni odnos transformatora:

$$p_{An} = p_{Dn} = \frac{110/225}{110/220} = 0,978$$

$$p_{Bn} = p_{Cn} = \frac{220/115}{220/110} = 0,957$$

Računamo nove granice regulacije:

$$p_{Amin} = p_{Dmin} = 0,9 \cdot 0,978 = 0,88$$

$$p_{Amax} = p_{Dmax} = 1,1 \cdot 0,978 = 1,075$$

$$p_{Bmin} = p_{Cmin} = 0,85 \cdot 0,957 = 0,813$$

$$p_{Bmax} = p_{Cmax} = 1,15 \cdot 0,957 = 1,1$$

Računamo stvarni relativni prijenosni omjer transformatora:

$$p_A = \frac{115/230}{110/220} = 1,0$$

$$p_B = \frac{220/110}{220/110} = 1,0$$

$$P_C = \frac{215/115}{220/110} = 0,935$$

$$P_D = \frac{111/225}{110/220} = 0,978$$

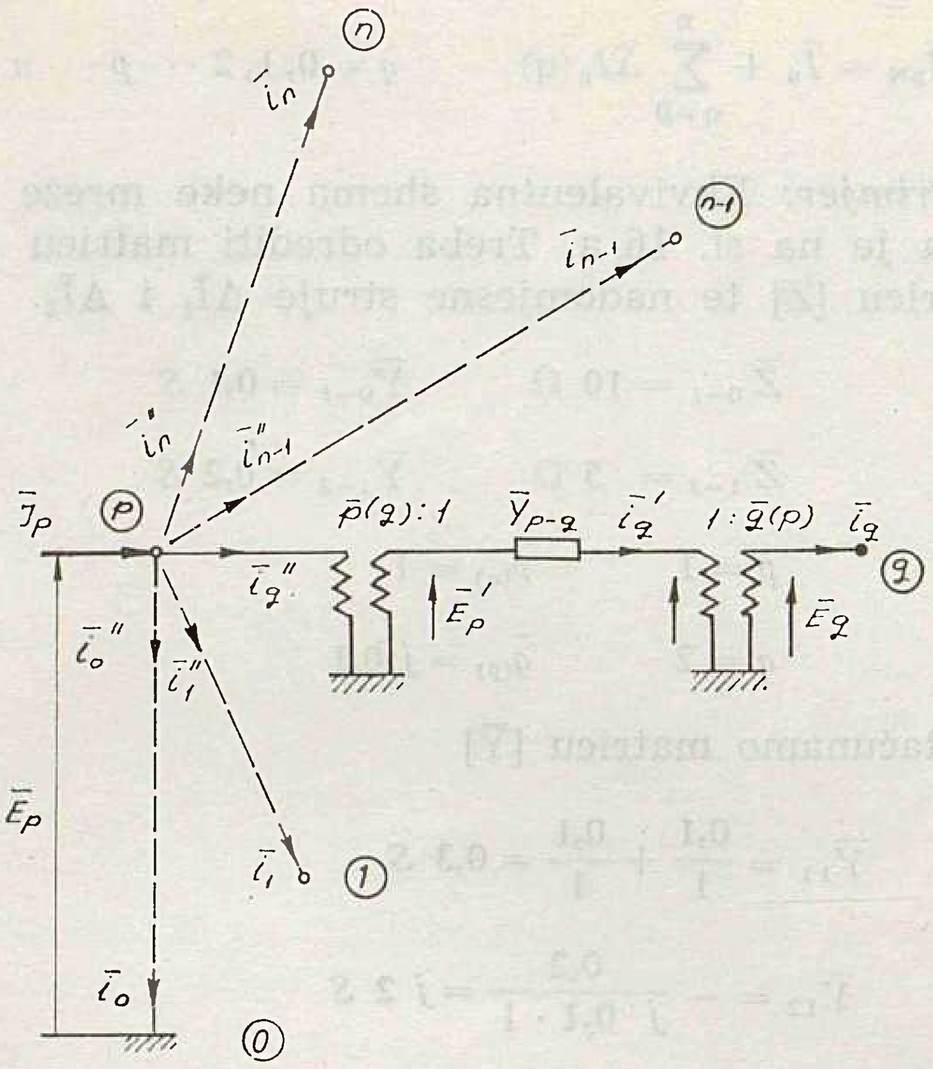
Stvarni relativni prijenosni omjer transformatora i nove granice regulacije su veličine s kojima ulazimo u proračun. Pri tom valja još paziti na pravila po kojima se zadaju ulazni podaci, a specifična su za svaki program.

Prijenosni odnos transformatora može biti kompleksan, pa realni prijenosni omjer možemo smatrati samo specijalnim slučajem kompleksnog. Da proračun mreže, u kojoj su transformatori s kompleksnim odnosom transformacije, ne bi stvarao velike poteškoće, moramo čvrsto ostati na tome da prijenosni omjeri transformatora, kroz koje se reducira mreža u metodi otpora ili bazne veličine, u bilo kojem dijelu mreže budu realni brojevi. Da bi to postigli tretirat ćemo transformator s kompleksnim prijenosnim odnosom kao transformator s nenominalnim odnosom transformacije. Dakle, ovakvom transformatoru pridružit ćemo u ekvivalentnoj shemi idealni transformator relativnog prijenosnog omjera

$$\bar{p} = a + jb = p/\varnothing$$

Ako je $p = 1$ nema uzdužne regulacije, a ako je $\Theta = 0$ nema poprečne regulacije. Položaj idealnog transformatora mora biti takav, da ne dođe do promjene odabranih baznih napona. Kao i prije, položaj idealnog transformatora je na strani koja se regulira. Kada ne želimo idealni transformator u ekvivalentnoj shemi, omjeri baznih napona moraju biti jednaki stvarnim prijenosnim omjerima transformatora. Ako su bazni naponi proizvoljno odabrani, pojavit će se idealni transformator ondje, gdje se omjeri baznih napona razlikuju od stvarnog prijenosnog odnosa transformatora, bilo po iznosu, bilo po fazi.

Sada tek dolazi na red pitanje kako mreži, u kojoj se nalaze idealni transformatori, odrediti matricu vlastitih i međusobnih admitancija čvora, odnosno impedancija čvora, kao i kako naći najprikladniji način da se promjena prijenosnog omjera transformatora pri regulaciji unese u matrične jednadžbe mreže.



Slika 13

Relativni prijenosni odnos transformatora p može se u matričnim jednadžbama čvora

$$[\bar{E}] = [\bar{Z}]\ [\bar{I}]$$

$$[\bar{I}] = [\bar{Y}]\ [\bar{E}]$$

pojaviti na dva načina:

a. u matricama $[\bar{Z}]$ odnosno $[\bar{\bar{Y}}]$, ili

b. u stupčanom vektoru $[\bar{\bar{I}}]$

Matricu $[\bar{\bar{Y}}]$ odredit ćemo na poznati način. U općem slučaju neka grana mreže između čvorova p i q sadrži idealni transformator uz čvor p relativnog prijenosnog omjera $\bar{p}(q)$, admitanciju $\bar{\bar{Y}}_{p-q}$ i idealni transformator uz čvor q relativnog prijenosnog omjera $\bar{q}(p)$. (Slika 13).

$$\bar{I}_p = \bar{i}_0'' + \bar{i}_1'' + \cdots + \bar{i}_q'' + \cdots + \bar{i}_{n-1}'' + \bar{i}_n''$$

$$\bar{i}_q' = (\bar{E}_p' - \bar{E}_q')\,\bar{Y}_{p-q} = (\bar{E}_p/\bar{p}(q) - \bar{E}_q/\bar{q}(p))\,\bar{Y}_{p-q}$$

$$\bar{i}_q'' = \bar{I}_q'/\bar{p}(q)^{\star}$$

Kako je

$$\bar{I}_p = \bar{Y}_{p1}\bar{E}_1 + \bar{Y}_{p2}\bar{E}_2 + \cdots + \bar{Y}_{pp}\bar{E}_p + \cdots + \bar{Y}_{pn}\bar{E}_n$$

slijedi

$$\bar{Y}_{pp} = \sum_{q=0}^{n} \frac{\bar{Y}_{p-q}}{|\bar{p}(q)|^2} \qquad q \neq p \qquad q = 0, 1, 2 \cdots n$$

$$\bar{Y}_{pq} = -\frac{\bar{Y}_{p-q}}{\bar{q}(p)\,p^{\star}(q)} \qquad q \neq p$$

$$\bar{Y}_{qp} = -\frac{\bar{Y}_{p-q}}{\bar{q}(p)^{\star}\,\bar{p}(q)} \qquad q \neq p$$

Matrica je nesimetrična, jer je $\bar{\bar{Y}}_{pq} \neq \bar{\bar{Y}}_{qp}$. Matrica je simetrična kada su $q(p)$ i $p(q)$ realni brojevi. Tada je moguće shemu grane s idealnim transformatorima nadomjestiti ekvivalentnom shemom bez idealnih transformatora. Matrica je simetrična i za slučaj kad je $\bar{p}(q) = \bar{q}(p)$, što znači da se regulacija ne prenosi izvan grane. Ovdje je potrebno istaknuti da reguliranje jednog transformatora u mreži izaziva potrebu za promjenom matrice na tri mjesta. Provedemo li regulaciju sukcesivno po transformatorima, sukcesivna promjena matrice može biti sasvim udobna.

Matricu impedancija $[\bar{Z}]$ formirat ćemo metodom korak po korak. Grana između čvorova p i q neka je zavisna grana. Naponske prilike u mreži sa slike 14. a. bit će jednake onima u mreži sa slike 14. b. ako je struja $\bar{i}_q'' = \bar{I}_p$. Kako je k tome

$$\bar{E}_i = \bar{Z}_{ip}\,\bar{I}_p = \bar{Z}_{iq}\,\bar{I}_q \qquad i = 1 \cdots n$$

$$\bar{i}_q'' = \left|\frac{\bar{q}(p)}{\bar{p}(q)}\right|^{\star} \bar{I}_q$$

slijedi

$$\bar{Z}_{iq} = \bar{Z}_{ip}\left|\frac{\bar{q}(p)}{\bar{p}(q)}\right|^{\star} \qquad i = 1 \cdots n$$

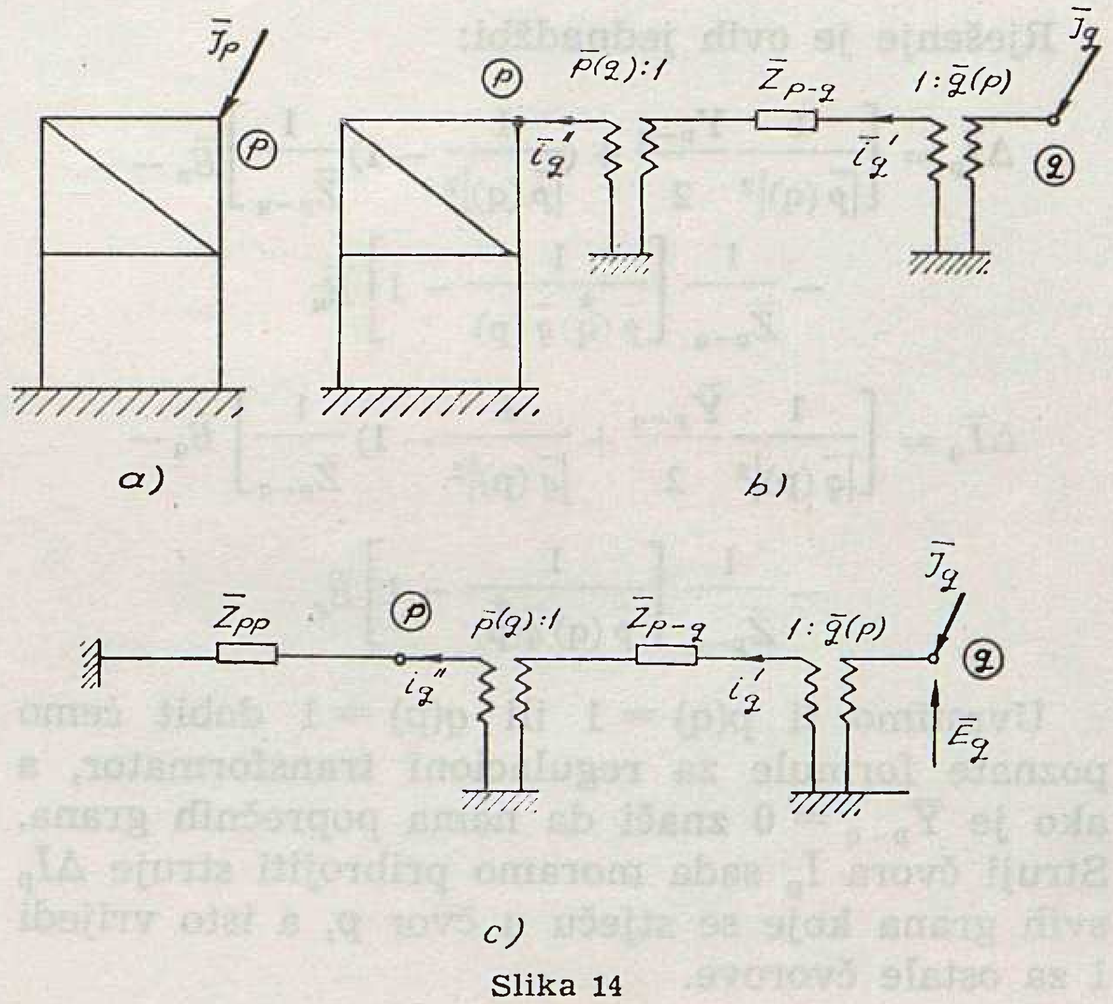
Ako sada mreži sa sl. 14. a. i 14. b. narinemo u bilo kojem čvoru, koji nije čvor q, jednaku struju, napon čvora p bit će u obje mreže jednak. Napon čvora q možemo izraziti naponom čvora p, jer kroz granu $\bar{Z}_{p-q}$ nema struje

$$\bar{E}q = \frac{\bar{q}(p)}{\bar{p}(q)}\bar{E}_p$$

$$\bar{Z}_{qj}\,\bar{I}_j = \frac{\bar{q}(p)}{\bar{p}(q)}\bar{Z}_{pj}\,\bar{I}_j$$

Zato je

$$\bar{Z}_{qj} = \bar{Z}_{pj}\,\frac{\bar{q}(p)}{\bar{p}(q)} \qquad j = 1 \cdots n$$



Slika 14

Dijagonalni član jednak je omjeru napona $\bar{E}_q$ i struje $\bar{I}_q$ prema shemi na slici 14. c. Lako je ustanoviti da je:

$$\bar{Z}_{qq} = |\bar{q}(p)|^2 \left[\frac{\bar{Z}_{pp}}{\bar{p}(q)^2} + \bar{Z}_{p-q} \right]$$

Uključivanje nezavisne grane traži određivanje privremenog retka i privremenog stupca po nešto složenijim formulama. Zatim se blok transformacijom rješavamo privremenog retka i stupca. Utjecaj regulacije pojavit će se u cijeloj matrici što stvara nepremostive poteškoće.

Privremeni je redak i stupac kod uključivanja grane između čvorova p i q:

$$\bar{Z}_{iz} = \frac{\bar{Z}_{ip}}{\bar{p}\,(q)^*} - \frac{\bar{Z}_{iq}}{\bar{q}\,(p)^*} \qquad i = 1 \cdots n$$

$$\bar{Z}_{zj} = \frac{\bar{Z}_{pj}}{\bar{p}(q)} - \frac{\bar{Z}_{qj}}{\bar{q}\,(p)} \qquad j = 1 \cdots n$$

$$\bar{Z}_{zz} = \frac{\bar{Z}_{pp}}{|\bar{p}\,(q)|^2} + \frac{\bar{Z}_{qq}}{|\bar{q}\,(p)|^2} - \frac{\bar{Z}_{pq}}{\bar{p}\,(q)\,\bar{q}\,(p)^*} - \frac{\bar{Z}_{qp}}{\bar{p}\,(q)^*\,\bar{q}\,(p)}$$

Nadomjesne struje $\Delta\bar{I}_p$ i $\Delta\bar{I}_q$ računat ćemo prema slici 15. Uzdužna impedancija Z_{p-q} ostaje nepromijenjena. Sa slike 15. b. imamo:

$$\bar{i}_p = \Delta\bar{I}_p + \frac{\bar{E}_p - \bar{E}_q}{\bar{Z}_{p-q}}$$

$$\bar{i}_q = \Delta\bar{I}_q + \frac{\bar{E}_q - \bar{E}_p}{\bar{Z}_{p-q}}$$

a sa slike 15. a.

$$\bar{p}\,(q)^* \bar{i}_p = \frac{\bar{E}_p}{\bar{p}\,(q)} \frac{\bar{Y}_{p-q}}{2} + \left[\frac{\bar{E}_p}{\bar{p}\,(q)} + \frac{\bar{E}_q}{\bar{p}\,(q)} \right] \frac{1}{\bar{z}_{p-q}}$$

$$\bar{q}\,(p)^* \bar{i}_q = \frac{\bar{E}_q}{\bar{q}\,(p)} \frac{\bar{Y}_{p-q}}{2} + \left[\frac{\bar{E}_q}{\bar{q}\,(p)} - \frac{\bar{E}_p}{\bar{p}\,(q)} \right] \frac{1}{\bar{z}_{p-q}}$$

Rješenje je ovih jednadžbi:

$$\Delta\bar{I}_p = \left[\frac{1}{|\bar{p}\,(q)|^2} \frac{Y_{p-q}}{2} + \left(\frac{1}{|\bar{p}\,(q)|^2} - 1 \right) \frac{1}{\bar{Z}_{p-q}} \right] \bar{E}_p - \frac{1}{\bar{Z}_{p-q}} \left[\frac{1}{\bar{p}\,(q)^* \bar{q}\,(p)} - 1 \right] \bar{E}_q$$

$$\Delta\bar{I}_q = \left[\frac{1}{|\bar{q}\,(p)|^2} \frac{\bar{Y}_{p-q}}{2} + \left(\frac{1}{|\bar{q}\,(p)|^2} - 1 \right) \frac{1}{\bar{Z}_{p-q}} \right] \bar{E}_q - \frac{1}{\bar{Z}_{p-q}} \left[\frac{1}{\bar{p}\,(q)\,\bar{q}(p)^*} - 1 \right] \bar{E}_p$$

Uvrstimo li $p(q) = 1$ ili $q(p) = 1$ dobit ćemo poznate formule za regulacioni transformator, a ako je $\bar{Y}_{p-q} = 0$ znači da nema poprečnih grana. Struji čvora $\bar{I}_p$ sada moramo pribrojiti struje $\Delta\bar{I}_p$ svih grana koje se stječu u čvor p, a isto vrijedi i za ostale čvorove.

$$\bar{I}_{pN} = \bar{I}_p + \sum_{q=0}^{n} \Delta I_p(q) \qquad q = 0, 1, 2 \cdots p \cdots n$$

Primjer: Ekvivalentna shema neke mreže zadana je na sl. 16. a. Treba odrediti matricu $[\bar{Y}]$, matricu $[Z]$ te nadomjesne struje $\Delta\bar{I}_1$ i $\Delta\bar{I}_2$.

$$\bar{Z}_{0-1} = 10\ \Omega \qquad \bar{Y}_{0-1} = 0{,}1\ S$$

$$\bar{Z}_{1-2} = 5\ \Omega \qquad \bar{Y}_{1-2} = 0{,}2\ S$$

$$p = 1 \qquad \bar{p}_{(q)} = 1$$

$$q = 2 \qquad \bar{q}_{(p)} = j\ 0{,}1$$

Računamo matricu $[\bar{Y}]$

$$\bar{Y}_{11} = \frac{0{,}1}{1} + \frac{0{,}1}{1} = 0{,}3\ S$$

$$\bar{Y}_{12} = -\frac{0{,}2}{j\ 0{,}1 \cdot 1} = j\ 2\ S$$

$$\bar{Y}_{21} = -\frac{0{,}2}{-j\ 0{,}1 \cdot 1} = -j\ 2\ S$$

$$\bar{Y}_{22} = \frac{0{,}2}{|j\ 0{,}1|^2} = \frac{0{,}2}{0{,}01} = 20\ S$$

$$\bar{Y} = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 0{,}3 & j\ 2 \\ 2 & -j\ 2 & 20 \end{array} \quad S$$

Računamo matricu $[Z]$

$$\bar{Z}_{11} = 10\ \Omega$$

$$\bar{Z}_{12} = 10 \frac{-j\,0{,}1}{1} = j\ 1\ \Omega$$

$$\bar{Z}_{21} = 10 \frac{j\ 0{,}1}{1} = j\ 1\ \Omega$$

$$\bar{Z}_{22} = \left| \frac{j\ 0{,}1}{1} \right|^2 10 + |j\,0{,}1|^2\, 5 = 0{,}01 \cdot 10 + 0{,}01 \cdot 5 = 0{,}15 \qquad \Omega$$

$$[\bar{Z}] = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 10 & -j\ 1 \\ 2 & j\ 1 & 0{,}15 \end{array} \quad \Omega$$

Kontroliramo točnost rezultata invertiranjem matrice $[\bar{Y}]$, jer je:

$$[\bar{Z}] = [\bar{Y}]^{-1}$$

$$D = 0{,}3 \cdot 20 - (-j\,2)\,(j\,2) = 2$$

$$[\bar{Y}]^t = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 0{,}3 & -j\,2 \\ \hline 2 & j\,2 & 20 \end{array}$$

$$[\bar{Z}] = \begin{array}{c|cc} \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 20 & -j\,2 \\ \hline 2 & j\,2 & 0{,}3 \end{array} = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 10 & -j\,1 \\ \hline 2 & j\,1 & 0{,}15 \end{array} \ \Omega$$

U ovim matricama je uključen idealni transformator, pa se matrice mijenjaju kod promjene njegovog prijenosnog omjera.

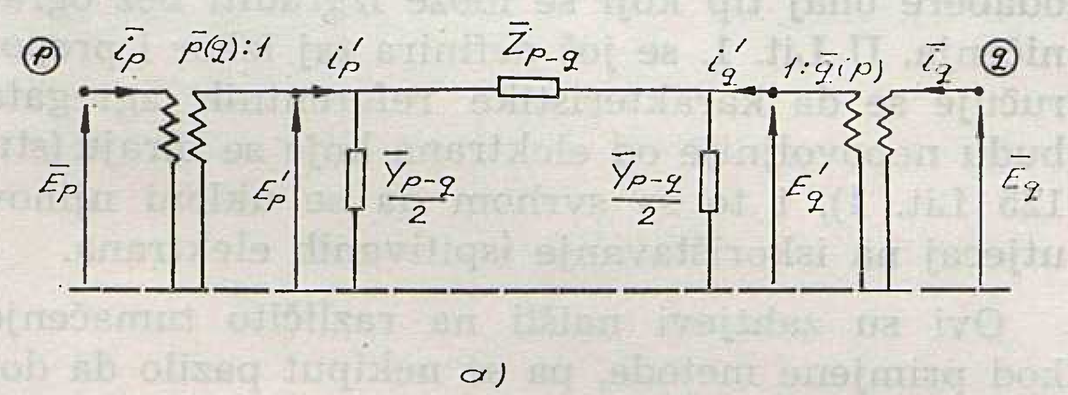
Promjenimo $q(p)$ na $j\,0{,}2$. Računamo novu matricu $[\bar{Y}]$

$$\bar{Y}_{12} = -\frac{0{,}2}{j\,0{,}2 \cdot 1} = j\,1\ S$$

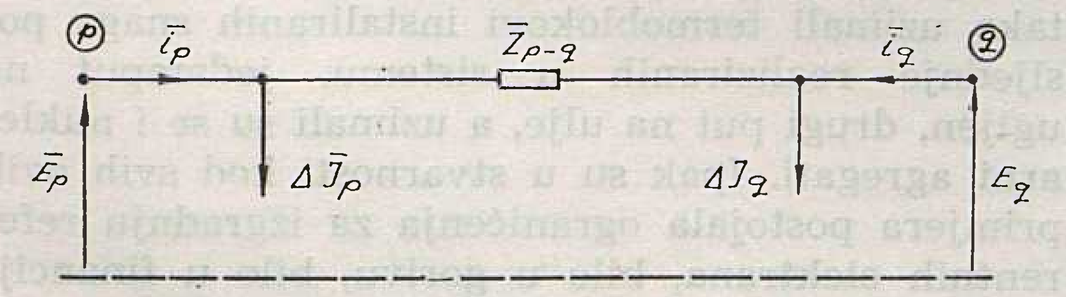
$$\bar{Y}_{21} = -\frac{0{,}2}{-j\,0{,}2 \cdot 1} = -j\,1\ S$$

$$\bar{Y}_{22} = \frac{0{,}2}{|j\,0{,}2|^2} = \frac{0{,}2}{0{,}04} = 5\ S$$

$$[\bar{Y}] = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 0{,}3 & j\,1 \\ \hline 2 & -j1 & 5 \end{array} S$$

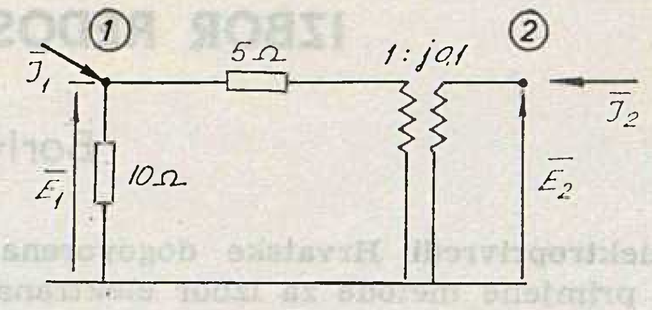


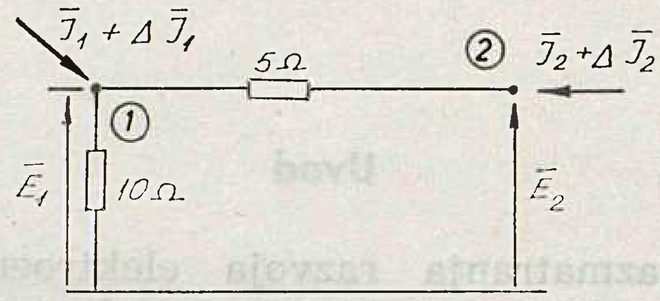
a)



b)

Slika 15





b)

Slika 16

Računamo nadomjesne struje:

$$\Delta\bar{J} = -\frac{1}{5}\left(\frac{1}{j\ 0{,}1} - 1\right)\bar{E}^2 = (0{,}2 + j\ 0{,}2)\,\bar{E}_2$$

$$\Delta\bar{J}_2 = \left(\frac{1}{|j\ 0{,}1|^2} - 1\right)\frac{1}{5}\bar{E}^2 - \frac{1}{5}\left(\frac{1}{-j\ 0{,}1} - 1\right)\bar{E}^2 =$$

$$= (-0{,}2 + j\ 2)\,\bar{E}_1 + 19{,}8\ \bar{E}_2$$

Ekvivalentna shema mreže sa nadomjesnim strujama prikazana je na sl. 16. b. Matrica [Z] ove mreže je:

$$[\bar{Z}] = \begin{array}{c|cc} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 10 & 10 \\ \hline 2 & 10 & 15 \end{array} \ \Omega.$$

Promjene prijenosnog omjera transformatora ne utječu na ovu matricu, ali utječu na proračun nadomjesnih struja.

Promjenimo $q(\bar{p})$ na $j\,0{,}2$. Računamo nove nadomjesne struje

$$\Delta\bar{J}_1 = -\frac{1}{5}\left(\frac{1}{j\ 0{,}2} - 1\right)\bar{E}_2 = (0{,}2 + j\ 1)\,\bar{E}_2$$

$$\Delta\bar{I}_2 = \left(\frac{1}{|j\ 0{,}2|^2} - 1\right)\frac{1}{5}\bar{E}_2 - \frac{1}{5}\left(\frac{1}{-j\ 0{,}2} - 1\right)\bar{E}_1 =$$

$$= (0{,}2 - j)\,\bar{E}_1 + 4{,}8\,\bar{E}_2$$

Naslov pisca: mr. Marija Ožegović, dipl. ing. Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split

IZBOR REDOSLIJEDA IZGRADNJE ELEKTRANA

Borivoj Baranović, Zagreb

U elektroprivredi Hrvatske dogovorena je metoda programiranja razvoja za srednja i duža razdoblja. Kod primjene metode za izbor elektrana na 15 godina dolazi do poteškoća zbog pomanjkanja dovoljnog broja raspoloživih projekata koji se mogu realizirati, kao i kod proračuna ekonomskog optimuma elektroenergetskog sistema. Predlaže se upotreba globalne metode simulacije s variranjem podataka tipskih elektrana.

DK 621.311.2

Uvod

Kod razmatranja razvoja elektroenergetskog sistema s velikim udjelom hidroelektrana može se birati redoslijed realizacije projekata elektrana pomoću »metode simulacije«, to jest, oponašanja konkretnih prilika u sistemu u budućnosti. Nedavno smo dobili prvi puta »Jedinstvenu metodologiju« uz Društveni dogovor o programiranju razvoja elektroprivrede (Lit. 3), u kojoj se propisuje cjelokupni sistem planiranja razvoja elektroprivrede. Ovdje ću obratiti pažnju samo na onaj dio Metodologije koji određuje način određivanja redoslijeda izgradnje elektrana. U Metodologiji je izabran način koji potpuno odgovara onom u Lit. 1, u osmom i devetom poglavlju.

Metoda izbora sastoji se u tome, da se za niz godišnjih veličina konzuma u budućnosti (što veći niz, 15 god.) izrade serije bilanci promatranog elektroenergetskog sistema i izračunaju svi troškovi u sistemu za slijedeće slučajeve strukture proizvodnih izvora:

Serija 1 — postojeće elektrane (i one u izgradnji) dopunjene termoelektranama jednog, uvijek istog tipa, tzv. referentnim elektranama.

Serija 2 — postojećim elektranama dodaje se elektrana ili kombinacija elektrana koje se biraju uz dodatak referentnih elektrana, kao u seriji 1, do zadovoljenja konzuma.

Serija 3 do n — isto se ponavlja s daljnjim elektranama, odnosno kombinacijama elektrana koje se biraju, dok se ne iskoriste svi raspoloživi projekti.

Takva analiza, uz unaprijed određenu istu sigurnost opskrbe potrošača, daje u nizu rezultata podatke o smanjenju dodatne snage referentnih elektrana (agregata), do čega dolazi zbog uvrštenja hidroelektrana ili termoelektrana koje se biraju. Ta analiza pokazuje i promjene u troškovima sistema, koje su posljedica izgradnje biranih hidroelektrana i termoelektrana, odnosno njihovih kombinacija. Ovi podaci pokazuju koja nova elektrana, ili kombinacija elektrana, daje za određeni konzum najniže troškove u sistemu, a u seriji konzuma pokazuje se i redoslijed izgradnje, tj. optimalni moment u izgradnji pojedine elektrane.

Ova metoda polazi od poznate činjenice da utjecaj svake nove elektrane na troškove u sistemu ne ovisi samo o njenim karakteristikama, nego i karakteristikama svih postojećih i budućih elektrana u sistemu. Traži se dakle kod ovakve analize troškova sistema, poznavanje konkretnih podataka za sve elektrane koje konkuriraju za razdoblje promatranja, dakle po Metodologiji za 15 godina. Šire gledano, problem izbora odnosno redoslijeda izgradnje elektrana usko je povezan sa strukturom proizvodnih kapaciteta u sistemu. Birajući elektrane biramo ujedno i strukturu proizvodnje.

U smislu rečenoga, problem se proširuje i na odabiranje glavnih parametara elektrana. Kod hidroelektrana valjalo bi u projektima provedeni izbor veličine akumulacionog bazena i instalirane snage elektrane provjeriti s obzirom na utjecaj sistema u kojem će raditi. Potrebno je zato u opisanu analizu uključiti i variranje instalirane snage i volumena akumulacije hidroelektrane koja se promatra, i na taj način istovremeno odrediti i opravdanost izgradnje i optimalne parametre.

Daljnji problem kod primjene metode izbora elektrana jest prethodno određivanje parametara referentnih termoelektrana (agregata), koji su u računima potrebni onda kad promatrana elektrana, ili kombinacija elektrana, ne zadovoljava konzum.

Metodologijom se propisuje da karakteristike referentnih agregata valja definirati tako, da se odabere onaj tip koji se može izgraditi bez ograničenja. U Lit. 1. se još definira taj izbor i preporučuje se da karakteristike referentnih agregata budu nepovoljnije od elektrana koje se biraju (str. 125 Lit. 1), i to sa svrhom da se ukloni njihov utjecaj na iskorištavanje ispitivanih elektrana.

Ovi su zahtjevi naišli na različito tumačenje kod primjene metode, pa se nekiput pazilo da dodatni, tj. referentni agregati, budu isti kao već izgrađeni, drugi put, da se mogu izgraditi bez ograničenja, npr. s obzirom na gorivo, pa su se tako uzimali termoblokovi instaliranih snaga posljednje realiziranih u sistemu, jedamput na ugljen, drugi put na ulje, a uzimali su se i nuklearni agregati. Ipak su u stvarnosti kod svih ovih primjera postojala ograničenja za izgradnju referentnih elektrana, bilo u gorivu, bilo u financijskim sredstvima, pa u rokovima izgradnje i drugim momentima koji prelaze okvire razmatranja u ovom članku. Najčešće poteškoće kod valorizacije rezultata analize izbora i redoslijeda izgradnje elektrana dolazile su zbog utjecaja karakteri-

stika referentnih agregata na iskorištenje ispitivanih elektrana, naročito ako su snage ispitivanih elektrana bile neujednačene, i ako je trebalo u nekom slučaju dodati, radi zadovoljenja konzuma, relativno velike snage referentnih agregata. Ako je k tome proizvodnja referentnih agregata bila jeftinija, onda je došlo do velikog iskorištenja njihove instalirane snage uz potiskivanje proizvodnje postojećih i ispitivanih elektrana. Sve je to iskrivljavalo ekonomske rezultate usporedbe.

Sama metoda bilanciranja poznata je u Metodologiji iz više objelodanjenih radova, a opisana je i u Lit. 1. Bilanciranje se provodi za konstantnu i varijabilnu snagu i energiju, s hidrološkim podacima za proteklih 30—40 g., tj. radi se sa serijama od 360—480 mjesečnih bilanci za svaki budući godišnji konzum i pri tom se dobiva iskorištenje snage i preljevi u hidroelektranama, te potreba za snagama u termoelektranama za 100% zadovoljenja konzuma u svakom mjesecu serije. Potrebna raspoloživa snaga termoelektrana korigira se još kontrolom izvršenja godišnjih remonta, te kontrolom raspoloživosti rotirajuće rezerve kod momentanog ispada najvećeg agregata u sistemu. Pri određivanju potrebnih instaliranih snaga termoelektrana uračunava se još 10% za rezervu za dugotrajne ispade postrojenja iz sistema i određuje se stupanj sigurnosti snabdijevanja konzuma. Ovaj izbor ovisi o tome, za koju se vjerojatnost pojave mjesečnih voda odlučujemo izgraditi proizvodne kapacitete sistema da bi zadovoljili konzum u potpunosti. Time ujedno odlučujemo, da je ekonomično za razdoblja manjih voda reducirati potrošnju električne energije. Neke analize su pokazale da je za našu strukturu potrošnje ekonomično instalirati sistem za 90% vjerojatnosti hidrologije.

Bilanciranje se završava izračunavanjem godišnjih veličina proizvodnje, preljeva i redukcija potrošnje električne energije za svaki godišnji konzum. Za prosječne hidrološke prilike svakog godišnjeg konzuma izračunavamo ekonomske podatke za cijeli sistem, stalne i promjenljive troškove, i, po potrebi, štete kod potrošača zbog redukcija električne energije.

Dosad nije uspjelo Metodologiju primijeniti u cijelosti ni za jedan program razvoja elektroprivrede, a u nastavku ovog članka opisat će se dva primjera nepotpune i skraćene primjene u vezi s izborom elektrana za SRH. Ovi računi bili su provedeni u poduzeću Elektroprivreda, Zagreb radi zauzimanja stanovišta pri razmatranju izbora elektrana u Udruženju elektroprivrednih organizacija SRH.

Izbor elektrana za 1975—1980. g., prva razrada studeni 1971. godine

Promatralo se samo razdoblje od pet godina, a ne petnaest, kako to propisuje Metodologija, jer nije bilo dovoljno projekata za toliko povećanje snabdijevanja konzuma.

Postojali su podaci za ove elektrane:

HE Split II (Zakučac II)	260 MW	TE Sisak II	210 MW
HE Obrovac	125 MW	TE Rijeka I	250 MW
CHE Zagreb	312 MW	TE-TO Zagreb	120 MW
NE Krško (50%)	318 MW	EL-TO Zagreb	120 MW

Godišnje potrošnje električne energije, zajedno s gubicima prijenosa, uzete su ovako, u GWh:

Godina	1976.	1977.	1978.	1980.
Potrošnja:	11809	12660	14328	16621

To je konzum koji se u vrijeme ove razrade smatrao u Udruženju elektroprivrede službenom prognozom za SRH.

Podaci hidroelektrana koje se uspoređuju:

	Instalirano MW	Investicije 10^6 d	Spec. investicije 10^4 d/MW
HE Split II	260	370,00	143,0
HE Obrovac	125	531,00	425,0
CHE Zagreb	312	418,00	134,0

Cijene tekućeg goriva, tj. teške frakcije mazuta iz domaćih rafinerija u blizini gornjih termoelektrana, uzete su u ovim iznosima, u *d/1000 kcal:*

Postavno	Sisak	0,04242
	Rijeka	0,04242
	Zagreb, TE-TO	0,04656
	Zagreb, EL-TO	0,04671

Podaci termoelektrana koje se uspoređuju

	Instalirano MW	Prag MW	Min MW	Potrošak kcal/kWh	Gorivo p/kWh	Investicije	
						10^6 d	10^4 d/MW
TE Sisak II	210	198	53	2420	10,57	360,00	171,5
TE Rijeka I	250	236	59	2320	10,14	553,00	221,0
TE-TO Zagreb II	120	114	35	2540	12,16	177,45	148,0
EL-TO Zagreb II	120	114	25	2575	12,43	181,27	151,0
NE Krško 50%	318	300	160		2,86	1367,00	427,0

Rezultati proračuna elektroenergetskih bilanci sistema SRH, razrada od XI 1971. god.
(u svim iznosima dodavane su vrijednosti za Split II)

Tablica 1

Kombinacija elektrana koje se dodaju sistemu	Snaga +MW	Investicije $+10^6$ d	Ukupni troškovi sistema 10^6 d	p/kWh	Dodatna (referentna) TE MW
Konzum 11809 (1976. g.)					
1. TE—TO + EL—TO	500	728,72	1672,330	0,14220	54,0
2. Sisak II	470	730,05	1673,600	0,1438	70,4
Konzum 12660 GWh (1977. g.)					
1. TE—TO + EL—TO + Sisak II	710	1088,77	1806,815	0,14320	30,9
2. TE—TO + EL—TO + Rijeka I	760	1281,72	1827,124	0,14480	∅
3. Sisak II + Rijeka I	720	1283,05	1839,560	0,14580	21,3
Konzum 14328 (1978. g.)					
1. TE—TO + EL—TO + Sisak II + NE	1048	2327,77	2054,610	0,14362	70,8
2. TE—TO + EL—TO + Rijeka I + NE	1098	2520,72	2073,050	0,14490	37,9
3. Sisak II + Rijeka I + NE	1058	2522,05	2000,445	0,14613	60,9
Konzum 16621 GWh (1980)					
1. TE—TO + EL—TO + Sisak II + Rijeka I + + NE + Obrovac + CHE	1835	3957,77	2481,299	0,14520	∅
2. TE—TO + EL—TO + Sisak II + Rijeka I + + NE + Obrovac + Rijeka II	1668	4072,77	2539,080	0,15292	30,5

Sve su investicije za opremu prema cijenama iz socijalističkih zemalja, osim za Rijeku i Krško koje su određene na osnovi cijena na zapadnom tržištu.

Kod toplinskih agregata navedeni su samo podaci za kondenzacionu energiju i dio investicija koji otpada na elektroprivredu kod podjele 65 : 35. Efekti racionalizacije u protutlačnom pogonu dijele se između elektroprivrede i toplinske djelatnosti u odnosu 50 : 50, pa se potrošak za električnu energiju od 1100 kcal/kWh povećava za 740 kcal/kWh. Troškovi goriva su zato za protutlačnu električnu energiju u TE-TO 8,67, a u EL-TO 8,85 p/kWh.

Godišnje proizvodnje protutlačne električne energije, što se u cijelosti konzumiraju u bilancama, podijeljene su približno jednoliko na 12 mjeseci u godini, premda to ne odgovara stvarnosti. Godišnje količine uzete su, u *GWh:*

	1976.	1977.	1978.	1980.	1985.
TE-TO I	4,1	915	15,0	18,1	18,1
TE-TO II	305,0	322,5	339,9	363,9	433,4
EL-TO I	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
EL-TO II	217,4	234,8	252,2	284,4	329,4

Stari pogoni, kad ne bi došlo do novih blokova, morali bi više proizvoditi, do granica svojih mogućnosti, tj. TE-TO do 240 GWh i EL-TO do 60 GWh. Ostali dio toplinskog konzuma morao bi se namirivati iz niskotlačnih kotlovnica.

Investicije u električna prijenosna postrojenja računate su posebno, prema stvarnim lokalnim prilikama s potrebnim elementima, da bi se nova proizvodna snaga mogla priključiti na postojeću prijenosnu mrežu. Pri tom je uzeto u obzir da je u investicijama svake elektrane sadržan iznos za polje bloka generator-transformator i za ostalo, što od električnih postrojenja u transformatorskoj stanici pripada elektrani.

Stalni godišnji troškovi računati su za elektrane na otplatu 15 god. i kamatnu stopu 6,5%. Prosječni iznosi za 15-godišnje razdoblje, dobiveni su u 10^3 *d* kako slijedi:

HE Split	59.200	TE Sisak II	57.283
HE Obrovac	80.446	TE Rijeka I	92.899
CHE Zagreb	64.772	TE-TO Zagreb	28.458
NE Krško	193.562	EL-TO Zagreb	29.045

Kod toplanskih blokova dani su samo troškovi koji terete elektroprivredu.

Stalni troškovi za sva proizvodna i prijenosna postrojenja u elektroprivredi Hrvatske bili su na startu ovog računa 931.800 · 10^3 d, računajući s novim elektranama puštenim u pogon do kraja 1975., u koje su uključeni i TE Tuzla IV i TE Obrenovac IV.

Sve su cijene prije devalvacije izvršene u prosincu 1971.

Kao referentna elektrana, u smislu Metodologije, uzet je agregat TE Obrenovac V, s istim karakteristikama kao što je TE Obrenovac IV, tj.:

Stalni troškovi	104.850 · 10^3 d
Promjenljivi troškovi	6,66 p/kWh
Promjenljivi troškovi s troškovima i gubicima prijenosa do SRH	8,16 p/kWh

U stalne troškove uključena ja zapadna oprema, a nisu uzete investicije u rudnik, premda je to investitor tražio. U promjenljivim troškovima nalazi se cijena goriva s 2,06 p/1000 kcal i akumulacija 1 p/kWh po zahtjevu investitora kod pregovora za Obrenovac IV. Ovako, relativno niska cijena goriva uzrokom je da su promjenljivi troškovi referentne elektrane niži od cijena postojećih i ispitivanih elektrana. Stoga je kod računa angažiranja u elektroenergetskom sistemu imala ova referentna elektrana prednost pred svakom drugom termoelektranom, pa zato i veće godišnje iskorištenje instalirane snage. Kako je ona bila ipak samo pomoćno računsko pomagalo, jer se u stvari nije trebala graditi iz drugih limitirajućih razloga, dolazilo je do nerealnih troškovnih kalku-

lacija sistema u slučajevima velikih angažiranja ove referentne elektrane.

Daljnja nerealnost je kod primjene stalnih troškova referentne elektrane. Uzima se, naime, samo toliki dio troškova snage koliko se u konkretnom računu angažiralo snage, dakle često dio agregata. Ovaj način ima više aspekt uvoza energije, negoli izgradnje referentnih agregata, ali su onda cijene angažiranja snage i cijene energije drugačije.

U našoj razradi izbora elektrana uspoređivalo se više pojedinačnih elektrana i njihovih kombinacija, ali će se ovdje prikazati samo oni rezultati kod kojih je bio utjecaj referentne elektrane manji, pa i rezultati realniji. Za primjer će se dati i slučaj s velikim angažiranjem referentne elektrane i komentirati rezultat.

Pregled dobivenih rezultata za pojedine kombinacije elektrana daje se u pregledu ekonomskih podataka za prosječnu hidrologiju, dok je snaga referentne elektrane dana za 90% vjerojatnosti nastupa raspoloživih voda, znači za sušne prilike.

Kao hidrološke podloge služili su podaci po mjesecima 1926—1955.

Kao primjer nerealnog rezultata mogu poslužiti ovi podaci iz usporednog računa koji je također bio izveden u ovoj razradi za konzum 11.809 GWh:

Slučaj:	Sisak II	Jertovec II
Podaci elektrana		
Instalirana snaga, MW	210	55
Raspoloživo prag, MW	198	52,2
Minimalno, MW	53	∅
Potrošak, kcal/kWh	2420	2810
Gorivo, p/kWh	10,57	12,33
Investicije, 10^6 d	360,00	103,00
Spec. investicije, 10^4 d/MW	171,5	187,3
Podaci sistema (bez HE Split II)		
Promjenljivi troškovi, 10^6 d	581.827	568.588
Ukupni troškovi, 10^6 d	1,714.675	1,707.199
Spec. troškovi, d/kWh	0,14588	0,14355

Izlazi, dakle, običnom usporedbom, koja je ovdje izvedena, da je bolje graditi TE Jertovac II, premda ima veći specifični potrošak topline za 16% i veće investicije za 10% nego Sisak II. (TE Jertovec II čiji su podaci ovdje dani jest projekt s parnim agregatom proizvodnje SSSR-a). Ovakav način nepotpune primjene Metodologije ne dovodi do pravih rezultata.

Posebno je u ovoj razradi izbora elektrana bio obrađen problem novih toplanskih agregata, i bilo je pokazano da ne dolaze u obzir za puštanje u pogon prije 1977. iz razloga koji, međutim, nisu u okviru tematike ovoga članka.

Izbor elektrana za 1977—1980. g., razrada od XII. 1973. god.

Nakon odobrenja Rebalansa plana izgradnje elektroprivrede SRH za 1971—1975. postavilo se pitanje snabdijevanja povećanog konzuma u SRH radi planiranog ulaska u pogon elektrolize aluminija za daljnjih 35.000 t, kao i snabdijevanje ostalog konzuma do kraja 1980. g. U prvom redu valjalo je provjeriti da li je opravdano povećanje TE Rijeka od 200 na 320 MW i koji bi bili slijedeći izvori. I opet je bilo na raspologanju tako malo projekata i ostalih podataka, da se nije moglo razmatrati duže vremensko razdoblje.

Konzum. Uzete su varijante točno prema veličinama iz Rebalansa plana (posljednje izdanje IV. 1973.) i zatim korigirano za distributivnu potrošnju prema novijem proračunu po Metodologiji uz Društveni dogovor o programiranju razvoja. U oba slučaja uzeto je zadovoljavanje cijele elektrolize od 110.000 t, dok eventualna izgradnja pirolize na Rijeci nije obuhvaćena. Tako su zajedno s gubicima prijenosa, dobiveni iznosi, u GWh:

	1977.	1978.	1979.	1980.
Konzum po Rebalansu	11000	11890	12900	14050
Korigirani konzum	11474	12391	13444	14323

Elektrane. Uzete su sve elektrane koje su odobrene Rebalansom plana, tako da se TE Rijeka računa u varijantama 200 i 320 MW. Daljnje elektrane za koje se istraživao optimum sistema bile

Proizvodnja protutlačne el. energije i snage po godinama i mjesecima za blok 135 MW i istovremeno u postojećim blokovima 2×32 MW u TE-TO, Zagreb

Tablica 2

Mjesec	1978.		1979.		1980.		1978.		1979.		1980.	
	Snaga MW	Proizv. GWh	Snaga MW	Proizv. GWh	Snaga MW	Proizv. GWh	Snaga MW	Proizv. GWh	Snaga MW	Proizv. GWh	Snaga MW	Proizv. GWh
1	94,2	70,0	98,0	72,7	100,0	74,4	28,0	20,88	31,0	23,08	33,8	25,05
2	95,9	65,0	98,6	66,9	103,0	68,9	27,3	18,34	30,0	20,10	32,3	21,70
3	77,0	55,4	78,4	58,1	79,0	58,6	19,8	14,77	21,5	15,98	23,6	17,60
4	50,0	36,0	55,3	39,8	55,7	40,1	16,9	12,19	17,7	12,74	18,3	13,16
5	—	—	—	—	—	—	15,0	11,15	15,7	11,69	16,3	12,10
6	—	—	—	—	—	—	15,0	10,84	15,8	11,37	16,3	11,78
7	—	—	—	—	—	—	14,9	11,08	15,6	11,57	16,2	11,98
8	—	—	—	—	—	—	15,0	11,15	15,7	11,69	16,3	12,10
9	—	—	—	—	—	—	16,3	11,70	17,0	12,21	17,6	12,63
10	45,9	34,1	50,7	37,6	51,5	38,3	18,8	13,95	19,6	14,54	20,2	14,98
11	75,5	54,3	80,6	58,0	81,5	58,6	19,1	13,74	21,2	15,23	23,0	16,52
12	85,0	63,2	87,6	65,0	91,5	67,9	24,2	18,00	26,0	19,35	28,0	20,82
S	523,5	378,0	549,2	398,1	562,2	406,8	230,3	167,79	246,8	179,54	261,9	190,42

su: TE Dalmacija i TE Slavonija, svaka po 200 MW i TE-TO Zagreb 135 MW.

Istraživao se utjecaj više kombinacija ovih elektrana, tako da svaka kombinacija uglavnom zadovoljava konzum. Pri tome se nije dopunjavala snaga proizvodnih kapaciteta sistema s referentnim agregatima da bi potrošnja bila u potpunosti zadovoljena, nego su iskazivani manjkovi odnosno redukcije električne energije. Na taj način se eliminirao utjecaj izbora referentnih agregata na uspoređivanje ekonomskih rezultata kombinacija.

Osnovni podaci za bilanciranje. Proizvodnja hidroelektrana računala se za 1926—1956, termoelektrana sa snagom na pragu umanjenom za 10%, za rezervu, pri čemu je snaga rezerve povećavana, ako nije bio zadovoljne uvjet, tako da uvijek bude ukupno 90 MW rotirajuće rezerve. Ovdje je po Metodologiji pretpostavljeno, da ostatak do snage najvećeg agregata u našem sistemu imamo u rotirajućoj rezervi ostalih sistema, s kojima smo električki povezani.

Proizvodnja protutlačne energije u toplanskim agregatima računala se varijabilno, po mjesecima, u skladu s potrebama toplinskog konzuma, pa je u tom pogledu promijenjen program za eletkroničko računalo prema razradi u prvom primjeru.

Uvoz energije iz ostalih sistema, kao trajna dopuna, nije ušao u obzir, nego su u slučaju kombinacije s premalo instalirane snage iskazani manjkovi, odnosno redukcije potrošnje.

Podaci elektrana koje se uspoređuju

	Prag MW	Min. MW	Potrošak kcal/kWh	Gorivo p/kWh	Investicije 10^3 d
TE Rijeka, 320 MW	304,0	91,0	2.328	10,25	1,126.575
TE Rijeka, 200 MW	198,5	59,5	2.508	11,36	644.610
TE Dalmacija, 200 MW	198,5	59,5	2.508	12,10	644.610
TE Slavonija, 200 MW	198,5	59,5	2.508	11,85	652.300
TE-TO Zagreb, 135 MW	126,0	37,8	2.580	13,06	320.468

Specifični potrošci uzeti su za 8,5% veći od garantiranih. Cijene opreme su iz istočnoevropskih zemalja, osim za Rijeku 320 MW, gdje su sa Zapada. Sve cijene su iz polovine 1973. g.

Kod TE-TO Zagreb navedeni su samo podaci za kondenzacionu energiju i dio investicija koji otpada na elektroprivredu kod podjele 80 : 20. Efekti racionalizacije u protutlačnom pogonu dijele se između elektroprivrede i toplinske djelatnosti u odnosu 50 : 50, pa se potrošak za električnu energiju od 1100 kcal/kWh povećava za 740 kcal/kWh. Troškovi goriva su zato za protutlačnu energiju, zajedno s obveznom kondenzacionom, u novom toplanskom bloku 10,52 p/kWh. Proizvodnja ove energije u GWh prikazana je u tablici 2.

Cijena goriva izračunata je na osnovi cijena iz Sl. lista 34 / 16. 6. 73, kako slijedi:

Din/1000 kcal

	Skladište	Ložište
TE Rijeka	0,0450	0,0462
TE Dalmacija	0,0473	0,0485
TE Slavonija	0,0463	0,0475
TE-TO Zagreb	0,0493	0,0515

Podaci za 50% NE Krško, koja se ne uspoređuje, ali ulazi u troškove kombinacija, su slijedeći:

Raspoloživa snaga	270,0 MW
Minimalna snaga	108,0 MW
Promjenljivi troškovi	3,0 p/kWh
Investicije	2000×10^3 d

U računu troškova sistema računati su godišnji stalni troškovi novih elektrana sa 16,5% od navedenih investicionih iznosa.

Rezultati energetskih bilanci. Rezultati kombinacija, izraženi u ekonomskim veličinama, za prosječne hidrološke prilike, dani su u tablicama 3. i 4.

Za potpunu usporedbu ekonomskih efekata valjalo bi valorizirati i štete kod potrošača električne energije, i tako dobiti elemente za pronalaženje optimuma cijelog sistema elektroprivreda + potrošači. Tek tada bi se moglo zaključiti koja je kombinacija elektrana najbolje rješenje. Međutim, kao indikacija mogli su već poslužiti podaci o redukcijama u GWh.

Ako zbrojimo troškove za cijelo promatrano razdoblje, tj. 1977—1980, a isto tako konzum i redukcije, imamo za prosječne hidrološke prilike ove veličine:

	Troškovi d · 10^6	Redukcije GWh
Konzum 49.850 GWh		
Kombinacija I	9271,9	49,9
Kombinacija II	9491,2	21,8
Kombinacija III	9338,0	39,5
Kombinacija IV	9486,1	18,9
Konzum 51.632 GWh		
Kombinacija A	9682,1	89,6
Kombinacija B	9840,8	21,7
Kombinacija C	9693,9	36,9
Kombinacija D	9963,5	13,2

Za obje veličine konzuma sistem ima najmanje troškove u kombinacijama I i A, ali i najmanje zadovoljenje konzuma. Druge po redu ekonomičnosti su kombinacije III i C, kod kojih je konzum

bolje opskrbljen. Daljnje kombinacije su mnogo skuplje, pa je pitanje da li se isplati ići na još veće, gotovo 100-postotno zadovoljenje konzuma.

Zaključak

Dosadašnji rad na primjeni Metodologije pokazuje da je valjalo u potpunosti primijeniti i temeljito ispitati pojedine faze računa, a osobito način primjene referentne elektrane. Nakon dosadašnjeg rada ostala su otvorena ova pitanja:

- da li je referentna elektrana računska pomoćna veličina koja se iz rezultata mora eliminirati i koja ne smije utjecati na rezultate,
- ili se referentna elektrana ima stvarno graditi, to znači da se u provedenim računima samo određuje njena snaga,
- u tom slučaju da li ući u troškove sistema s punom snagom agregata referentne elektrane, ili samo dijelom, ako to bilance zahtijevaju,
- ili smatrati snagu referentne elektrane energetskim pokazateljem troškova uvoza energije iz drugih sistema.

Nadalje bi valjalo vidjeti da li je potrebno postojeću Metodologiju dopuniti prethodnom fazom programiranja razvoja pomoću globalnog modela optimiranja sistema na dulji rok, tipovima (uzorcima) elektrana, tako da ne bi trebao veliki broj gotovih projekata elektrana za duže buduće razdoblje, npr. 15 g. Ova analiza, u velikim i mnogo-

Rezultati proračuna elektroenergetskih bilanci sistema SRH

Tablica 3

Kombinacija elektrana koje se dodaju sistemu	Snaga +MW	Investicije $+10^6$ d	Ukupni troškovi sistema 10^6 d	p/kWh	Preljevi/redukcije GWh
1977. g., konzum 11000 GWh					
I Rijeka 200 + TE + TO 135	335	965,1	2047,2	18,63	112,7/ 5,7
II Rijeka 200 + Dalmacija 200	400	1288,2	2065,9	18,80	90,00/2,6
III i IV Rijeka 320	320	1126,2	2050,1	18,65	90,9/ 7,7
1978. g., konzum 11890 GWh					
I Rijeka 200 + TE—TO 135	335	965,1	2151,7	18,10	90,3/34,7
II Rijeka 200 + Dalmacija 200	400	1288,2	2201,5	18,53	64,3/14,4
III Rijeka 320 + TE—TO 135	455	1477,1	2202,5	18,54	85,1/ 9,3
IV Rijeka 320 + Dalmacija 200	520	1771,2	2257,3	18,92	73,8/ 3,3
1979. g., konzum 12900 GWh					
I Rijeka 200 + TE—TO 135 + NE 300	635	2965,1	2417,0	18,75	75,2/ 5,3
II Rijeka 200 + Dalmacija 200 + NE 300	700	3288,2	2472,8	19,13	64,8/ 2,6
III Rijeka 320 + TE—TO 135 + NE 300	755	3447,1	2477,7	19,37	85,9/ 2,1
IV Rijeka 320 + Dalmacija 200 + NE 300	820	3771,2	2528,7	19,62	63,2/ 3,0
1980. g., konzum 14050 GWh					
I Rijeka 200+TE—TO 135+NE 300+Slav. 200	835	3617,4	2656,0	18,32	64,1/ 4,2
II Rijeka 200 + Dal. 200 + NE 300 + Slav. 200	900	3940,5	2751,0	19,60	48,4/ 2,2
III Rijeka 320 + TE—TO 135 + NE 300	755	3447,1	2607,7	18,56	65,8/21,4
IV Rijeka 320 + Dalmacija 200 + NE 300	820	3771,2	2650,0	18,85	46,0/ 4,9

Rezultati proračuna elektroenergetskih bilanci sistema SRH

Tablica 4

Kombinacija elektrana koje se dodaju sistemu	Snaga +MW	Investicije $+10^6$ d	Ukupni troškovi sistema 10^6 d	p/kWh	Preljevi/redukcije GWh
1977. g., konzum 11474 GWh					
A. i B. Rijeka 200 + Dalmacija 200	400	1288,2	2254,5	19,68	82,7/ 5,7
C. Rijeka 320 + TE—TO 135	455	1477,1	2155,7	18,80	96,7/ 3,5
D. Rijeka 320 + Dalmacija 200	520	1771,2	2208,9	19,30	78,5/ 1,9
1978. g., konzum 12391 GWh					
A. Rijeka 200 + Dalmacija 200	400	1288,2	2263,1	18,32	60,0/35,1
B. Rijeka 200 + Dal. 200 + TE—TO 135	535	1608,7	2312,6	18,60	71,4/ 6,8
C. Rijeka 320 + TE—TO 135	455	1447,1	2262,1	18,31	75,5/27,3
D. Rijeka 320 + Dalmacija 200	520	1771,2	2315,3	18,62	56,1/ 9,2
1979. g., konzum 13444 GWh					
A. Rijeka 200 + Dalmacija 200 + NE 300	700	3288,2	2535,4	18,86	56,3/ 5,5
B. Rijeka 200+Dal. 200+NE 300+TE—TO 135	835	3610,0	2586,2	19,28	76,4/ 1,7
C. Rijeka 320 + TE—TO 135 + NE 300	755	3447,1	2334,9	17,62	65,0/ 3,7
D. Rijeka 320 + Dalmacija 200 + NE 300	820	3771,2	2590,4	19,30	52,6/ 2,1
1980. g., konzum 14323 GWh					
A. Rijeka 200 + Dalmacija 200 + NE 300	700	3288,2	2629,1	18,35	43,5/43,3
B. Rijeka 200+Dal. 200+TE—TO 135+NE 300	835	3610,0	2687,5	18,75	57,1/ 7,5
C. Rijeka 320+TE—TO 135+NE 300+Slav. 200	955	4099,4	2741,2	19,13	55,1/ 2,4
D. Rijeka 320+TE—TO 135+Dal. 200+Slav. 200+NE 300	1155	4744,0	2848,9	19,88	62,5/ 0,0

brojnim serijama, imala bi za strategijske varijable globalni volumen raznih tipova elektrana, protočnih, akumulacionih i crpnih hidroelektrana, zatim termoelektrana raznih veličina i na razno gorivo (i nuklearno), zatim plinskih turbina i kondenzacionih kapaciteta toplanskih agregata.

Energetske i ekonomske podatke za ove tipove elektrana valjalo bi posebno studirati, na osnovi već izvedenih projekata i mnogobrojnih idejnih rješenja, i pronaći granice vjerojatnosti razvoja raznih tipova za promatrano razdoblje u budućnosti. Kvaliteta ulaznih podataka u računske modele simulacije sistema utječe u znatnoj mjeri na rezultate, baš kao i sama matematska obrada.

Nadalje, valjalo bi pobliže definirati način određivanja marginalnih investicija za eliminiranje redukcija električne potrošnje ovisno o šteti koju one izazivaju kod raznih vrsta potrošnje. Ovdje je veliki problem određivanja veličine šteta, koje bi trebalo na određeni način i ažurno pratiti, u vezi s promjenama proizvodnih procesa i ekonomskih prilika.

Kod ovako velikih investicionih pothvata, kao što je izgradnja elektroenergetskih sistema, moramo pronaći metodu za određivanje najboljeg iskorištenja raspoloživih financijskih sredstava elektroprivrede, odnosno društva, npr. putem tzv. stope aktualizacije. Visoko određena stopa aktualizacije, u sredinama s velikom potražnjom investicionih kapitala, može imati presudni utjecaj na izbor postrojenja i na nivo zadovoljenja konzuma.

Svrha ovakve dopune Metodologije bila bi da dobijemo energetske i ekonomske indikatore za projektiranje konkretnih postrojenja, kao granične podatke za:

— jedinične investicione troškove
— jedinične pogonske troškove
— snagu u ovisnosti o karakteristikama sistema
— trajanje iskorištenja.

Ovi bi indikatori morali vrijediti u određenim varijacijama karakteristika sistema i služili bi za sastavljanje projektnih zadataka za osnovne i idejne projekte postrojenja na konkretnim lokacijama.

Tada bi se podacima iz tih projekata optimirao promatrani sistem za određivanje srednjoročnih programa razvoja, npr. 5—7 godina.

Literatura:

1. *Osnovna načela i metode za vrednovanje električne energije,* Institut za elektroprivredu, 1971.
2. *Društveni dogovor o programiranju razvoja elektroprivrede i planiranju i financiranju izgradnje elektroenergetskih objekata.*
3. *Jedinstvena metodologija za izradu programa razvoja i planova izgradnje elektroprivrede,* prilog Društvenog dogovora Lit. 2.

Borivoj Baranović, dipl. ing., Elektroprivreda Zagreb

Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

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

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

OPLODNI REAKTORI I PERSPEKTIVA NUKLEARNE ENERGIJE

Vladimir Knapp, Zagreb

Opisani su tipovi i karakteristike oplodnih reaktora kao reaktora budućnosti. Naročito je ukazano na veliku mogućnost uštede nuklearnog goriva, ali i na probleme koji otežavaju njihovu primjenu. Također je na kraju prikazan i problem sigurnosti i zaštite kod tog tipa reaktora.

DK 621.039

1. Uvod

O oplodnim se reaktorima govori kao o reaktorima budućnosti što je upravo motiv za ovaj prikaz. Razmatranje bi zapravo mogli započeti s negativnom tvrdnjom da današnji tipovi reaktora, tj. oni koji se danas nalaze u pogonu, odnosno grade, nemaju budućnosti. Tvrdnja, naravno, vrijedi uz određene kvalifikacije, ali nije bez osnova. Temelji se na činjenici da današnji reaktori veoma slabo iskorištavaju energiju sadržanu u uranu, tako da bi postojeće rezerve mogle potrajati samo relativno kratko vrijeme, najviše nekoliko desetljeća. Reaktori koji danas dominiraju kao razvijeni energetski reaktori, proizvodeći sve veće količine energije su tzv. lakovodni reaktori. U njima se energija najvećim dijelom dobiva iz U^{235}, a manjim iz U^{238}. Koliko je to nepovoljno s obzirom na iskorištenje urana vidi se iz činjenice da prirodni uran sadrži samo 0,7% U^{235}, a ostalo je U^{238}.

Inače, U^{238} može kao i U^{235} dati energiju u procesu fisije, s razlikom da fisiju ne mogu izazvati neutroni malih, termičkih energija. Lakovodni reaktori spadaju u tzv. termalne reaktore nazvane tako zbog sposobnosti da se prisustvom posebnih materijala, moderatora, energija neutrona nastalih u fisiji reducira na male, termičke vrijednosti. S obzirom na spomenutu razliku u osobinama dvaju izotopa urana, prisustvo moderatora u termalnim reaktorima onemogućuje iskorištenje U^{238}. No, kako je moderator, to jest materijal koji usporava neutrone ispod energije potrebne za fisiju U^{238}, stavljen u reaktor upravo sa zadaćom da neutrone uspori, potrebno je objašnjenje za taj u prvi mah nerazumljiv potez. Razlozi leže u tome, što je vjerojatnost da neutron izazove fisiju to veća što mu je brzina manja. Osim iz veoma velikog reaktora brzi bi neutroni pobjegli u okoliš prije no što bi izazvali fisiju. Kada se uspore izazivaju fisiju znatno povećanom vjerojatnosti, ali nažalost, samo na U^{235}. Uvećavanje vjerojatnosti za fisiju termalizacijom neutrona plaća se, dakle, gubljenje mogućnosti fisije U^{238}.

Što to znači s obzirom na perspektivu nuklearne energije, ilustrirat ćemo najbolje s nekoliko brojki:

Ako nuklearna energija treba da bude energija budućnosti, onda ona mora imati veliki potencijal zadovoljavanja budućih potreba, koje će početkom 21. stoljeća biti rezultat porasta stanovništva, porasta standarda, a time i svih vrsti potrošnje. Načinimo procjenu za 7 milijardi stanovnika i potrošnju energije od 1 kW po osobi. Najrazvijenije zemlje danas znatno prelaze ovu vrijednost, ali je svjetski prosjek znatno niži, oko 0,3 kW po osobi. Pretpostavka procjene je dizanje prosjeka na nivo danas razvijenih zemalja (ne najrazvijenijih). Podmirenje ovih energetskih potreba s izgaranjem urana u termalnim reaktorima pri tipičnom specifičnom iskorištenju zahtijevalo bi oko 600.000 tona urana godišnje, odnosno 60 milijuna tona za stoljeće. No, kolike su rezerve urana? Mogu li one pokriti takav nivo potrošnje? Odmah možemo reći da je uran mineral veoma rasprostranjen u malim koncentracijama. Međutim, ekonomski iskoristive količine su znatno manje. Njihova procjena ovisi o različitim pretpostavkama, no poslužimo se brojkama koje daje M.A.A.E. (1971) (1). Urana prve kategorije ima u količini od 900.000 tona uz cijenu manju od 22 dolara za kg U_3O_8, daljnjih 600.000 tona uz 50% veću cijenu. Ostale količine mogu se dobiti po progresivno višim cijenama, dok se ne dođe do cijene ekstrakcije urana iz granita ili iz mora kao gornje granice. Količine urana u tim izvorima su tolike, da nije potrebno razmatrati skuplje kategorije. Procijenjeno je, da se u oceanima nalazi oko 4 milijarde tona urana. Iskorištavanje samo jednog postotka te količine pokrilo bi potrebe za mnogo desetljeća. U svijetlu ranije procjene potrebnih količina urana vidi se da bi današnje rezerve *jeftinog* urana, na *budućem* nivou potrošnje trajale u *termalnim* reaktorima svega nekoliko godina. Točnija procjena rađena u okviru M.A.A.E. iz 1971. godine (1) koja uzima sadašnju nisku potrošnju urana i njezin postepeni porast, predviđa istrošenje rezervi jeftinog urana (po cijeni ispod 22 dolara za kg U_3O_8) za 15 godina.

Perspektiva nuklearne energije svodi se na dva konkretnija pitanja:

1) Postoji li bolji način iskorištavanja urana nego u današnjim termalnim reaktorima, gdje je fisija svega oko 1% jezgara prirodnog urana, i
2) Mogu li termalni reaktori koristiti uran iz znatno skupljih kategorija, tj. uran kojeg ima u daleko većim količinama, i još uvijek dobiti jeftinu energiju?

Po današnjem stanju reaktorske tehnologije i razumnim ekstrapolacijama čini se da je odgovor na *oba* pitanja pozitivan, tj. postoje barem dva puta za efektivno povećanje rezervi iskoristive nuklearne energije. Težište razvoja bilo je diktirano putem kojim su išle najveće nuklearne sile, a taj je bio povećanje iskorištenja urana sagorije-

vanjem U^{238} u tzv. brzim ili oplodnim reaktorima. Naziv brzi reaktori izražava jednu od bitnih karakteristika tih reaktora; neutroni u njima imaju znatno veću energiju, brži su, jer u tim reaktorima nema moderatora. Reducirana vjerojatnost izazivanja fisije s brzim neutronima mora se kompenzirati znatnim obogaćenjem goriva u U^{235}. Postotak U^{235} u uranu mora se povećati na oko 20 ili više posto. Tako obogaćeni uran je skupocjen, pa valja vidjeti što se time dobiva. Kao što je poznato u reaktorima se dio neutrona apsorbira u U^{238} vodeći na U^{239} koji se zatim u poluvremenu raspada od dvadesetak minuta pretvara u Np^{239}, a ovaj u P_u^{239} u poluvremenu raspada od pedeset sati. Ovaj posljednji izotop plutonija veoma je važan produkt. Plutonij 239 se, naime, po svojim fisionim karakteristikama može usporediti s U^{235} i efektivno ga zamijeniti. To znači da pri izgaranju U^{235} u reaktoru nastaje materijal koji zamjenjuje utrošeni U^{235}. To je važna činjenica iz koje proizlazi ideja oplodnog reaktora. Pojednostavljeno mogli bismo je formulirati kao sagorijevanje pri kojem se osim energije stvara kao produkt sagorijevanja i početno gorivo. To što je produkt plutonij ne mijenja ništa na stvari, jer je on, kao što smo već istakli, ekvivalentan U^{235}. U običnim termalnim reaktorima tako stvoreni plutonij svojom količinom samo djelomično nadomještava utrošeni U^{235}. Ako bi se stvorili uvjeti pod kojima bi stvoreni plutonij mogao u potpunosti zamijeniti utrošeni U^{235} tada bi imali reaktor koji bi zapravo sagorijevao U^{238}. Utrošeni U^{235} zamijenjuje se plutonijem, a ovaj opet novostvorenim plutonijem, sve na račun U^{238} iz kojeg plutonij nastaje. Uvjeti za ovakvo sagorijevanje U^{238} mogu se postići. Ostvaruju se odsustvom moderatora u reaktoru, što rezultira činjenicom da fisiju izazivaju neutroni viših energija nego u termalnim reaktorima. Pri takvoj se fisiji u prosjeku *oslobađa više neutrona.* Oslobođeni neutroni služe za daljnje fisije, tj. za održavanje lančane reakcije i za proizvodnju plutonija. Upravo taj povećani broj neutrona pri fisiji brzim neutronima, čini bitnu razliku. Više neutrona preostaje za proizvodnju plutonija, odnosno za nadoknadu utrošenog u^{235}. Može se postići još i više, tj. ne samo kompenzirati utrošeni plutonij s novoproizvedenim iz u^{238}, već proizvesti i više plutonija nego što je utrošeno. Otuda naziv oplodni reaktori. Shvatimo li plutonij kao gorivo takvog reaktora, onda on to gorivo proizvodi umjesto da ga troši. Naravno, iz ovog što smo rekli je jasno da to ide trošenjem U^{238}.

Bitan parametar koji izražava ovu karakteristiku kvantitativno jeste vrijeme kroz koje bi se udvostručila količina plutonija u reaktoru, tj. dodatno proizvela količina potrebna da bi se sagradio još jedan reaktor iste snage. To je tzv. vrijeme udvostručenja. Ono je važna karakteristika oplodnih reaktora, jer ako je vrijeme udvostručenja dovoljno kratko, ispod 10 godina, onda je moguće slijediti porast potrošnje jednog energetskog sistema izgradnjom oplodnih reaktora s plutonijem iz postojećih reaktora tog sistema.

Kakav je današnji tehnički i ekonomski status oplodnih reaktora? Od 1959. do sada stavljeno je u pogon 9 oplodnih reaktora, od čega su dva srednje snage. Još tri reaktora srednje snage su pred završetkom gradnje ili u gradnji, a ostali u projektu (2). Aktivnost je vrlo intenzivna, a ulaganja veoma velika; oko milijarde dolara za reaktore u gradnji, a oni su tek međufaza gradnje velikih reaktora snage 1.000 MW. U vezi s ranije rečenim, nastojanja su razumljiva: osim boljeg iskorištenja prirodnog urana, oplodni reaktori pružaju najbolju mogućnost iskorištenja plutonija koji se stvara u termalnim reaktorima, kao i osiromašenog urana koji ostaje pri proizvodnji urana obogaćenog u U^{235}. (Procjenjuje se da će SAD 1980. godine imati oko 400.000 tona osiromašenog urana preostalog nakon izdvajanja U^{235}).

2. Tipovi oplodnih reaktora

U opisu tipova brzih reaktora ograničit ćemo se na one na kojima je težište današnjeg razvoja, a to su plinom (helijem) hlađeni brzi reaktori i brzi reaktori hlađeni tekućim metalom (uobičajena kratica LMFBE — Liquid metal fast breeder reactor). Ima i drugih sistema u fazi razmatranja ili projekta, odnosno u pokusnom pogonu, kao na primjer homogeni reaktor (Sistem MSBR — Molten Salt Breeder Reactor), ali su dva spomenuta sistema najvažnija.

Nadalje, ne valja smetnuti s uma potencijal termalnih reaktora u približavanju oplodnji. No, svrha je ovoga napisa da se razmotre brzi reaktori, s njihovim prednostima i ograničenjima.

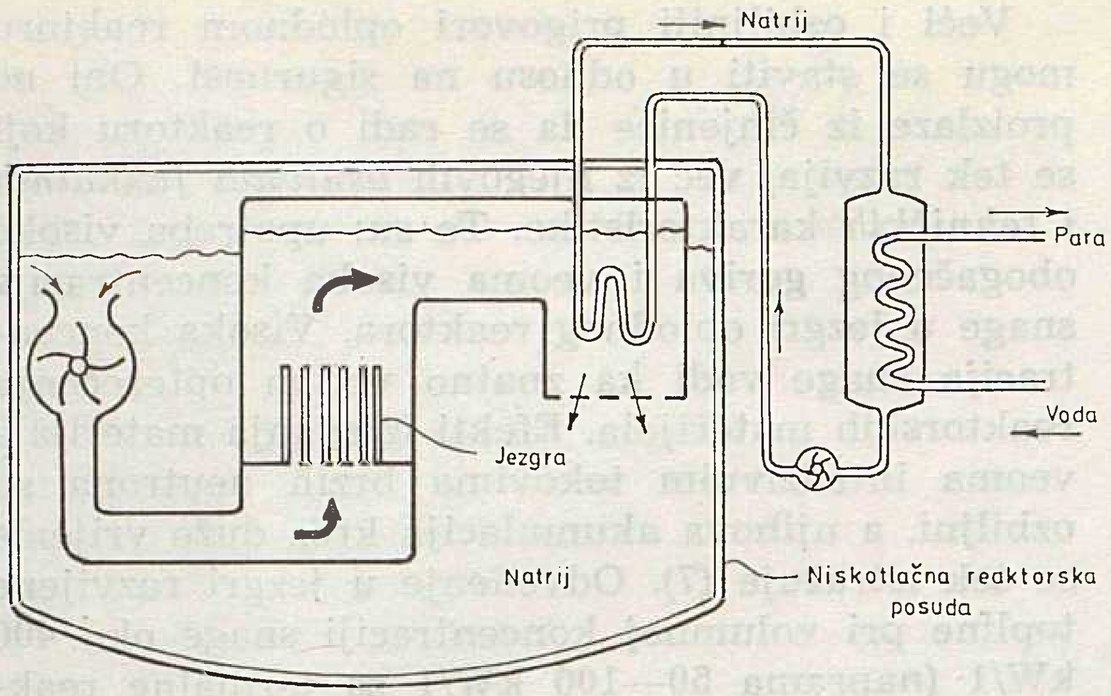
U današnjim gradnjama brzih reaktora dominira sistem s tekućim metalom, kao sredstvom za odvođenje topline iz reaktorske jezgre. 15 reaktora ovoga tipa nalazi se u pogonu ili u gradnji, a barem 10 u projektu.

U tablici je dano stanje na svršetku 1973. godine:

Oplodni reaktori hlađeni tekućim metalom

Oznaka	Zemlja	Snaga Termalna MW (t)	Snaga Električna MW (e)	Stavljanje u pogon
		U pogonu		
BR-5	SSSR	5		1959
Dounray	Vel. Britanija	60	15	1959
E.B.R.-11	USA	62,5	20	1963
Fermi	USA	200	67	1963
Rapsodie	Francuska	40		1967
SEFOR	USA	20		1969
BR-60	SSSR	60	12	1970
BN-350	SSSR	1000	150	1971
Phenix	Francuska	600	250	1973
		U gradnji		
PFR	Vel. Britanija	600	250	1974
FFTF	USA	400		1975
KNK 2	Zap. Njemačka	58	20	1974
YOYO EFR	Japan	100		1975
BN-600	SSSR	1500	600	1975
PEC	Italija	140		1976

Karakteristika je brzih reaktora vrlo velika volumna i težinska koncentracija snage. Dok je-



Slika 1

zgra jednog termalnog reaktora snage 1000 MW (e) sadrži oko 100 tona goriva (današnji lakovodni reaktori), dotle jedan LMFBR sadrži svega oko 15 tona goriva.

Ilustracije radi, evo podataka za dva reaktora tipa LMFBR koji su u završnoj fazi gradnje, odnosno upravo ulaze u pogon:

P.F.R. (Prototype Fast Reactor), Engleska

Snaga:	termalna	600 MW
	električna	270 MW
Ukupno goriva		4,1 t
od toga PuO_2		1,1 t
specifična snaga		147 kW (t)/kg

Phenix		568 MW
Snaga:	termalna	250 MW
	električna	
Ukupno goriva, oko		4 t
od toga PV		880 kg

Koncentracija snage u oba primjera je oko 150 kW/kg, što s obzirom na veliku specifičnu težinu goriva daje i golemu volumnu koncentraciju snage. Kod današnjih lakovodnih termalnih reaktora specifične snage se kreću od 25 — 35 kW/kg, a kod teškovodnih brojke su niže. Očito je, da odvođenje te izvanredne koncentracije snage mora biti znatno veći problem nego što je odvođenje energije iz jezgre termalnog reaktora. To je razlog da se kao hladilo koristi metal, dakle materijal velike toplinske vodljivosti.

Najčešće se koristi natrij, iako to nije jedina mogućnost.

Prednosti su natrija njegovo nisko talište, uz dosta visoku temperaturu vrelišta (896° pri 1 atm). Visoka temperatura vrelišta rezultira niskim tlakom para, pa se reaktorska posuda ne nalazi pod visokim pritiskom (pritisci se kreću od atmosferskog do oko 10 atmosfera) za razliku od vodom hlađenih termalnih reaktora, gdje kvaliteta pare i stupanj iskorištenja rezultiraju u tlakovima od oko 70 atm (BWR sistemi), odnosno 150 atm (PWR sistemi) u reaktorskoj posudi. Sve ipak nije u prilog natriju. Natrij je kemijski veoma aktivan, što veoma teško utječe na sve materijale s kojima zagrijani natrij dolazi u kontakt. Drugi mu je nedostatak što postaje radioaktivan pod djelovanjem neutronskog zračenja u reaktoru. Prema tome je potrebno posebno osiguranje protiv izlaska radioaktivnog natrija. To se postiže uvođenjem rashladnog međukruga, tako da radioaktivni natrij ne dolazi u generator pare, gdje bi eventualno mogao doći u kontakt s vodom. U primarnom izmjenjivaču aktivni natrij predaje energiju neaktivnom, a tek u sekundarnom izmjenjivaču predaje energiju vodi i proizvodi paru.

Na shemi (slika 1) prikazana je izvedba u kojoj je primarni izmjenjivač smješten u bazenu natrija zajedno s reaktorskom jezgrom. Ta izvedba omogućuje da jezgra reaktora bude uvijek potopljena u natriju, i da bude dovoljna prirodna cirkulacija u slučaju prekida rada reaktora i cirkulacionih pumpi. Ovakvog su tipa oba već spomenuta brza reaktora P.F.R. i Phenix, i najveći brzi reaktor snage 600 MW, BN-600 u Sovjetskom Savezu. No odvojeni primarni izmjenjivač omogućuje lakši pristup i servis, pa je takav sistem također zastupan u više reaktora.

Glavna karakteristika plinom, odnosno helijem hlađenih brzih reaktora istaknuta je već u njihovom nazivu (GCFBR — Gas Cooled Fast Breeder Reactor). Naravno da upotreba helija kao rashladnog sredstva unosi niz bitnih tehničkih razlika u odnosu na LMFBR — neke su povoljne, a neke nisu. Kao inertan plin helij ne korodira, što znatno umanjuje problem.

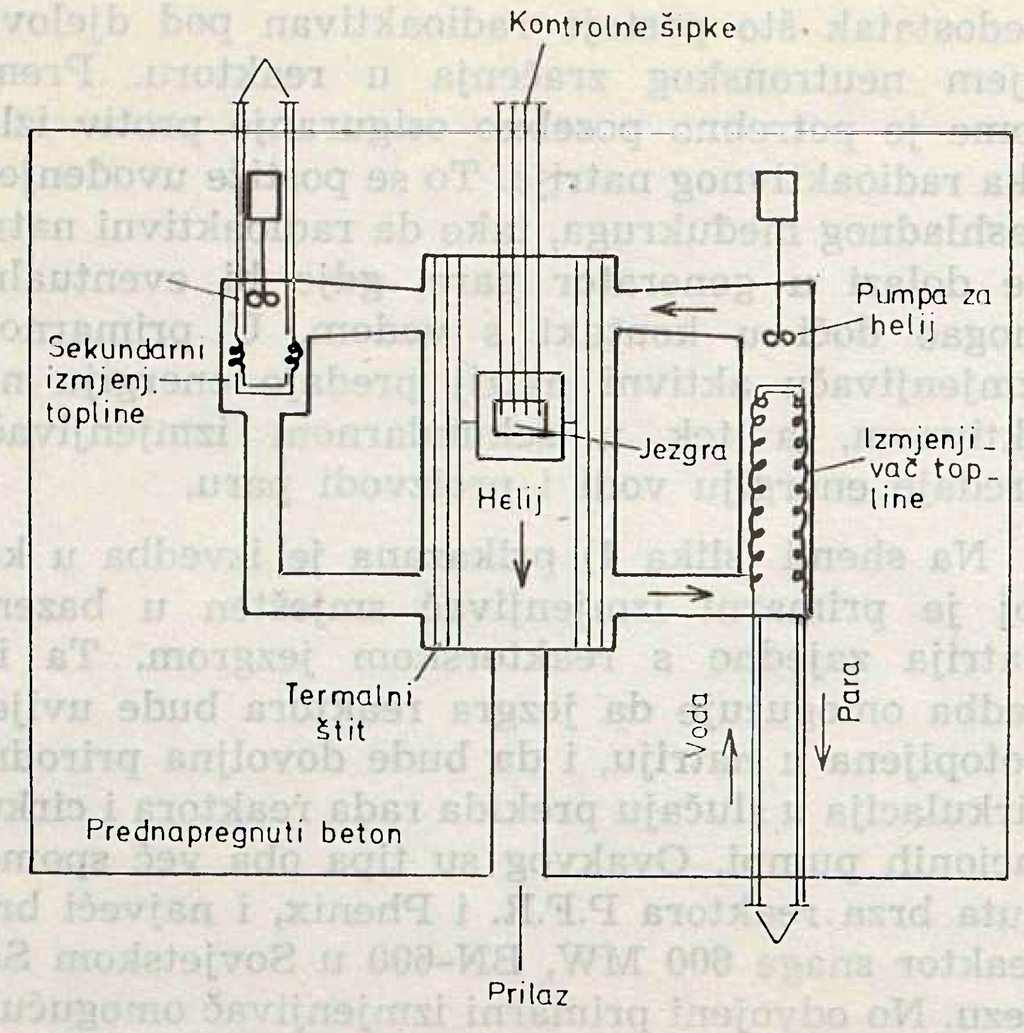
Nuklearne karakteristike helija kao hladila su povoljnije; absorpcija neutrona je manja, što vodi na kraće vrijeme udvostručenja. Otpadaju problemi radioaktivnosti rashladnog medija. No, s druge strane efikasno hlađenje helijem zahtijeva intenzivnu cirkulaciju helija pod visokim pritiskom. Gube se prednosti i sigurnost koju omogućava rad na niskom pritisku moguć sa natrijem kao hladilom.

Sigurnost reaktora zavisi o sigurnosti reaktorske posude i primarnog kruga s obzirom na održavanje potrebnog pritiska helija.

Na slici 2. dan je shematski prikaz plinom hlađenog oplodnog reaktora. Reaktorska konstrukcija od prenapregnutog betona osigurava integritet sistema u kojem cirkulira helij.

Srodan sistem u kojemu je helij kao hladilo zamijenjen vodenom parom, nalazi se u eksperimentalnoj fazi. Takav bi sistem koristio dio tehnologije današnjih vodom hlađenih termalnih reaktora, što bi mu bila prednost. No, nedostaci u odnosu na hlađenje helijem su pored korozije i lošije nuklearne osobine, prisustvo vodika koji izaziva neželjenu termalizaciju neutrona. Taj sistem danas izgleda manje privlačan nego prije nekoliko godina (3, 4).

Interesantnu novu varijantu plinom hlađenog oplodnog reaktora, potkrepljenu opsežnim eksperimentalnim radom, iznijeli su na 4. Ženevskoj konferenciji stručnjaci Sovjetskog Saveza. U prikazanom sistemu kao hladilo se koristi dušični



Slika 2

tetraoksid N_2O_4. U reaktorskoj jezgri tetraoksid se zagrijavanjem disocira najprije u $2\,NO_2$, a zatim u $2\,NO + O_2$ uz velik utrošak energije i time postaje vrlo efikasno rashadno sredstvo. Uz dobre nuklearne osobine ovo hladilo posjeduje i dobra termodinamička svojstva koja otvaraju mogućnost znatnih ušteda na turbinskom dijelu elektrane (5).

3. Perspektiva

Prema dosadašnjem iskustvu i stanju nema sumnje da su oplodni reaktori tehnički izvedivi. Što to znači za perspektivu nuklearne energije s obzirom na procjenu zaliha urana i godišnje potrošnje? U oplodnim se reaktorima dobiva oko 50 puta više energije iz kg urana nego u termalnim, pa se trošenje urana za taj faktor usporava. Zalihe koje bi trajale svega nekoliko godina postaju dostatne za stoljeće. Prema tome, jedna od mogućnosti koje nuklearnu fisionu energiju čine *dugoročnom perspektivom* ostvaruje se razvojem oplodnih reaktora.

Ekonomika današnjih oplodnih reaktora još ne zadovoljava. S relativno malim snagama, malim raktorom oplodnje, visokim specifičnim investicijama karakterističnim za početnu fazu razvoja, oni proizvode električnu energiju po cijeni višoj nego termalni reaktori. No, po mišljenju vodećih reaktorskih stručnjaka, nema razloga da se, uz potreban razvoj, specifični investicioni troškovi ne spuste blizu vrijednosti karakterističnih za termalne lakovodne reaktore (6). Kako su troškovi goriva kod oplodnog reaktora, u odnosu na termalni, veoma mali, takav bi razvoj omogućio da oplodni reaktor proizvodi energiju jeftiniju od termalnog. Mali troškovi goriva znače i malu osjetljivost na porast cijene urana, što će dati veću prednost oplodnom reaktoru, što će se cijena uranu u budućnosti dizati.

Veći i ozbiljniji prigovori oplodnom reaktoru mogu se staviti u odnosu na sigurnost. Oni ne proizlaze iz činjenice da se radi o reaktoru koji se tek razvija, već iz njegovih *osnivnih fizikalnih i tehničkih* karakteristika. Te su: upotreba visoko obogačenog goriva i veoma visoka koncentracija snage u jezgri oplodnog reaktora. Visoka koncentracija snage vodi ka znatno većem opterećenju reaktorskih materijala. Efekti izlaganja materijala veoma intenzivnim tokovima brzih neutrona su ozbiljni, a njihova akumulacija kroz duže vrijeme se tek istražuje (7). Odvođenje u jezgri razvijene topline pri volumnoj koncentraciji snage oko 400 kW/1 (naprama 50—100 kW/1 za termalne reaktore) predstavlja težak tehnički zahtjev, a prekid hlađenja zbog kvara daleko veću opasnost nego kod termalnog reaktora.

Kao što smo već iznijeli, efikasnost hlađenja postiže se upotrebom tekućeg metala, natrija, kao rashladnog sredstva koje cirkulira kroz jezgru. No, takvi reaktori onda sadrže po tisuću i više tona natrija, što samo za sebe predstavlja dodatnu opasnost.

Mogli bismo ipak, možda optimistički, reći da će se navedeni problemi riješiti tehnološkim razvojem materijala, kao i visokim stupnjem tehničke sigurnosti sistema za hlađenje jezgre u slučaju potrebe, te da će eventualni kvarovi i njihove posljedice biti locirane na elektranu ili neposredni okoliš (4, 8). Prigovori vezani za gorivo, izlaze iz ovoga okvira. Oni proizlaze iz mogućnosti zloupotrebe plutonija koji se u oplodnom reaktoru nalazi u znatnim količinama: 4—5 tona u reaktoru snage 1.000 MW (9). Koliko je bojazan opravdana teško je reći bez detaljnijeg studija i podataka koji nisu dostupni. Temelji se na činjenici da jedna atomska bomba može sadržavati svega dvadesetak kg plutonija, pa bi, barem teoretski, manje od 1% plutonija velikog oplodnog reaktora bilo dovoljno za izradu atomske bombe.

Mišljenja stručnjaka su podijeljena, što je razumljivo kad se radi o tako značajnom problemu. Čak i tako poznati reaktorski stručnjak i zagovornik nuklearne energije, kao A. M. Weinberg, nije uvjeren u oportunost gradnje brzih oplodnih reaktora (10).

Iznosi se npr. mišljenje da oplodni reaktori ne uvode nove elemente opasnosti s obzirom na plutonij, jer plutonij nastaje već i u termalnim reaktorima. No, suprotno takvom stanovištu, ističe se, da je plutonij u termalnim reaktorima produkt sagorijevanja, i da se može dobiti tek iz iskorištavanih gorivih elemenata. Ti su, međutim, tako intenzivno radioaktivni, da je manipulacija nemoguća bez specijalne i skupe opreme. Pri tom je količina plutonija u iskorištenom uranu manja od 1%.

Kod oplodnih reaktora plutonij je sastavni dio još neupotrebljenog, dakle ne intenzivno radioaktivnog goriva. Osim toga nalazi se u znatno višem postotku, pa je i zato znatno lakše izdvojiv. Problemi ove vrste nisu novi, ali se oplodnim reakto-

Procjena u 1971. godini

	Troškovi ekstrakcije urana ispod $ 22/kg U_3O_8		$ 22—33/kg U_3O_8	
	Istražena nalazišta	Procjena dodatnih količina	Istražena nalazišta	Procjena dodatnih količina
SAD	230	520	130	275
SAD (nusprodukt)	70	—	15	—
Kanada	178	177	100	130
Južna Afrika	230	11	50	27
Australija	100	5	7	5
Francuska	35	19	7	12
Nigerija	20	29	10	10
Ostali	49	45	296	67
(Ukupno (tisuću tona)	910	805	615	525

Količine urara prema referenci (1)

rima bitno zaoštravaju. Postoji, i predviđa se kontrola nuklearnih pogona na osnovi međunarodnih ugovora o neširenju nuklearnog oružja (Non proliferation treaty). No postojeće i predviđene procedure inspekcije u nuklearnim pogonima ne mogu detektirati izdvajanje ispod 1% godišnjeg ulaganja novog goriva. To je isto kod termalnih reaktora, ali nije kod oplodnih. Bit će potrebno efikasnije mjere inspekcije. No, kad, i ako se razviju, i budu prihvaćene, one će sprečavati tajno izdvajanje plutonija iz pogona nuklearne elektrane. Mogućnost otmice pošiljke novog goriva u vrijeme transporta od mjesta izrade do nuklearne elektrane i dalje ostaje. S druge strane, kako izotopni sastav plutonija odlučuje o njegovoj upotrebljivosti za pravljenje atomske bombe, jedna od mjera osiguranja je upravo na toj osnovi, tj. kontrolom i podešavanjem izotopnog sastava plutonija u novom gorivu, kako bi bio neprikladan za izradu atomske bombe.

Koncentracija svih pogona vezanih uz nuklearnu elektranu na užem kontroliranom području također može biti osiguranje od zloupotrebe. Postoji niz načina za povećanje sigurnosti pogona o kojima se može i valja raspravljati, ne zbog želje za dramatizacijom opasnosti već iz uvjerenja da do rješenja problema može doći samo ako se jasno i otvoreno postavi. Svako bi omalovažanje sigurnosnih problema bilo daleko veća pogreška nego kod termalnih reaktora, pa je pravovremena rasprava važna.

Kao što smo spomenuli brzi oplodni reaktori nisu jedina dugoročna perspektiva nuklearne energetike. Termalni oplodni reaktori, ili gotovo oplodni termalni reaktori (11) pružaju također dugoročnu perspektivu, možda ekonomski nešto nepovoljniju, ali bez dodatnih problema sigurnosti svojstvenih brzim oplodnim reaktorima. Valja, nadalje, spomenuti da, čak kad bi razvoj u svijetu i definitivno išao s današnjim stanjem i indikacijama prema brzim reaktorima, to još ne bi moralo značiti i nužnu orijentaciju za svaku zemlju. Široka orijentacija na oplodne reaktore bi u dogledno vrijeme dovela do suviška plutonija i time stvorila nove mogućnosti za lakovodne termalne reaktore u kojima bi U^{235} bio zamijenjen plutonijem. Odluka za neku od mogućih nuklearnih strategija ima značajne reperkusije na nuklearnu energetiku, kako u razvoju tako i u istraživanjima, pa toj problematici valja posvetiti punu pažnju. To je neophodno i zbog golemih ulaganja koja zahtijevaju razvoj energetike. Potrebno je osigurati da taj razvoj bude dugoročno optimalan, a ne usmjeravan uže definiranim ili kratkoročnim interesima.

Literatura:

1. L. W. Boxer, W. Häussermann: *Uranium resources, production and demand*, European Nuclear Energy Agency, Paris
   I. Cameron, I. T. Roberts: International Atomic Energy Agency, Vienna
   Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 6—16 Sept. 1971, Volume 8.
2. *Annual directory of nuclear power projects.* Nuclear Engineering International, April 1973.
3. R. A. Mueller et al.: *Design and Evaluation of a Steam Cooled Fast Breeder Reactor of 1000 MW (e).* Fast Breeder Reactors, Proceedings of the London Conference on Fast Breeder Reactor, London 1966.
4. M. Shaw: *The United States Civilian Power Reactor Program.* Proceedings of the Fourth International Conference on the Peauceful Uses of Atomic Energy, Geneva 5—16 Sept. 1971, Volume 5.
5. A. K. Krasin et al.: *The physical and technical principles governing the construction of nuclear power stations with gas-cooled fast reactors using dissociating nitrogen tetraxide as coolant.* Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 6—16 Sept. 1971, Volume 5.
6. B. I. Spinrad, I.A.E.A., *Nuclear power in times to come.* S.E.A.S. Symposium »Economic Aspects of Energy Production«, London 1969.
7. N. P. Agapova et al.: *Properties and behaviour under Irradiation of steels for fast reactor fuel elements.*
   H. Böhm, G. Karsten, K. Kummerer: *Irradiation behaviour of fast reactor fuel pins and their components.* Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 6—16 Sept. 1971, Volume 10.
   P. Kramer, K. R. Garr, C. G. Rhodes and A. G. Pard: *Helium embrittlement of fuel clodding allays for potential service in fast breeder reactors.* Radiation damage in reactor materials. Proceedings of a Symposium, Vienna 2—6 June 1969. I.A.E.A., Vienna 1969
   N. Cindro i V. Knapp: *Izučavanje stvaranja kritične količine plina (He^4 i He^3) u materijalima u reaktoru.* Godišnji sastanak nuklearnih fizičara Jugoslavije, Zlatibor, 1973.
   R. Stuart Nelson: *Filling the voids in fast reactor technology.* New Scientist, 25 March 1971
8. E. Gilby: *Breeder reactors — design for safety.* New Scientist, 22 February 1973.
   A. I. Leipunskij et al.: *U.S.S.R. experience in the design and operation of fast reactors.* Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 6—16 Sept. 1971, Volume 5.
   P. W. Mummery, F. I. Barelay, A. D. Evans: *Rewiev of experience relevant to the operation of commertial fast reactors.* Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 6—16 Sept. 1971, Volume 5.
9. Ion Tinker: *Breeders: risk man dare not run.* New Scientist, 1 March 1973.
   M. Kenward: *Nuclear establishment at the watershed.* New Scientist, 8 March 1973.
10. A. M. Weinberg: *On the development of Diversion-proof Nuclear Breeder Reactors.* Preventing the spread of nuclear weapons Pugwash Monograph, Souvenir Press, London 1969.
11. W. B. Lewis: *The super-converter or value breeder; a near-breder uranium-thorium nuclear fuel cycle.* A E C L — 3081, 1968. Atomic Energy of Canada Limited.
    W. B. Lewis et al.: *Large-scale nuclear energy from the thorium cycle.* Proceedings of the Fourth International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva 6—16 Sept. 1971, Volume 9.

Naslov pisca: Prof. dr Vladimir K n a p p., dipl. ing. Elektrotehnički fakultet, Zagreb

O SIGURNOSTI NUKLEARNIH ELEKTRANA

Vladimir V u k o v ić, Zagreb

Svjetska energetska situacija prisiljava na brzu preorijentaciju energetike na nuklearne izvore. Industrijski najrazvijenije zemlje u razvoju nuklearne tehnike i nuklearne sigurnosti, stekle su izvjesna iskustva. U članku je dan kratki informativni pregled stanja sigurnosti nuklearnih elektrana sa stanovišta pravno-tehničke regulative, a i sa stanovišta tehničke sigurnosti.

DK 621.039

1. Uvod

Svjetska potrošnja energije iz razumljivih razloga će i dalje rasti. Znakova zasićenja nema ni u zemljama s daleko većom potrošnjom nego što je u nas. Proizvodnja i potrošnja energije u nekoj zemlji mjerilo je nacionalnog dohotka i općeg standarda.

Današnji svijet crpi energiju uglavnom iz slijedećih izvora: fosilna goriva, potencijalna energija vodenih masa i nuklearna goriva. Zbog uvjetne konstantnosti hidroenergetskih potencijala, naročito zbog naglog opadanja zaliha fosilnih goriva i povećanja njihove cijene, industrijski razvijene zemlje čine sve veće napore u svojoj energetici, da bi povećale udjel nuklearne energije.

Jugoslavija nema dovoljno tekućih ni plinovitih goriva, a i zalihe krutih procjenjuju se na samo nekoliko desetljeća. Povećavanje hidroenergetskog udjela također ne može osigurati potrebni rast proizvodnje elektrine energije. Zato je i Jugoslavija upućena na brže uključivanje nuklearne energije u svoj energetski program. Situacija je naročito ozbiljna u sjeverozapadnim krajevima, gdje su energetski izvori siromašni, a potrebe za električnom energijom iz dana u dan sve veće.

Ako se, bez većih dokazivanja, uvaži činjenica da je nuklearna energija nužnost današnjice, onda je potrebno upozoriti na još neke činjenice i specifičnosti vezane uz nuklearnu energetiku. Naime, zbog velike energetske gustoće (specifične snage) nuklearnog goriva (primjerice 30 kW/kg U), prva faza proizvodnje energije (nuklearne reakcije i prijelaz topline u reaktorskoj jezgri), odvija se u relativno malom prostoru. Ta činjenica (između ostalih) s jedne strane omogućuje primjenu odgovarajuće malih dimenzija reaktora i diskontinuirani dovod svježeg goriva (obično jednom godišnje), ali postavlja i određene teže zahtjeve konstrukciji i konstruktivnom materijalu reaktora i njegovoj unutrašnjosti, kao i mjerama koje valja poduzeti da bi rad reaktora (elektrane) bio siguran i bezopasan za okolinu. Osim toga, specifična opasnost od radioaktivnosti (nuklearne reakcije vezane su za emisiju tvari i energije koju čovjek ne zamjećuje direktno svojim osjetilima), veliki jedinični kapaciteti, golema investiciona ulaganja i ostali faktori koji karakteriziraju nuklearnu energetiku, upućuju na veliku ozbiljnost, koja mora biti prisutna u cjelokupnoj aktivnosti oko izbora, gradnje i eksploatacije nuklearnih elektrana.

Tehnički razvijenije zemlje počele su s eksploatacijom nuklearnih elektrana desetak ili više godina ranije. Neke su uz to razvile, ili razvijaju, čitavu nuklearnu industriju. U izgradnji ili projektiranju nalazi se velik broj snažnih elektrana, a mnoge se nalaze u komercijalnoj eksploataciji (izraz »komercijalan« upotrebljen je uvjetno, a misli se na elektrane čija je jedinična snaga veća od 200 MWe, a to je po prilici i snaga najvećih agregata naših termo i hidroelektrana).

Na tablici što slijedi prikazane su nuklearne elektrane koje su bile u pogonu u drugoj polovini 1972. godine, a čiji su jedinični kapaciteti veći od 200 MWe.

Zemlja	Ukupni broj reaktora	Ukupno instalirana snaga (MWe)
Francuska	6	2 567
Indija	2	400
Italija	2	474
Japan	4	1 577
Kanada	5	2 090
Z. Njemačka	5	2 138
Španjolska	2	960
Švedska	1	460
Švicarska	3	1 048
SSSR	4	1 253
USA	27	18 528
V. Britanija	12	4 465

Karakterističan primjer je Z. Njemačka s vrlo ambicioznim planovima razvoja nuklearne industrije i nuklearne energetike. Uz američku suradnju i licence, u Njemačkoj su prve veće elektrane sagrađene i stavljene u pogon od 1966. do 1968. godine.

Danas se na rijekama: Dunavu, Emsu, Nekaru, Isaru, Elbi, Weseru i Rajni, eksploatira ili gradi petnaes nuklearnih elektrana, jediničnih snaga od 200 do 1300 MWe.

Nakon nekoliko manjih nuklearnih elektrana, u Italiji na rijeci Pô, gradi se jedinica snage iznad 800 MWe.

Austrija gradi svoju prvu nuklearnu elektranu na Dunavu nedaleko Beča, po prilici na istoj udaljenosti, kao što je Krško uzvodno od Zagreba.

Više energetskih reaktora ugrađeno je i na različitim plovnim objektima. Iskustva se gomilaju, problemi registriraju i analiziraju, da bi se eliminirali na novim projektima. Na taj način i investitori i nadležni organi za izdavanje dozvole

imaju na raspolaganju bogati materijal za stalno usavršavanje kriterija potrebnih za projektiranje, gradnju i eksploataciju nuklearnih elektrana. I zaista, nuklearna postrojenja u pogledu sigurnosti, su jedna od onih postrojenja, gdje je postignut visoki nivo zaštite i ljudi i postrojenja. Naravno, ove konstatacije ne isključuju svaki rizik koji je vezan uz nuklearnu energetiku, ali je taj rizik potpuno prihvatljiv i manji je od različitih rizika koji proizlaze iz tehnologije proizvodnje energije izgaranjem fosilnih goriva.

Potpunu prihvatljivost rizika uvjetuje stupanj sigurnosti nuklearnog postrojenja, koji je upravo i predmet ovog razmatranja.

Što je, dakle, sigurnost nuklearne elektrane?

Ona se može definirati na različite načine. Konkretna definicija ovisi o gledištu razmatranja problema. Ovdje će se to razmatranje ograničiti na dva osnovna područja:

— aktivnosti i mjere što se poduzimaju u fazama projektiranja, izgradnje i eksploatacije NE, radi zaštite pogona i okoline, i zatim,
— tehnička sigurnost, koja obuhvaća tehničke komponente i sisteme predviđene za bezopasan rad nuklearne elektrane.

2. Aktivnosti i mjere koje se poduzimanju u fazama projektiranja, izgradnje i eksploatacije

Problematika gradnje i eksploatacije nuklearnih elektrana zahtijeva i naročito dobru organizaciju posebnih aktivnosti koje moraju biti prisutne u čitavom periodu, tj. od same ideje o gradnji, pa sve do likvidacije elektrane na kraju njezine životne dobi. Naime, gradnja energetskog reaktora na zadanoj lokaciji predstavlja postavljanje jakog izvora nuklearnog zračenja, potencijalno opasnog za zdravlje i živote ljudi u bližoj pa i daljoj okolini. Radi toga je to postavljanje vezano za strogu pravnu i tehničku regulativu, koja se uglavnom može svesti na opće društvenu, privrednu i tehničku problematiku. Sve su one podjednako važne, jer izgradnjom nuklearnih energetskih postrojenja društvena zajednica prihvaća te nove objekte s dopustivim i razumnim rizikom, pa istovremeno propisuje i stupanj sigurnosti, koji objekt mora imati. Taj stupanj sigurnosti, pored ostalog, ovisi i o investicionim ulaganjima, i o kvaliteti i kvantiteti sigurnosnih i pomoćnih sistema nuklearne elektrane. To praktički znači, da nadležni organi društvene zajednice moraju najprije propisati investitorima kriterije, norme i standarde za projektiranje, gradnju i eksploataciju nuklearnih postrojenja, a zatim su obvezni obavljati, u svim tim fazama, kontinuirani nadzor, odnosno kontrolu izvršavanja zahtjeva postavljenih u određenim dozvolama. Očito je da i investitor i nadzorni organi i proizvođači opreme, moraju imati odgovarajući stručni kadar, koji može s punom odgovornošću preuzeti teret zadane problematike.

Sigurno je da do gradnje naše prve nuklearne elektrane naše zakonodavstvo neće potpuno razraditi područje sigurnosti nuklearnih elektrana, no to ne može biti veća smetnja u pripremi i gradnji, jer je kombiniranom primjenom naših postojećih propisa, tehničko-pravne regulative zemlje isporučioca nuklearne opreme i međunarodnih preporuka i konvencija, moguće organizirati radove po logičkom slijedu stvari tako, da izgradnja NE Krško, ni u jednom trenutku, ne dođe u pitanje. Osim toga, praksa s prvom elektranom, korisno će poslužiti za stvaranje kompleksnije, ali jednostavne regulative u ovoj oblasti.

Prije nastavka ovog razmatranja, kao primjer, može se ukratko razmotriti organizacija djelatnosti na području nuklearne sigurnosti u Americi, zemlji s najrazvijenijom nuklearnom regulativom.

Najveća ovlaštenja, o pitanju sigurnosti nuklearnih postrojenja, ima Komisija za Atomsku Energiju (AEC), a njezina su prava određena Zakonom o atomskoj energiji. Ova komisija ima veliki aparat koji se sastoji od više direkcija i drugih tijela, popunjenih stručnjacima iz raznih područja. Jedno od najvažnijih tijela za pitanje sigurnosti nuklearnih postrojenja je Savjetodavni komitet za sigurnost reaktora (Advisory Committee on Reactor Safeguards, ACRS) koji Komisija imenuje na 4 godine sa zadatkom da razmatra studije o sigurnosti, proučava zahtjeve za dobivanje dozvola, savjetuje Komisiju o pitanjima rizika i vrijednosti predlaganih sigurnosnih rješenja. Za inspekciju pri gradnji i eksploataciji postrojenja, AEC ima Odjeljenje za nadzor.

Osnovna pak regulativa, koja stručnjacima služi za ocjenjivanje tehničke dokumentacije, odnosno stupnja sigurnosti nuklearnog objekta, su propisi i standardi koje AEC izdaje i objavljuje u Federalnom Registru, odjeljak 10 (10 CFR . . . .; Code of Federal Regulations). Ovi propisi, pored ostalog, detaljno reguliraju i sve kriterije i postupak za dobivanje dozvola za gradnju i eksploataciju nuklearnih postrojenja (obuhvaćeno u 10 CFR 50). Sistem dozvola u američkoj praksi je opće jako razvijen. Dozvole prate sve faze aktivnosti oko izgradnje i eksploatacije nuklearnih postrojenja, a isto tako izdavaju se i pojedincima, koji na bilo kakav način znatnije utječu na postrojenja u njihovoj eksploataciji. Uvjet za dobivanje građevne dozvole je pozitivna ocjena »Preliminarnog sigurnosnog izvještaja«, a za dobivanje eksploatacione dozvole, uspješno obavljena testiranja i probni pogon, te prihvaćanje »Konačnog izvještaja sigurnosnih analiza«. Proces dobivanja dozvola uključuje obveznost javne rasprave. Ovo je dobro već i zbog toga, što svaka lokacija ima svoje specifičnosti. Sve je to važno spomenuti, stoga što čitava procedura može znatno utjecati na vremenski program, pa investitor o tome mora voditi računa. (Npr. i pored velikih iskustava u Americi, postupak od zahtjeva i predlaganja dokumentacije do izdavanja građevinske dozvole, traje

jednu, a za dobivanje eksploatacione dozvole i do 3 godine).

Radi posebne važnosti »Konačnog izvještaja sigurnosnih analiza« u tehničkoj dokumentaciji NE, može se nešto reći i o njegovom sadržaju. To je zapravo sistematizirana zbirka dokumentacije, koja se stvara od prethodnih priprema za gradnju, pa sve do uspješno završenog probnog pogona. U njoj je definirana i analitički prikazana sigurnost nuklearnog postrojenja, sa svim njegovim sistemima, komponentama i elementima. Izvještaj također dokumentira zadovoljenje sigurnosnih zahtjeva i kriterija, postavljenih sigurnosnim propisima. U pisanju sigurnosnih izvještaja u Americi postoji prilično iskustvo, pa se može govoriti i o određenoj standardizaciji. Na kraju, evo nešto iz njihovih sadržaja:

— Opis projekta s identifikacijom i kvalifikacijom ugovarača;
— Definicije tehničko-sigurnosnih i drugih pojmova;
— Metode i tehnika prezentiranja izvještaja;
— Klasifikacija sistema, kriteriji i zahtjevi za ocjenu sigurnosti;
— Glavni kriteriji za projektiranje;
— Opis nuklearne elektrane i njezinih sistema;
— Komparacija glavnih karakterističnih veličina projektirane elektrane s postojećim sličnim elektranama u izgradnji i eksploataciji;
— Prikaz efekata zračenja u normalnom radu, abnormalnim prolaznim i akcidentnim uvjetima;
— Organizacija rada elektrane, s posebnim osvrtom na izbor i pripremu kadrova, opću i tehničku sigurnost, te koordinaciju s faktorima izvan elektrane;
— Program kontrole kvalitete (organizacija kontrole materijala, izrade i montaže komponenata, te organizacija kontrolnih mjerenja, testiranja, pisanja dokumentacije, itd.);
— Analiza lokacijskih uvjeta, kao što su: meteorologija, hidrologija, geologija, seizmologija, populacija i sl;
— Program kontrole ozračivanja okoline, itd.

Sadašnje stanje regulative na području sigurnosti NE u Jugoslaviji je u fazi pripremnih aktivnosti. Najvjerojatnije će paralelno s izgradnjom prve nuklearne elektrane postupno teći i proces donošenja potrebnih propisa i zakonskih mjera, koje će omogućiti normalnu izgradnju i eksploataciju tog objekta. Zajednica jugoslavenske elektroprivrede je organizirala izradu elaborata, što su ga naši nuklearni stručnjaci pripremili u svibnju 1973. To je »Pregled potreba pravnih i tehničkih regulativnih mjera u oblasti nuklearne energetike«.

Ovaj će elaborat korisno poslužiti za orijentaciju u konkretizaciji dokumenata pojedinih kategorija, kao što su (navedeno prema spomenutom elaboratu):

— Osnovni kriteriji za projektiranje;
— Osnovni kriteriji za lokaciju;
— Standardi i propisi za opremu, sisteme i mjere sigurnosti i zaštite;
— Nadzor kvalitete;
— Analiza sigurnosti i izvještaj sigurnosti;
— Suglasnosti i dozvole;
— Inspekcija nadležnih organa;
— Pravilnici za pogon, te posebne i akcidentne situacije.

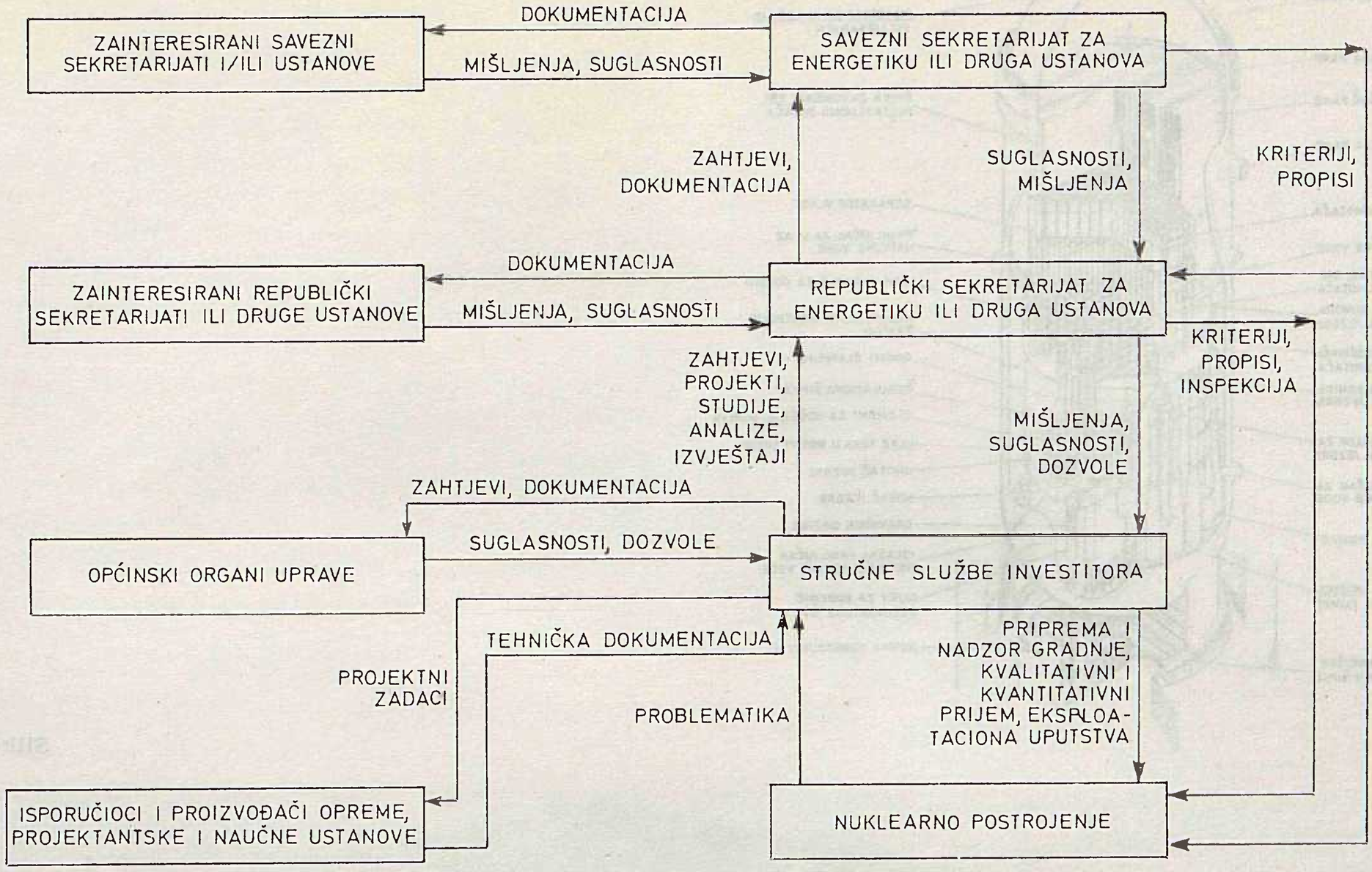
Za ilustraciju stanja u nas, interesantno je citirati iz navedenog elaborata i ovo: » .... MAAE (Međunarodna Organizacija za Atomsku Energiju) preporučuje, zbog našeg federalnog uređenja i decentralizacije federalne vlasti prema kojoj je odgovornost za sve suglasnosti i dozvole prenešena na republike, da se na saveznom nivou formira savjetodavno tijelo za pitanje sigurnosti reaktora i zaštite od zračenja. Najvažniji zadatak ovakvog savjetodavnog tijela bilo bi osiguranje jedinstvenih kriterija sigurnosti i zaštite na području nuklearne energetike, koje bi se postiglo pripremom kriterija i prijedloga pravilnika na osnovi međunarodne prakse i preporuka međunarodnih organizacija, uzimajući u obzir konkretne uvjete u zemlji, stupanj razvoja industrije i privrede, kao i sve društvene interese i odnose«.

Ne upuštajući se u konkretnu organizaciju djelatnosti na području sigurnosne regulative nuklearnih postrojenja u republici, na slici 1 je dan shematski prikaz jedne od mogućih varijanti. Naravno, da detalji moraju biti usklađeni s važećom shemom organa republičke (i savezne) uprave. Na slici su grubo prikazani (radi primjera) sistemi i interakcije, a elementi sistema, moraju se tek odrediti. Zadane funkcije treba da se obavljaju bez obzira kako se zvali izvršni organi. Isto tako se određeni propisi i kriteriji moraju primijeniti, ako su nužni za sigurnost postrojenja, bez obzira na njihovo porijeklo.

3. Sigurnosni i pomoćni sistemi; tehnička sigurnost

3.1. Općenito o tehničkoj sigurnosti

U ovom se prikazu razmatraju tehnički sigurnosni i pomoćni sistemi reaktora s kipućom vodom ili vrelovodnim reaktorom. Tu »laka« voda (za razliku od »teške«) ima moderatorsko i rashladno djelovanje, a ujedno je i radni medij, jer osim usporavanja neutrona hladi gorive elemente u jezgri reaktora i djelomično isparava, da bi proizvedena para, s određenim energetskim karakteristikama, izvršila rad u parnoj turbini. Može se reći, da je centralni dio nuklearne elektrane reaktorski sistem. Na slici 2 prikazan je reaktor i njegova unutrašnjost s jezgrom, mlaznim pumpama, odvajačima vlage, sušačima, itd. Na slici 3 se vidi model reaktora i drugih reaktorskih sistema. Gorivo je složeno u snopove (gorive elemente) koji su



Slika 1

učšvršćeni u reaktorskoj posudi, pa je na taj način osigurana određena geometrija jezgre (nuklearnofizikalne, hidrauličke i termodinamičke performanse).

Primarni izvor radiokavinosti je jezgra reaktora, pa se i zaštita od zračenja provodi preko niza barijera i počinje već u samoj jezgri. Naime, slabo obogaćeni uran (2,4 do 2,8% U-235) kao UO_2, sinteriran u obliku tableta, složen je i zavaren u cjevčice od »Zircaloy-a« (legura cirkonija, s dobrim mehaničkim svojstvima pri višim temperaturama i pod udarom nuklearnog zračenja, te s naročitom otpornošću prema koroziji). Na taj način produkti reakcije ostaju zatvoreni, a minimalna propuštanja, kao i posredna djelovanja nuklearnih reakcija na optočni medij »neutraliziraju« se kroz sisteme za prečišćavanje reaktorske vode, odnosno u širem smislu, preko sistema za tretiranje radioaktivnog otpada. Općenito se pod sigurnosnim sistemima smatraju sistemi koji djeluju u slučaju opasnosti, a pod pomoćnim sistemima oni sistemi koji omogućuju normalan rad reaktora, odnosno koji poslužuju reaktor u normalnom radu. Kratak opis obaju sistema slijedi u narednim točkama.

3.2. Sistem za prečišćavanje reaktorske vode

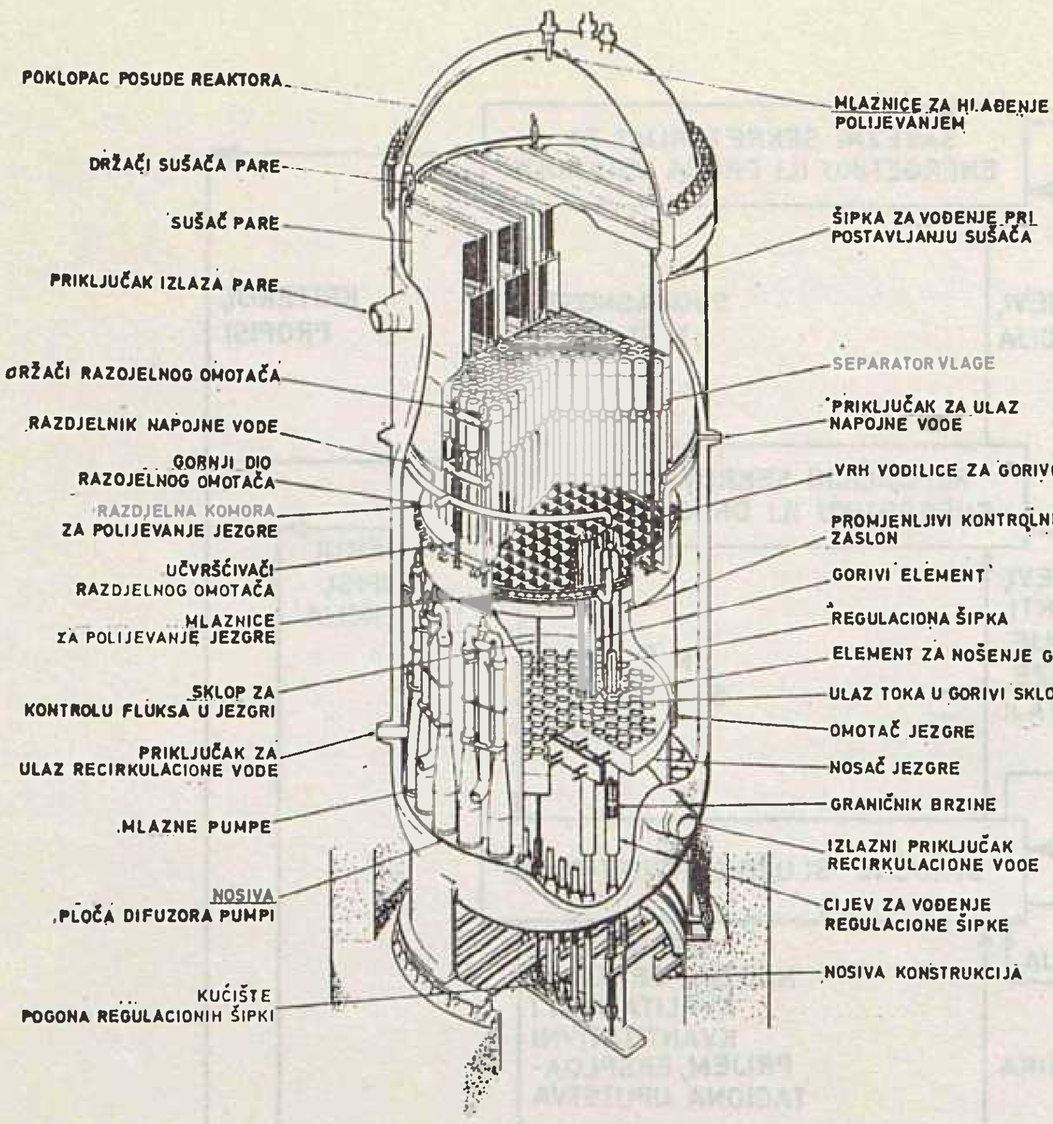
Ovaj sistem, kao i tok mase i energije kroz reaktor, prikazan je na slici 4. Strujanjem vode oko gorivih elemenata, ona je izložena ionizirajućem zračenju i na taj način radiolitičkoj disocijaciji. Osim toga, ona je nosilac fisionih produkata i ostalih nečistoća u reaktoru što je potrebno održavati u propisanim granicama (reakcija metal-voda, prijelaz topline, radioaktivnost, itd.). Visoka čistoća reaktorske vode održava se odvođenjem fisionih i korozionih produkata i ostalih nečistoća na taj način, da se jedan dio reaktorske vode kontinuirano odvodi iz recirkulacionog kruga ili iz ispusta reaktorskog dna, zatim tlači kroz uređaje za prečišćavanje, te ponovo vraća u reaktor kroz reaktorski pojni sistem. Uređaji za pročišćavanje su tlačni naplavni filtri u serijskoj vezi s ionskim miješanim filtrima. Kapacitet uređaja je tako dimenzioniran, da se cjelokupni volumen reaktorskog sistema pročisti za 4 do 4,5 sati. Ovaj sistem je vezan na reaktor automatskim motornim izolacionim ventilima.

3.3. Sistem za tretiranje radioaktivnih otpadaka

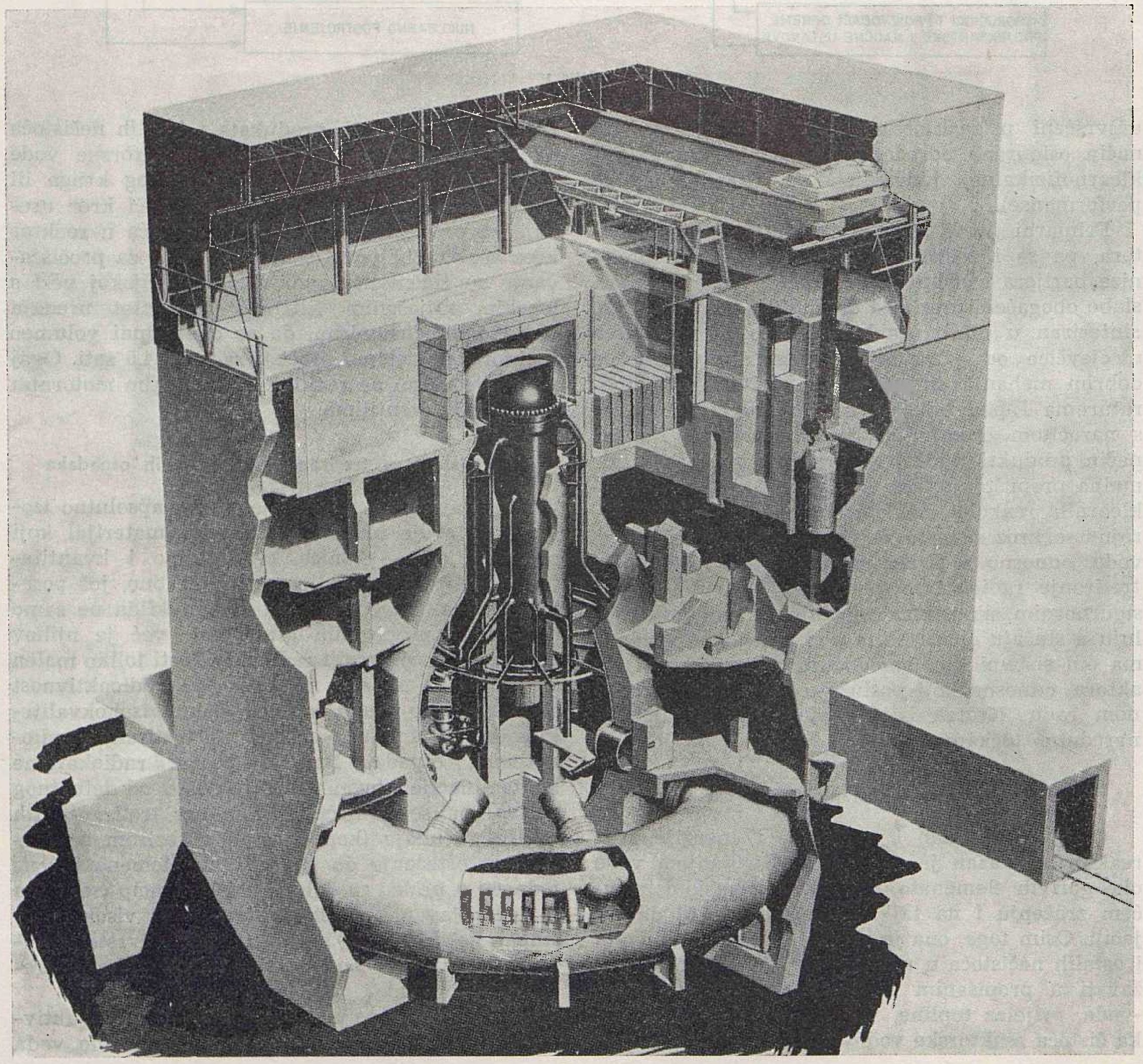
Nuklearna elektrana nije sistem apsolutno izoliran od svoje okoline, pa se sav materijal koji prelazi njezine granice kvalitativno i kvantitativno kontrolira, a gdje je to potrebno, još posebno tretira. Time se ispust radionuklida ne samo održava u propisanim granicama, već je njihov doprinos koncentraciji radioaktivnosti toliko malen da bitno ne utječe na prirodnu radioaktivnost okoliša. Bitnu ulogu u tome, osim visokokvalitetnog goriva imaju i sistemi za tretiranja radioaktivnog otpada. Najveći porast radiokativne kontaminacije ispusnih medija dolazi od defektnog goriva, pa se pomoćni sistemi za tretiranje tih medija računaju (kapacitiraju) s obzirom na mogućnost oštećenja do 1% gorivih elemenata (vrijednosti u praksi su daleko niže). Princip tretmana je jednostavan, a efikasnost po želji visoka. Postupak se sastoji od separacije faza (čvrste, tekuće i plinovite) i podvrgavanja svake faze određenom procesu.

Sve se tukućine prikuljaju, prema nivou aktivnosti, u određene spremnike. Nakon kontrole, voda

Slika 2



Slika 3

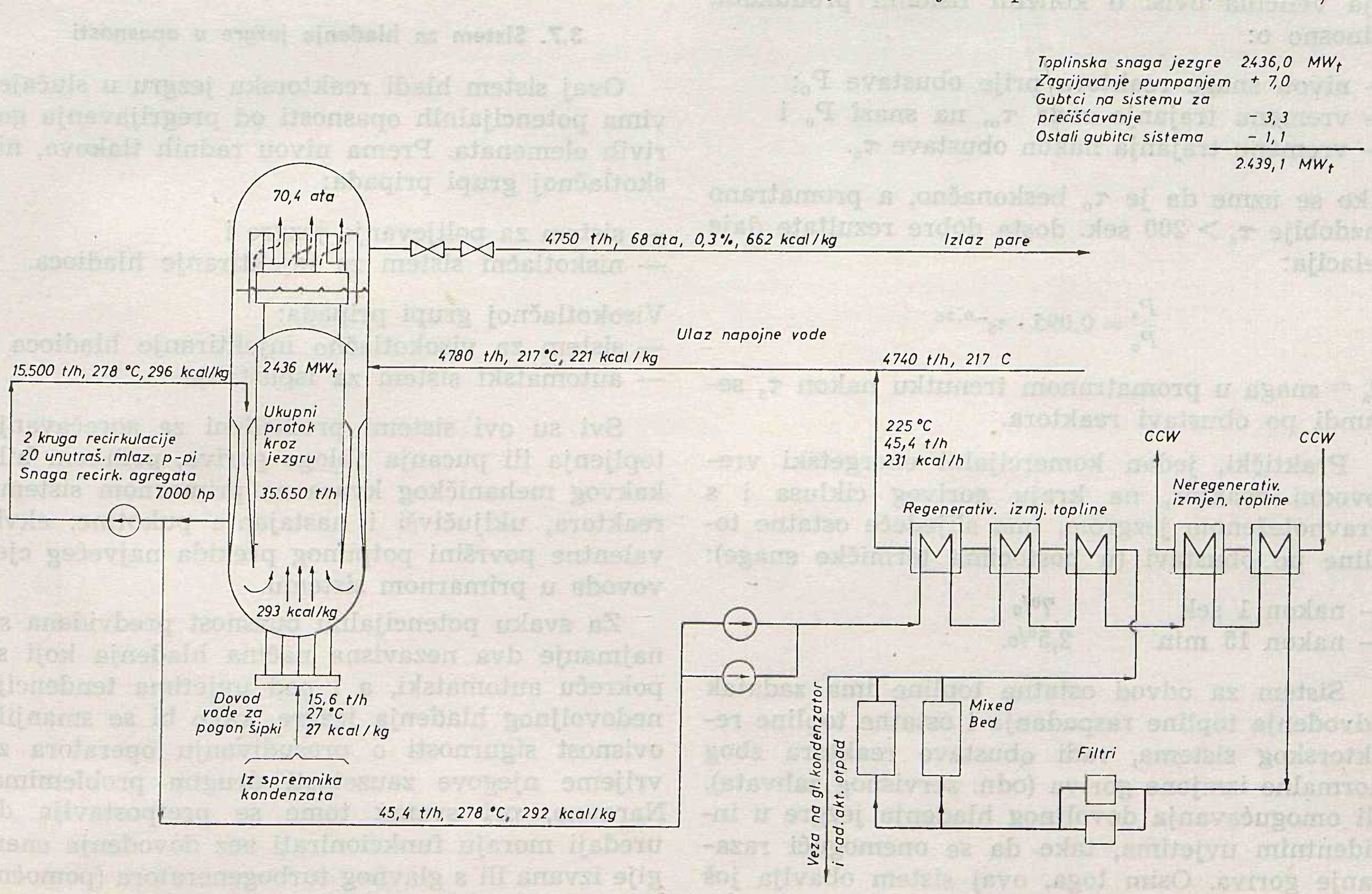


čiju je aktivnost potrebno reducirati, a ne vraća se u tehnološki proces, provodi se preko ionskih izmjenjivača radi zadržavanja radioaktivnih oina, ili preko uparivača, da bi se izparavanjem odvojila od aktivnije čvrste faze i na taj način dekontaminirala. U oba slučaja i zasićene radioaktivne ionske mase i talozi evaporatora, miješaju se sa cementom. smolom, niskotlačnim polietilenom ili drugim pogodnim materijalom za »dekoncentraciju« i pakuju u nepropusne čelične posude, da bi se mogli odložiti na za to određeni prostor u elektrani. Slabo aktivni ili potencijalno radioaktivni čvrsti otpaci (papir, krpe i sl.) prešaju se radi smanjenja volumena, također u čelične posude. Prostor za privremeno odlaganje čvrstih radioaktivnih otpadaka izgrađuje se u vidu odvojenih podzemnih prostorija u elektrani, a njegov kapacitet se određuje prema potrebama i nahođenju investitora (za manji ili veći broj godina), te u principu ne predstavlja veće poteškoće pri izgradnji.

Budući da kod vrelovodnog reaktora fluid koji prolazi kroz njegovu jezgru kasnije prolazi i kroz turbinu, puna pažnja se poklanja tretiranju radioaktivnih plinova. Današnjim sistemima koji se sastoje od serijski vezanih elemenata: hladnjak — rekombiner — hladnjak — linija za zadržavanje — elementi za adsorpciju — aerosolfilteri, postiže se raspad većeg dijela izotopa N — 13 i 0 — 19, reducira se prisutnost joda i aerosola (impregnirani i apsolutni filtri), zadržava se i kontrolirano ispušta kripton i ksenon, te reducira vodik do ispod eksplozione koncentracije. Kisik 0 —16 zahvatom neutrona, odnosno reakcijom 0 — 16 (n, p) N — 16 prelazi u radioaktivni β — emiter N — 16, ali mu je radioaktivnost dovoljno niska već na ulazu u turbinu, zbog kratkoće vremena poluraspada (7,2 sek). Aktivnost plinova na izlazu iz elektrane postiže se dovoljno niskom, tako da nije potreban niti ventilacioni toranj (za razređenje).

3.4 Ventilacioni sistemi i klima uređaji

Sistemi se tako izvode i dimenzioniraju da temperatura u normalno pristupačnim prostorijama ne prelazi 35° C, a u prostorijama gdje se stalno fizički radi, održava se iznad 15° C zimi, a ispod 30° C ljeti. U prostorijama za posluživanje, ni u zimskom razdoblju, za vrijeme ispada postrojenja, temperatura ne pada ispod 12 °C. Kondicioniranje zraka omogućuje u određenim prostorima (gdje stalno borave ljudi, ili je to potrebno za instrumente, kontrolne uređaje, osjetljivu aparaturu i sl.), u svim vremenskim uvjetima, održavanje temperature 22° C ± 2° C i relativne vlažnosti u granicama od 40 — 60%, ukoliko to lokalni uvjeti ne zahtijevaju drugačije. Osim toga, sistem za ventilaciju i kondicioniranje osigurava u svim radnim uvjetima strujanje zraka iz prostorije potencijalno niže kontaminiranosti, prema prostoru više kontaminiranosti. Isto tako uzet je u obzir princip, da sistem kondicioniranja zraka za kontrolnu i druge prostorije u kojima boravi osoblje, u slučaju opasnosti ostane u radu, samo na recirkulaciji. Ulazni zrak se filtrira i kontrolira tako da je osoblju dopušten rad bez maske, čak



Slika 4

pod uvjetima da se kontaminacija pojavi u nekom prostoru centrale. Tamo gdje je potrebno, ugrađuju se dodatni filteri, da bi se osigurala visoka čistoća zraka. U atmosferu se ispušta samo kontrolirani i očišćeni zrak. Svi spojevi izvode se dovoljno čvrsto i nepropusno, a elementi sistema od adekvatno su otpornog materijala. Sistem sa dovoljno rezervnih jedinica održava homogeno temperaturno polje u prostoru oko reaktora, na taj način i jednoliku temperaturu građevinskih komponenata dok je reaktor u pogonu, kao i programirano hlađenje prilikom njegove obustave.

3.5. Sistem za odvod ostatne topline

Na slici 5 dan je shematski prikaz nuklearne elektrane sa BWR nuklearnim sistemom i s najvažnijim sigurnosnim i pomoćnim sistemima. Jedan od najvažnijih pomoćnih sistema (u određenim prilikama obavlja i sigurnosne funkcije) je sistem za odvod ostatne topline. Naime, pri obustavi reaktora, njegova snaga ne pada odmah na nulu. Tome su razlog fisioni fragmenti i fisioni produkti koji egzistiraju u kontinuirano raspadajućem gorivu. Reaktor, dakle, odaje energiju sa smanjenim intenzitetom i po obustavi lančane reakcije i u dosta dugom vremenskom razdoblju. Ova pojava je jedna od bitnih razlika između nuklearnog reaktora i parnog generatora na fosilna goriva, jer je ovaj drugi praktički »ugašen« čim se prekine dovod goriva.

Nakon obustave, reaktor odaje energiju P_s, čija veličina ovisi o količini fisionih produkata, odnosno o:

— nivou snage reaktora prije obustave P_0;
— vremenu trajanja rada τ_0, na snazi P_0 i
— vremenu trajanja nakon obustave τ_s.

Ako se uzme da je τ_0 beskonačno, a promatrano razdoblje $\tau_s > 200$ sek. dosta dobre rezultate daje relacija:

$$\frac{P_s}{P_0} = 0{,}095 \cdot \tau_s^{-0{,}26}$$

P_s = snaga u promatranom trenutku nakon τ_s sekundi po obustavi reaktora.

Praktički, jedan komercijalni energetski vrelovodni reaktor, na kraju gorivog ciklusa i s uravnoteženom jezgrom, ima slijedeće ostatne topline po obustavi (u postocima termičke snage):

— nakon 1 sek 7%
— nakon 15 min 2,5%.

Sistem za odvod ostatne topline ima zadatak odvođenja topline raspadanja i ostatne topline reaktorskog sistema, radi obustave reaktora zbog normalne izmjene goriva (odn. servisnog zahvata), ili omogućavanja dovoljnog hlađenja jezgre u incidentnim uvjetima, tako da se onemogući razaranje goriva. Osim toga, ovaj sistem obavlja još i slijedeće funkcije:

— ograničuje pritisak i temperaturu dekompresionog bazena (prostora) za vrijeme rada sistema za izolirano hlađenje reaktorske jezgre ili u stanju vruće pripravnosti;
— omogućuje polijevanje primarnog kontejnmenta u slučaju potrebe;
— omogućuje testiranje ispravnosti sistema.

3.6. Sistem za čišćenje i hlađenje bazena za gorivo

Osnovni mu je zadatak hlađenje bazena u kojemu je odloženo ozračeno gorivo izvađeno iz reaktora, a osim toga, prečišćavanje vode koja hladi, cirkulirajući u zatvorenom krugu. Toplina se oduzima preko toplinskih izmjenjivača, hlađenim zatvorenim rashladnim sistemom u reaktorskoj zgradi. Sistem za hlađenje i prečišćavanje se sastoji od cirkulacionih pumpi, hladnjaka, filtera za demineralizaciju, tankova za obiranje, cjevovoda, armature, instrumentacije, itd. Temperatura u bazenu se održava normalno ispod 50° C, a u izvjesnim situacijama, porast je dozvoljen i do 65° C. Maksimalno toplinsko opterećenje sistema je definirano kao toplina raspadanja jezgre na kraju gorivog ciklusa, plus toplina raspadanja istrošenog goriva koje je odloženo kod prethodne izmjene goriva. Bistroća i čistoća vode u bazenima održava se filtracijom i ionskom izmjenom. Filter demineralizator održava ukupni sadržaj teških elemenata (C, Ni, Fe, Hg itd.) na 0,1 ppm ili niže. Sistem povezivanja cjevovoda je tako izveden, da je nemoguće svako pražnjenje bazena ispod najniže točke.

3.7. Sistem za hlađenje jezgre u opasnosti

Ovaj sistem hladi reaktorsku jezgru u slučajevima potencijalnih opasnosti od pregrijavanja gorivih elemenata. Prema nivou radnih tlakova, niskotlačnoj grupi pripada:

— sistem za polijevanje jezgre i
— niskotlačni sistem za injektiranje hladioca.

Visokotlačnoj grupi pripada:
— sistem za visokotlačno injektiranje hladioca i
— automatski sistem za ispuštanje.

Svi su ovi sistemi predviđeni za sprečavanje topljenja ili pucanja obloge goriva, prilikom bilo kakvog mehaničkog kvara na primarnom sistemu reaktora, uključivši i nastajanje pukotine, ekvivalentne površini potpunog prekida najvećeg cjevovoda u primarnom sistemu.

Za svaku potencijalnu opasnost predviđena su najmanje dva nezavisna načina hlađenja koji se pokreću automatski, a i pod uvjetima tendencije nedovoljnog hlađenja jezgre, kako bi se smanjila ovisnost sigurnosti o prosuđivanju operatora za vrijeme njegove zauzetosti drugim problemima. Naravno, pri svemu tome se pretpostavlja da uređaji moraju funkcionirati bez dovođenja energije izvana ili s glavnog turbogeneratora (pomoćne turbine ili dizel agregati).

3.8. Sistem za pomoćnu tekućinsku kontrolu

Sistem za pomoćnu tekućinsku kontrolu u kritičnim situacijama »gasi« reaktor (čak i u slučaju da su izvučene kontrolne šipke), uštrcavanjem apsorpcionog sredstva. Operacije obustave iniciraju se ručno iz kontrolne prostorije. Kontrolna kemikalija je bor u formi otopine natrijevog pentaborata. Uštrcava se na dno jezgre, te se tako miješa s reaktorskim hladilom. Startanje sistema operator obavlja umetanjem i okretanjem posebnog ključa, čime se uključuje jedna od pumpi i otvaraju oba ventila. Eksplozioni ventili sprečavaju nepoželjno propuštanje u reaktor prilikom testiranja pumpi. Ako se obustava reaktora obavlja ovim sistemom, natrijev pentaborat se uklanja iz sistema velikim razređenjem te ispuštanjem i prečišćavanjem preko sistema za tretiranje reaktorske vode.

3.9. Sistem za izolirano hlađenje reaktorske jezgre

Sistem hladi jezgru u slučaju da se reaktor izolira od glavnog kondenzatora zatvaranjem izolacionih ventila glavnih parovoda. Tada ovaj sistem održava nivo vode u reaktoru i pored toga što nema povratnog kondenzata. Sistem se pokreće automatski na pojavu signala niskog nivoa vode u reaktoru, a obustavlja ručno. Može raditi bez vanjskog izvora energije, jer se njegovi ventili i kontrolni sistem napajaju istosmjernom energijom stacionarnih baterija, a glavni pogonski stroj je parna turbina, s dovodom pare direktno iz reaktora.

3.10. Reaktorska sigurnosna zgrada (containment)

Na kraju kratkog opisa glavnih sigurnosnih i pomoćnih reaktorskih sistema, može se spomenuti i nepropusna građevina ili kontejnment (engl. containment) koja reaktor s primarnim sistemima, na neki način drži izoliranim od drugih sistema ili okoline. Danas je to najčešće valjkasta građevina s kugličastim krovom. Unutrašnja ljuska je od čelika, a sprečava izlaz fisionim produktima u slučaju kvara (primarna barijera). Debljina čečelične stijenke je do 38 mm. Vanjski zidovi su od armiranog betona debljine oko 1 m, a štite okolinu od radijacije u slučaju kvara. Osim toga, u slučaju propuštanja unutrašnje ljuske, u međuprostoru se reducira aktivnost recirkulacijom atmosfere preko sistema za prečišćavanje. Na dnu kontejnmenta nalazi se kružni bazen s oko 2000 m^3 kondenzata, koji predstavlja energetski ponor za sva ispuštanja, koja u uvjetima kvara izbiju iz primarnog tlačnog sistema. Dimenzije kontejnmenta za elektranu od oko 1 000 MWe su: promjer: 40 m; visina 60 m.

4. Zaključci

4.1 Sigurnost nuklearnih postrojenja nije nepoznanica koja nudi neugodna iznenađenja. Čitav razvojni put ove specifične tehnike popraćen je svestranim analizama čiji su rezultati potpuno zadovoljavajući, unatoč relativnoj kratkoći toga puta.

4.2 Nivo sigurnosti postiže se dovoljno visok, pa i uz kompromis s dobrom ekonomičnošću. Problemi koji se javljaju s obzirom na nesavršenost pojedinih dijelova postrojenja, odnose se na raspoloživost nuklearne elektrane i nisu kritični za njezinu sigurnost.

4.3 Mnogi potencijalni problemi i rizici u nuklearnoj tehnici nisu nikakva posebnost, već ekvivalentnost ili sličnost problematici koja je u istoj, ili daleko većoj mjeri, prisutna i u ostalim energetskim tehnikama (požari i eksplozije u rudnicima i naftnoj industriji, rušenja brana hidroelektrana, zagađivanje okoline otrovim plinovima i toplom vodom termoelektrana, samo su neki primjeri).

4.4 Proteklo je oko 30 godina od dana kada je Enrico Fermi sa svojim suradnicima, ispod tribina sportskog stadiona Univerziteta u Čikagu (2. XII. 1942.) po prvi puta postigao kontinuiranu fisiju, u hrpi uranskih i grafitnih blokova. U ovih tridesetak godina izgrađeno je više od stotinu nuklearnih elektrana, no nije zabilježen ni jedan slučaj smrtnosti, kao posljedica ozračivanja pogonskog osoblja. Da će se takva odlična sigurnosna bilanca sačuvati i u budućnosti, garancija su i dalja dostignuća sistematskih istraživanja i brzog razvoja tehnike i reaktorske sigurnosti, kao i naglasak na kontroli kvalitete postrojenja i ljudi koji ta postrojenja grade, eksploatiraju i održavaju. Zbog smanjenja ljudske pažnje po dostignuću određene bliskosti sa stvarima i problemima oko sebe, pišu se propisi, a njih se strogo pridržava i njihova se primjena kontrolira.

Totalna kontrola energije i mase koja se provodi na »nuklearnom otoku« (gdje se proizvodi dragocjena električna energija uz pojavu emisije zračenja), osigurava i potpunu kontrolu čovjeka, nad postrojenjima koja je sam izgradio.

Literatura:

1. H. Požar: *Govor na otvaranju Savjetovanja o nuklearnim elektranama,* Zagreb, 22. 11. 1972.
2. M. M. El-Wakil, *Nuclear Power Engineering,* izdanje McGraw-Hill Book Company, New York, 1962.
3. M. M. El-Wakil, *Nuclear Heat Transport,* izdanje International Textbook Company, Scranton, 1971.
4. M. Čopič i dr., *Pregled potrebnih pravnih i tehničkih mjera u oblasti nuklearne energetike,* Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd, april, 1973.
5. Prof. dr. Knapp V, *Nuklearna elektrana i okoliš,* »Energija« br. 3—4, Zagreb, 1973.
6. C. Starr, M. A. Greenfield and D. F., *A Comparison of Public Health Risks: nuclear v s oil-fired power plants,* »Nuclear News«, oktobar 1972.
7. *Konačni izvještaj sigurnosnih analiza za nuklearnu elektranu Pilgrim,* Boston, Edison Company.
8. Robert Gerwin: *Kernkraft heute und morgen,* Deutsche Verlags — Anstalt, Stuttgart 1972.
9. Referati sa *»Informationstagung über die Sicherheit von Kernkraftwerken und die Probleme der Radioaktivität* (Bern 1970.)
10. —: *Centrale Nucleare di Caorso, caratteristiche e descrizione generale dell'impianto,* informacija, Ansaldo Meccanico Nucleare.

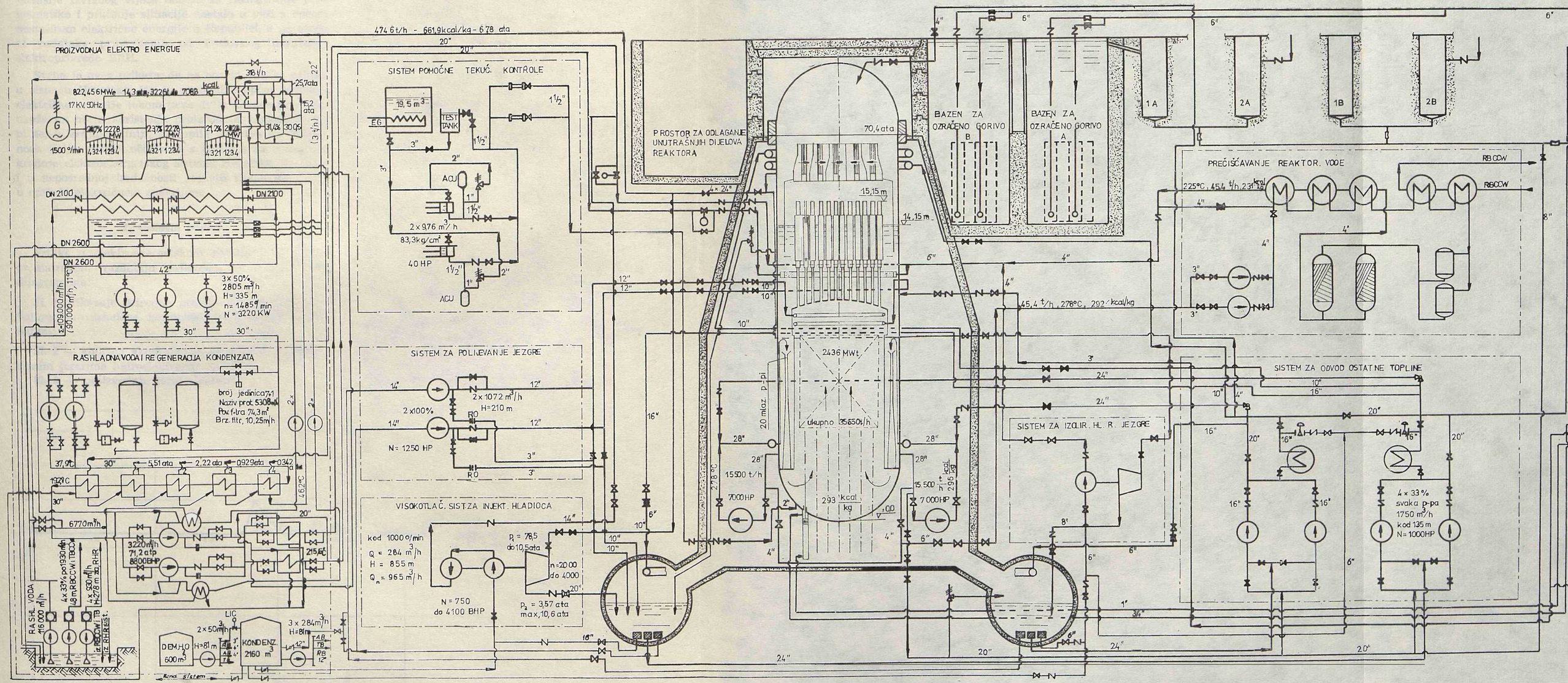
11. J. M. Smith, J. E. Kjemtrup: *Developments in Nuclear Plant Effluent Management,* Nuclear Energy Division, General Electric Co, Referat na American Power Conference, april 1972.
12. C. E. Kent, S. Levy, J. M. Smith: *Effluent Control for Boiling Water Reactors* referat sa simpozija »Environmental Aspects of Nuclear Power Stations, New York, august 1970.
13. K. Aurand i dr., *Environmental Exposure by Radionuclides in Gaseous and Liquid Effluents from Nuclear Power Plants in the Federal Republic of Germany,* Referat na 4. međunarodnoj konferenciji za mirnodopsku upotrebu atomske energije, Geneva, 1971.
14. Raymond L. Murray, *»Uvod u nuklearnu tehniku«,* prijevod sa engleskog, izdanje Građevinska knjiga, Beograd, 1965.
15. Nuclear Engineering International, časopis, april i august 1972, izdavač IPC Electrical-Electronic Press Ltd, Dorset House, Stamford Street, London.
16. V. Vuković: *Pravilnik o sigurnosti Energane OKI,* nacrt, interno izdanje Organske kemijske industrije, Zagreb 1972.
17. V. Vuković: *Važnost i metode kontrole izgaranja,* časopis Tehnika br. 9, Beograd 1969.
18. V. Vuković: *Izvještaj o evaluaciji reaktorskih pomoćnih i sigurnosnih sistema,* ponuda za NE Krško, Elektroprivreda Zagreb, Savske Elektrane Ljubljana, Grupa za pripremu izgradnje NE Krško, Krško, 1973. godine.
19. Philip N. Ross: *Development of the Nuclear-electric Energy Economy,* Westinghouse Electric Corporation, East Pittsburgh.

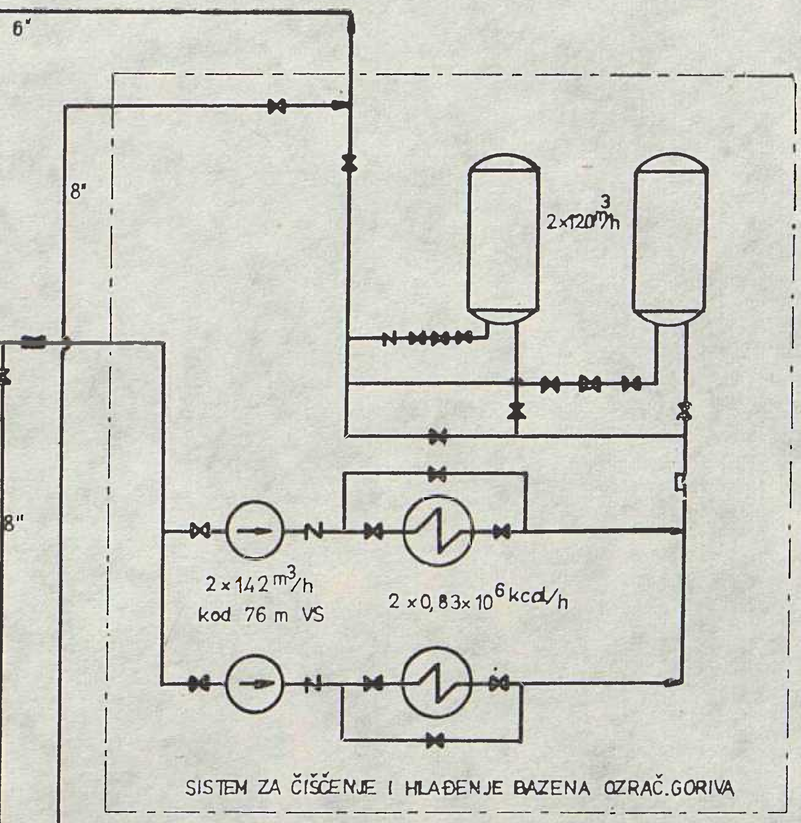
Naslov pisca: Vladimir V u k o v i ć, dipl. ing. »Elektroprivreda« — Zagreb. Grupa za pripremu izgradnje NE Krško.

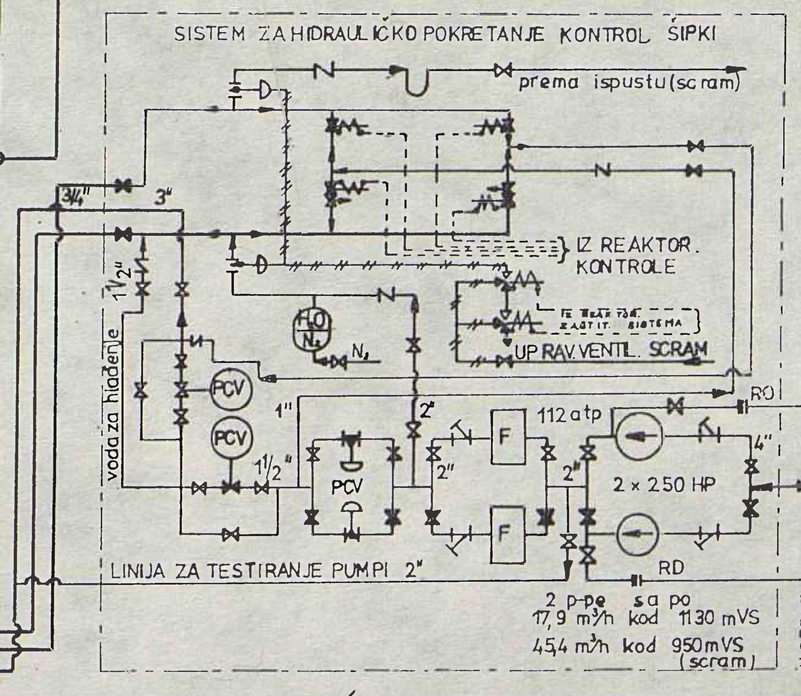
»Na osnovi Amandmana XXI i XXII na Ustav SFRJ i Amandmana VI i VII na Ustav SRH osnovne organizacije udruženog rada:

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

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


PROIZVODNJA ELEKTRO ENERGIJE
822,456 MWe
17 KV, 50Hz
1500 °/min
316 t/h
25,7 ata
15,2 ata
(3 t/h)
474,6 t/h - 661,9 kcal/kg - 6,78 ata
SISTEM POMOĆNE TEKUĆ. KONTROLE
19,5 m³
EG
TEST TANK
ACU
2 x 9,76 m³/h
83,3 kg/cm²
40 HP
PROSTOR ZA ODLAGANJE UNUTRAŠNJIH DIJELOVA REAKTORA
BAZEN ZA OZRAČENO GORIVO B
BAZEN ZA OZRAČENO GORIVO A
1A
2A
1B
2B
70,4 ata
15,15 m
14,15 m
PREČIŠĆAVANJE REAKTOR. VODE
225°C, 454 t/h, 231 kcal/kg
RB CCW
RB CCW
45,4 t/h, 278°C, 292 kcal/kg
2436 MWt
ukupno 35650 t/h
20 mlaz. p-pi
15500 t/h
278 °C
293 kcal/kg
7000 HP
15.500 t/h, 296 kcal/kg
SISTEM ZA IZOLIR. HL. R. JEZGRE
SISTEM ZA ODVOD OSTATNE TOPLINE
4 x 33 % svaka p-pa 1750 m³/h kod 135 m N= 1000 HP
RASHLADNA VODA I REGENERACIJA KONDENZATA
broj jedinica 7+1
Naziv prot. 5308 m³/h
Pov. f-tra 714,3 m²
Brz. filtr. 10,25 m/h
37,9°C
30°C
5,51 ata
2,22 ata
0,929 ata
0,342 ata
46,2°C
192°C
677,0 m³/h
3220 m³/h
71,2 ata
8800 EHP
215°C
RASHL. VODA 16000 m³/h
4 x 33% po 1930 m³/h
4 x 530 m³/h H=278 m
2 x RB CCW I TB
2 x RB CCW II TB
IZ RHR sist.
SISTEM ZA POLIJEVANJE JEZGRE
2 x 100 %
N= 1250 HP
2 x 1072 m³/h
H=210 m
RO
VISOKOTLAČ. SIST. ZA INJEKT. HLADIOCA
kod 1000 o/min
Q = 284 m³/h
H = 855 m
Q = 965 m³/h
N = 750 do 4100 BHP
p₁ = 78,5 do 10,5 ata
n = 2000 do 4000
p₂ = 3,57 ata max, 10,6 ata
DEM. H₂O 600 m³
H=81 m
2 x 50 m³/h
KONDENZ. 2160 m³
3 x 284 m³/h
H=81 m
LIC





REAKTORSKI POMOĆNI i SIGURNOSNI SISTEMI NE - BWR

PRIKAZ I ANALIZA PRILIKA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU HRVATSKE U RAZDOBLJU KOLOVOZ — PROSINAC 1973.

1. Uvod

Ovaj prikaz izrađen je na traženje predsjednika komisije Izvršnog vijeća Sabora za razmatranje problematike i praćenje situacije nastale u vezi s općom nestašicom električne energije u Republici, a na osnovi podataka pribavljenih od Poslovnog udruženja elektroprivrede SRH.

Svrha je ovog prikaza, da na osnovi analize prilika u sistemu Hrvatske, što su prethodile općoj nestašici električne energije tokom prve dvije dekade prosinca, ukaže na način korištenja proizvodnih kapaciteta, da bi se, u krajnjoj liniji, prikupila iskustva za budućnost. Valja, naime, očekivati, s obzirom na stanje izgradnje elektroenergetskog sistema Hrvatske, da će se i u neposrednoj budućnosti pojaviti slične poteškoće u opskrbi električnom energijom.

2. Osnovni podaci

Prilike u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u promatranom razdoblju prikazane su u priloženim dijagramima:

Sl. 1 prikazuje prirodne protoke u vodotocima na kojima su izgrađene hidroelektrane i akumulacioni bazeni;

Sl. 2 — količine akumulirane energije u akumulacionim jezerima hidroelektrana;

Sl. 3. — proizvodnju termoelektrana;

Sl. 4 — preuzete količine energije od velikih potrošača: karbid — Dugi Rat, ferolegure — Šibenik, elektrolize aluminija — Ražine i Lozovac;

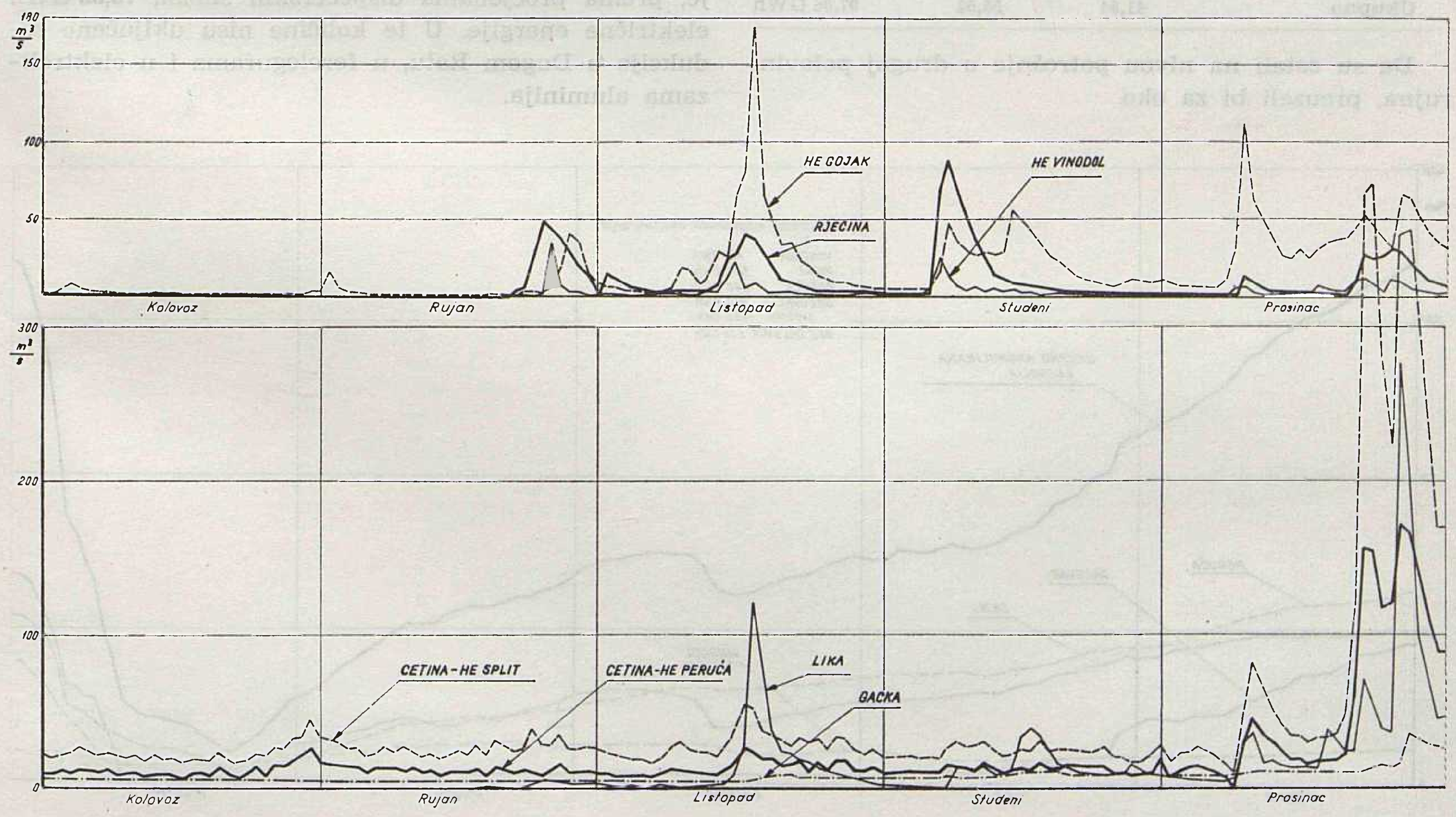
Sl. 5 — nabavku energije iz drugih republika;

Sl. 6 — redukcije potrošnje električne energije (svi potrošači osim velikih potrošača: Dugi Rat, Ferolegure, elektrolize aluminija).

3. Analiza prilika

U 1973. godini gotovo su potpuno izostale jesenske vode na svim vodotocima koji su interesantni s obzirom na energetsko korištenje. To pogotovo vrijedi za Cetinu i gornje horizonte s kojih voda dotječe u akumulaciju Buško Blato (HE Orlovac). Obično se jesenske vode pojavljuju od početka listopada do početka studenog. No bilo je godina, kad su jesenje vode ili potpuno izostale ili se pojavile u prosincu. Takve su bile godine:

1936. (jesenske vode u 2. dekadi prosinca)
1945. (jesenske vode u 3. dekadi prosinca)
1947. (jesenske vode u 1. dekadi prosinca)
1948. (nema jesenskih voda, prvi veći vodeni val pojavljuje se u 1. dekadi studenog 1949. godine)
1953. (nema jesenjih voda, veće vode pojavljuju se u proljeće 1954. godine)
1954. (jesenske vode u 2. dekadi prosinca)
1958. (jesenske vode u 2. dekadi prosinca)
1963. (jesenske vode u 2. dekadi prosinca)



Slika 1

Iz ovih podataka se vidi da je nemoguće s bilo kakvom sigurnošću računati s vremenom pojave jesenjskih voda.

Akumulacioni bazeni su tokom kolovoza i rujna intenzivno pražnjeni, pa su polovinom listopada dostigli stanje od oko 120 GWh, što je 23% od maksimalnog stanja, ako ne uzmemo u obzir akumulaciju Buško Blato, odnosno oko 19% od stanja kad uzmemo u obzir 90 GWh u akumulaciji Buško Blato na početku kolovoza.

Stanje se je nešto popravilo polovinom listopada, praktički jedino povećanjem akumulacije za HE Senj, tako da se na kraju listopada, u odnosu na sredinu mjeseca, stanje u akumulacijama neznatno popravilo.

Kroz cijeli mjesec studeni akumulacije se prazne, do polovine mjeseca manje intenzivno, a u drugoj polovini mjeseca vrlo intenzivno. Tokom studenoga korišteno je iz akumulacija oko 80 GWh (sl. 2).

U vrijeme niskog stanja u akumulacijama (u listopadu) povećana je potrošnja električne energije u Dugom Ratu i u Feroleguramа, dok je u studenom to povećanje bilo znatno, i to ne samo u Dugom Ratu i Feroleguramа, nego i u elektrolizi aluminija u Ražinama (sl. 4). Baš to povećanje potrošnje znatno je utjecalo na pražnjenje akumulacija.

Najmanja potrošnja velikih potrošača bila je u drugoj polovici rujna i iznosila je oko 1.2 GWh/dan, dok je u drugoj polovici studenoga dostigla vrijednost od oko 2,4 GWh/dan.

Ova tri velika potrošača preuzela su u listopadu i studenom slijedeće količine energije:

	X. 1973.	XI. 1973.	Ukupno
Dugi Rat	10,70	14,34	25,04 GWh
Ferolegure	5,62	9,17	14,79 GWh
Elektroliza aluminija	25,22	32,01	57,23 GWh
Ukupno	41,54	55,52	97,06 GWh

Da su ostali na nivou potrošnje u drugoj polovini rujna, preuzeli bi za oko

24,0 GWh

manje energije.

Sve termoelektrane su korištene maksimalno osim TE Jertovec (sl. 3). Smanjenje proizvodnje u TE Sisak posljedica je ispada iz pogona (ispad sistema odnosno ispad dalekovoda), dok je smanjenje proizvodnje u TE Plomin posljedica kvarova na postrojenjima.

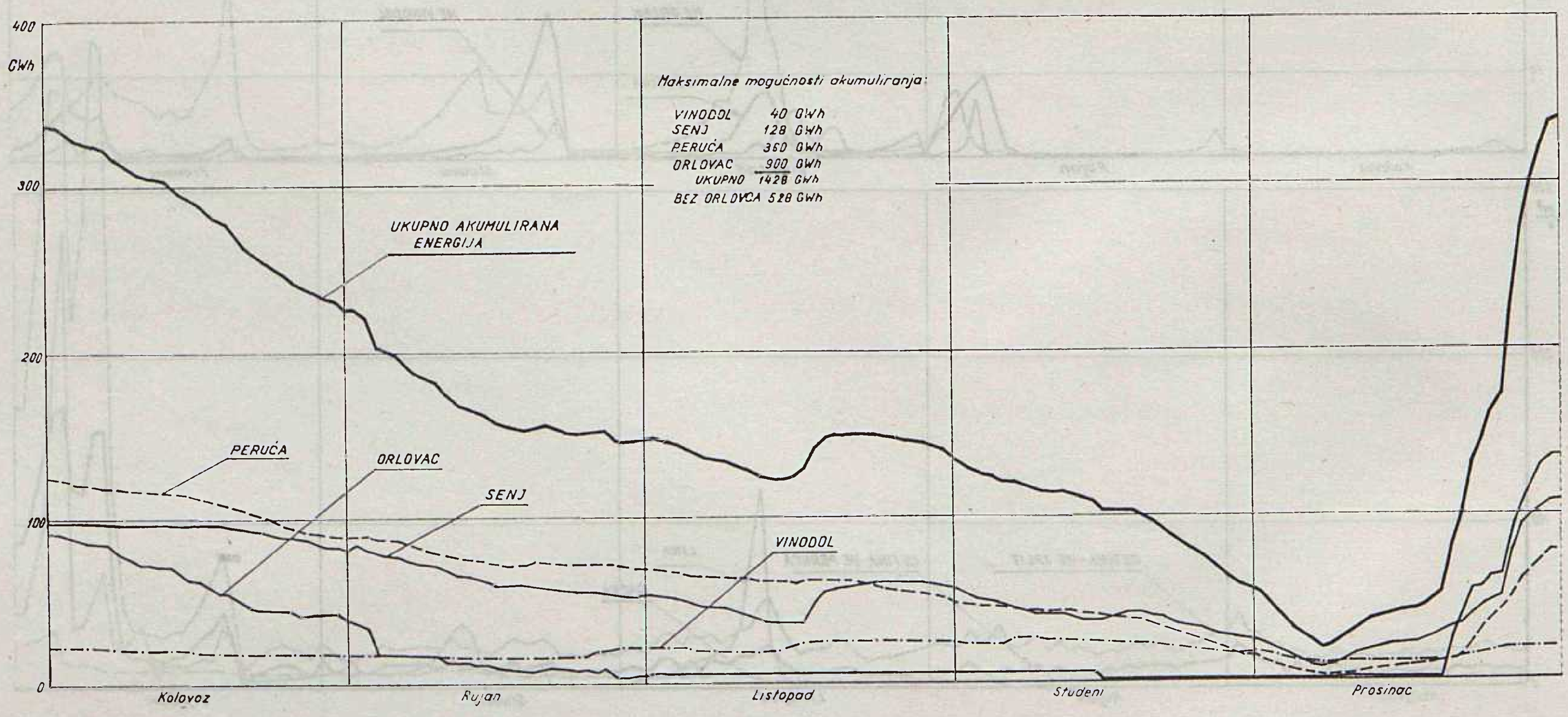
TE Jertovec je bila obustavljena od 22. rujna do 24. listopada. Za to vrijeme mogla je proizvesti najmanje 15,0 GWh, jer je bila sposobna za pogon.

Vrlo teško je samo na osnovi podataka iz sistema Hrvatske ocijeniti mogućnost nabavke iz drugih republika. Međutim sigurno je, da se moglo u nekim razdobljima u kolovozu i rujnu nabaviti više nego što je nabavljeno, jer u tim mjesecima nabavka oscilira između 5 i 7 GWh dnevno (sl. 5). To se može tvrditi i za drugu dekadu mjeseca studenoga, jer je i prije i nakon te dekade nabavljeno 1 do 2 GWh dnevno više nego u drugoj dekadi. Karakteristično je, da je u razdoblju kad su veliki potrošači preuzimali najveće količine energije preuzimane skoro najmanje količine energije iz drugih republika.

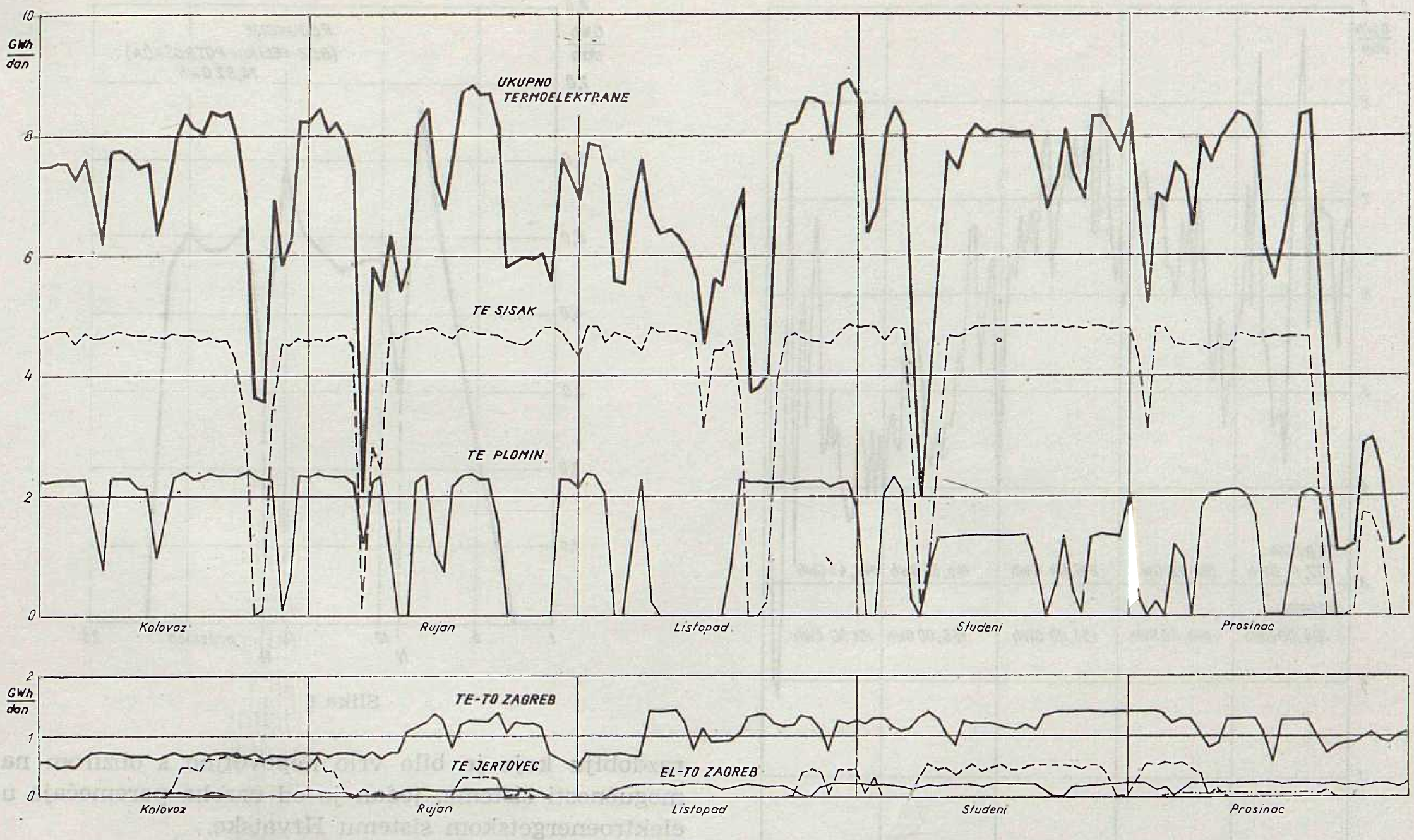
Može se ocijeniti da se moglo iz drugih republika nabaviti najmanje oko 20 GWh više električne energije nego što je stvarno nabavljeno. Detaljna analiza bi pokazala i znatno veće mogućnosti nabavke.

Konačno, valja naglasiti, da je do obustave potrošača u Dugom Ratu i Ferolegura u Šibeniku, te do redukcija ostalih potrošača (4. XII), došlo tek onda kada su akumulacije bile skoro potpuno prazne.

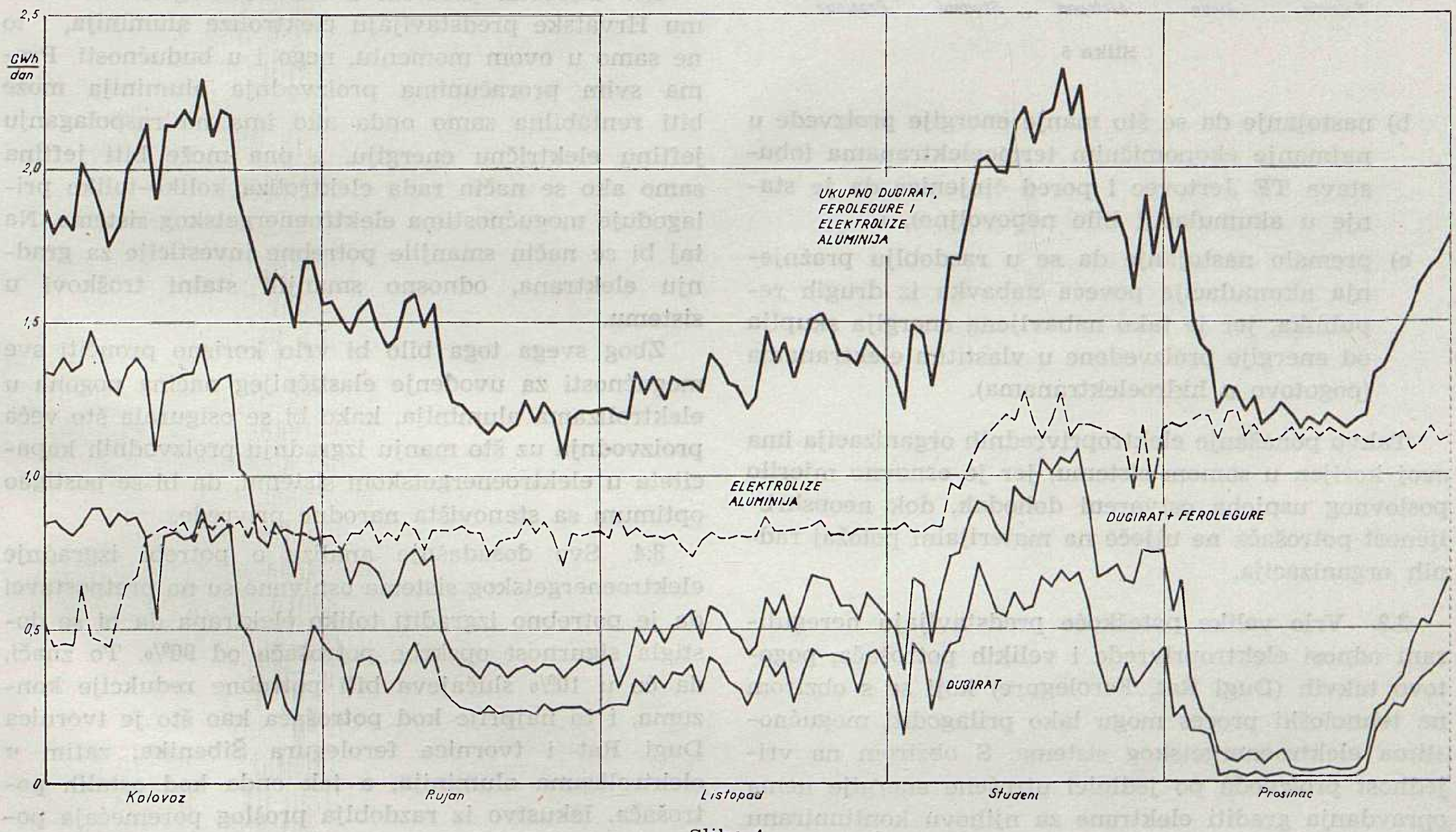
U razdoblju od 4. do 21. prosinca 1973. reducirano je, prema procjenama dispečerskih službi, 78,82 GWh električne energije. U te količine nisu uključene redukcije u Dugom Ratu, u feroleguramа i u elektrolizama aluminija.



Slika 2



Slika 3



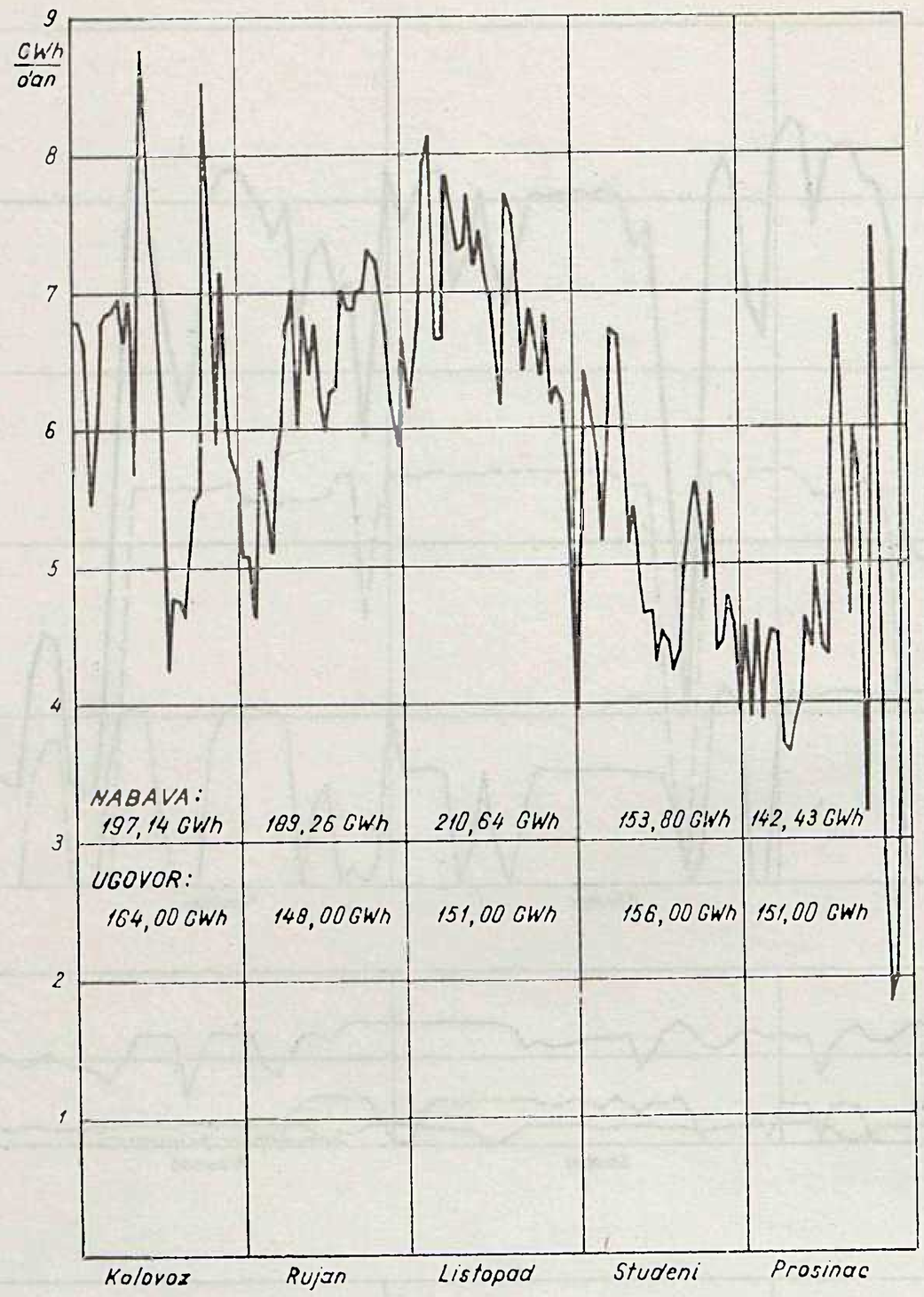
Slika 4

3. Zaključak

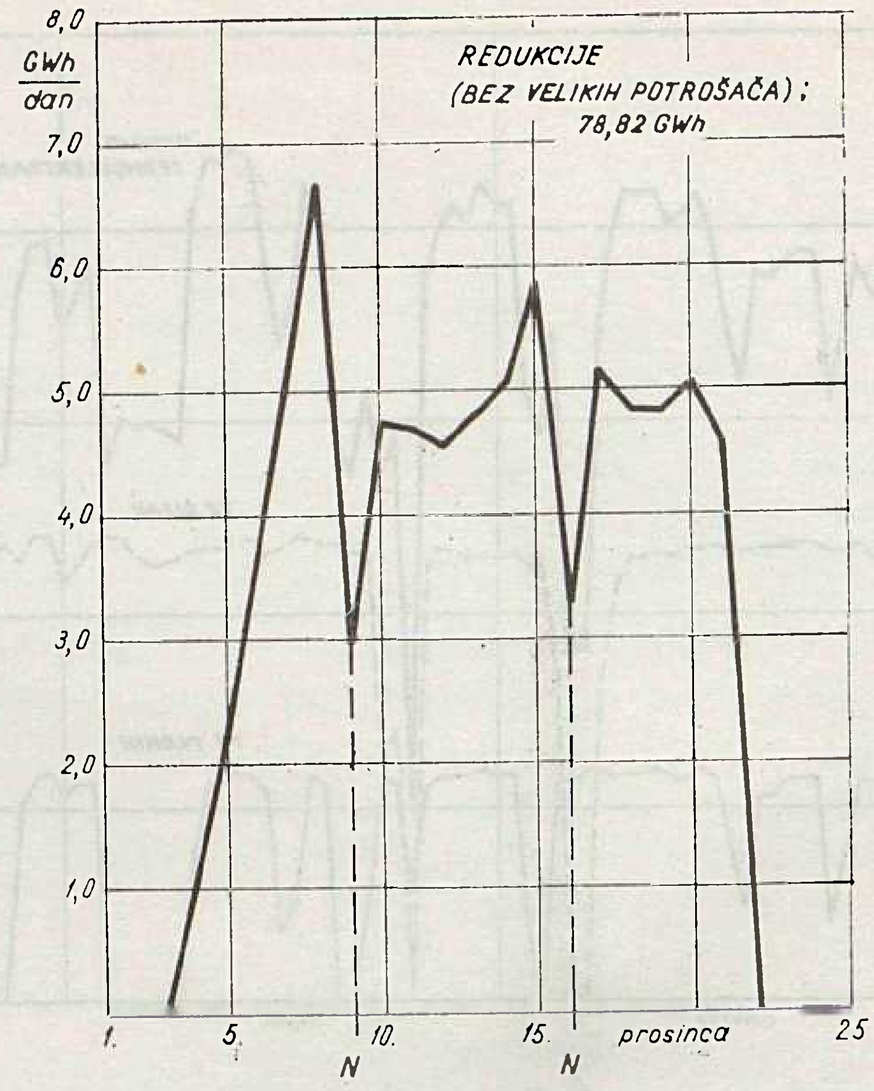
3.1. Na osnovi prikazanog razvoja prilika u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u razdoblju od kolovoza do prosinca 1973. godine može se izvesti osnovni zaključak, da elektroprivredne organizacije više vode računa o troškovima eksploatacije i dohotku nego o sigurnosti opskrbe potrošača.

Na takav zaključak navodi:

a) nastojanje da se što više isprazne akumulacije, kako bi se što više prihvatilo jesenjih voda, da bi se na taj način povećala proizvodnja u hidroelektranama i smanjili rizici preljeva još iskoristivih voda,



Slika 5



Slika 6

b) nastojanje da se što manje energije proizvede u najmanje ekonomičnim termoelektranama (obustava TE Jertovec i pored činjenice da je stanje u akumulaciji bilo nepovoljno), i

c) premalo nastojanje da se u razdoblju pražnjenja akumulacija poveća nabavka iz drugih republika, jer je tako nabavljena energija skuplja od energije proizvedene u vlastitim elektranama (pogotovo u hidroelektranama).

Takvo ponašanje elektroprivrednih organizacija ima svoj korijen u samom sistemu, jer je osnovno mjerilo poslovnog uspjeha ostvareni dohodak, dok neopskrbljenost potrošača ne utječe na materijalni položaj radnih organizacija.

3.2. Vrlo velike poteškoće predstavljaju neregulirani odnosi elektroprivrede i velikih potrošača, pogotovo takvih (Dugi Rat, Ferolegure) koji se s obzirom na tehnološki proces mogu lako prilagoditi mogućnostima elektroenergetskog sistema. S obzirom na vrijednost proizvoda po jedinici utrošene energije nema opravdanja graditi elektrane za njihovu kontinuiranu opskrbu. Pokazuje se, osim toga, da je bolje povećati kapacitet potrošača, koji će uz kraće korištenje osigurati potrebnu proizvodnju, nego povećati izgradnju elektrana. To znači, da takvi potrošači mogu imati opravdanja kad proizvode na bazi viškova električne energije. Takvo stanovište trebalo bi biti osnova za reguliranje odnosa takvih potrošača i elektroprivrede.

Osim uzroka navedenih u 3.1, povećano preuzimanje električne energije od velikih potrošača, i to u razdoblju koje je bilo vrlo nepovoljno s obzirom na mogućnosti sistema, jedan je od uzroka poremećaja u elektroenergetskom sistemu Hrvatske.

3.3. Poseban problem u elektroenergetskom sistemu Hrvatske predstavljaju elektrolize aluminija, i to ne samo u ovom momentu, nego i u budućnosti. Prema svim proračunima proizvodnja aluminija može biti rentabilna samo onda ako ima na raspolaganju jeftinu električnu energiju, a ona može biti jeftina samo ako se način rada elektroliza koliko-toliko prilagođuje mogućnostima elektroenergetskog sistema. Na taj bi se način smanjile potrebne investicije za gradnju elektrana, odnosno smanjili stalni troškovi u sistemu.

Zbog svega toga bilo bi vrlo korisno proučiti sve mogućnosti za uvođenje elastičnijeg načina pogona u elektrolizama aluminija, kako bi se osigurala što veća proizvodnja uz što manju izgradnju proizvodnih kapaciteta u elektroenergetskom sistemu, da bi se postigao optimum sa stanovišta narodne privrede.

3.4. Sve dosadašnje analize o potrebi izgradnje elektroenergetskog sistema osnivane su na pretpostavci da je potrebno izgraditi toliko elektrana da bi se dostigla sigurnost opskrbe potrošača od 90%. To znači, da će u 10% slučajeva biti potrebne redukcije konzuma, i to najprije kod potrošača kao što je tvornica Dugi Rat i tvornica ferolegura Šibenika, zatim u elektrolizama aluminija, a tek onda kod ostalih potrošača. Iskustvo iz razdoblja prošlog poremećaja pokazuje da se takav redoslijed redukcija ne može ostvariti ni s obzirom na potrošače s lučnim pećima (karbid, ferolegure) ni s obzirom na elektrolize aluminija. Stoga će vjerojatno biti potrebno revidirati pretpostavke o potrebnoj sigurnosti opskrbe potrošača, što će dovesti do povećanja potrebne izgradnje elektrana, pa i do povećanja potrebnih sredstava za investicije.

3.5. U današnjim prilikama potrebno je nastojati da se ostvare što punije akumulacije na račun forsi-

rane proizvodnje u vlastitim termoelektranama i na račun maksimalno moguće nabavke električne energije iz drugih republika, pa i uz riziko da se pojave veći preljevi vode u akumulacionim hidroelektranama. Osim toga, potrebno je spriječiti pražnjenje akumulacija radi opskrbe potrošača s lučnim pećima (karbid, ferolegure), jer njihova opskrba na račun pražnjenja akumulacija može izazvati znatno veće štete za privredu, zbog redukcija dobave električne energije ostalim potrošačima.

Dr H. Požar

KOREKCIONI FAKTOR ZA RAZNE SLUČAJEVE POGREŠNOG PRIKLJUČKA BROJILA — ODREĐIVANJE KONSTANTE BROJILA

Nije rijedak slučaj da pri spajanju sekundarnih električnih brojila (brojila spojena na mjerne transformatore) dođe do pogrešnog spoja, što stvara znatne poteškoće kod obračuna električne energije, odnosno dovodi najčešće do sudskih sporova za obeštećenje kupca ili prodavača električne energije.

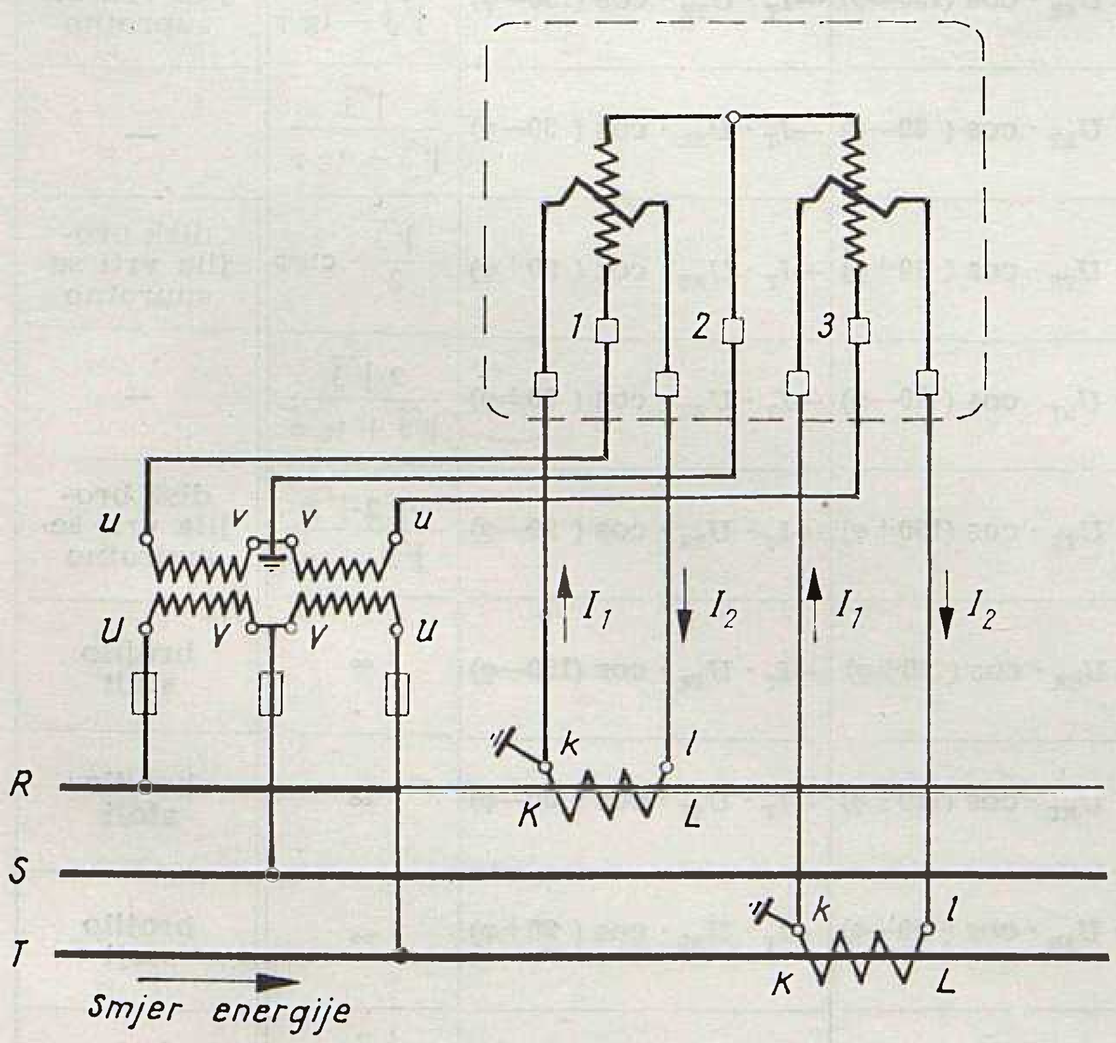
Sama konstatacija da je brojilo pogrešno spojeno i količina električne energije pogrešno registrirana nije dovoljna da se nastali spor riješi. Potrebno je utvrditi k o r e k c i o n i f a k t o r tj. broj kojim ćemo pomnožiti registriranu energiju da bi dobili (približan) iznos koji bi brojilo registriralo kod ispravnog priključka.

Za utvrđivanje korekcionog faktora *nužno* je utvrditi trenutni spoj brojila (pogrešan spoj) i prosječan fazni pomak između struje i napona (kutφ).

Kada znamo što je od strujnih i naponskih grana ispravno a što pogrešno spojeno i kut faznog pomaka (φ), možemo bez poteškoća iz priložene tablice (1) odrediti korekcioni faktor.

Podaci uneseni u tablicu 1. odnose se na trofazno dvosistemsko brojilo u Aronovom spoju priključeno na dva strujna transformatora i dva naponska transformatora u V spoju i desni smjer okretnog polja (RST).

Ispravan priključak takvog brojila prikazan je na slici 1.



Sl. 1. Ispravan priključak trofaznog dvosistemskog brojila u Aronovom spoju na strujne i naponske mjerne transformatore

Pogrešno registriranje brojila može biti i onda, kada je brojilo ispravno priključeno na strujne i naponske mjerne transformatore, a izgori visokonaponski osigurač na naponskom mjernom transformatoru (niskonaponskih osigurača nema). Iznos korekcionog faktora i za takve slučajeve dan je u tablici 2.

Trofazno sekundarno trosistemsko brojilo može biti također pogrešno priključeno na strujne i naponske mjerne transformatore (događa se rjeđe). Korekcioni se faktor tada lako odredi, pa za njega nije dan pregled mogućih pogrešnih spojeva.

Ponekad predstavlja problem određivanje konstante električnog brojila (C), posebno onda, ako se brojilo s označenom konstantom C_1 na njemu za odgovarajuće prijenosne odnose strujnih i naponskih mjernih transformatora želi upotrijebiti na mjernom mjestu, gdje su mjerni transformatori drugog prijenosnog odnosa.

Kod određivanja konstante brojila razlikujemo dva slučaja:

a) na tablici brojila napisane su samo vrijednosti struje i napona za koje je brojilo građeno. (Sekundarne vrijednosti struje i napona mjernih transformatora);

b) na tablici brojila napisane su primarne i sekundarne vrijednosti mjernih transformatora $\left(\frac{I_1}{i_1}, \frac{U_1}{u_1}\right)$ i konstanta brojila (brojčanika) C_1 za takav prijenosni odnos.

Za slučaj a) konstanta brojila određuje se tako, da se pomnože prijenosni odnosi strujnog i naponskog mjernog transformatora $\left(C = \frac{I_1}{i_1} \cdot \frac{U_1}{u_1}\right)$, jer je konstanta brojčanika $C_1 = 1$ i ne piše se.

Priključkom brojila na mjerne transformatore bilo kojih drugih prijenosnih odnosa, konstanta brojila će biti opet jednaka umnošku prijenosnog odnosa strujnog i naponskog mjernog transformatora

$$\left(C = \frac{I_1}{i_1} \cdot \frac{U_1}{u_1}\right).$$

Kod slučaja b) prilikom priključka brojila na mjerne transformatore prijenosnog odnosa, koji je napisan na tablici brojila, konstanta brojčanika C_1 je ujedno i konstanta brojila (C).

Međutim, ako se ovakvo brojilo mora iz bilo kojih razloga priključiti na mjerne transformatore drugog prijenosnog odnosa od onog koji je na tablici označen, mora se konstanta brojila C preračunati:

Načini krivog priključka dvosistemskog brojila

Tablica 1

	Strujni svitak		Naponski svitak		Redoslijed faza	Mjerni sistem I	Mjerni sistem II	Korekcioni faktor	Primjedba
	R sistem I	T sistem II	sistem I	sistem II					
1.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno	ispravno napon R-S	ispravno napon T-S	RST	$-I_R \cdot U_{RS} \cdot \cos(150-\varphi)$	$I_T \cdot U_{TS} \cdot \cos(30-\varphi)$	$+\sqrt{3}\,\mathrm{ctg}\,\varphi$	—
2.	ispravno	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno napon R-S	ispravno napon T-S	RST	$I_R \cdot U_{RS} \cdot \cos(30+\varphi)$	$-I_T \cdot U_{TS} \cdot \cos(150+\varphi)$	$-\sqrt{3}\,\mathrm{ctg}\,\varphi$	disk brojila vrti se suprotno
3.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno napon R-S	ispravno napon T-S	RST	$-I_R \cdot U_{RS} \cdot \cos(150-\varphi)$	$-I_T \cdot U_{TS} \cdot \cos(150+\varphi)$	-1	disk brojila vrti se suprotno
4.	ispravno	ispravno	pogrešno: Priključak 1 i 2 zamijenjen; napon S-R	napon T-R	SRT	$I_R \cdot U_{SR} \cdot \cos(150-\varphi)$	$I_T \cdot U_{TR} \cdot \cos(30+\varphi)$	∞	brojilo stoji
5.	ispravno	ispravno	pogrešno: Priključak 2 i 3 zamijenjen; napon R-T	napon S-T	RTS	$I_R \cdot U_{RT} \cdot \cos(30-\varphi)$	$I_R \cdot U_{ST} \cdot \cos(150+\varphi)$	∞	brojilo stoji
6.	ispravno	ispravno	pogrešno: Priključak 1 i 3 zamijenjen; napon T-S	napon R-S	TSR	$I_R \cdot U_{TS} \cdot \cos(90+\varphi)$	$I_T \cdot U_{RS} \cos \cdot (90-\varphi)$	∞	brojilo stoji
7.	ispravno	ispravno	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon S-T	napon R-T	STR	$I_R \cdot U_{ST} \cdot \cos(90-\varphi)$	$I_T \cdot U_{RT} \cdot \cos(210+\varphi)$	$\frac{2}{1-\sqrt{3}\mathrm{tg}\varphi}$	disk brojila vrti se suprotno
8.	ispravno	ispravno	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon T-R	napon S-R	TRS	$I_R \cdot U_{TR} \cdot \cos(150+\varphi)$	$I_T \cdot U_{SR} \cdot \cos(90+\varphi)$	$-\frac{2}{1+\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\varphi}$	disk brojila vrti se suprotno
9.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno	pogrešno: Priključak 1 i 2 zamijenjen; napon S-R	napon T-R	SRT	$-I_R \cdot U_{SR} \cdot \cos(30+\varphi)$	$I_T \cdot U_{TR} \cdot \cos(30+\varphi)$	$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\mathrm{tg}\,\varphi}$	—
10.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno	pogrešno: Priključak 2 i 3 zamijenjen; napon R-T	napon S-T	RTS	$-I_R \cdot U_{RT} \cdot \cos(150+\varphi)$	$I_T \cdot U_{ST} \cdot \cos(150+\varphi)$	$-\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}+\mathrm{tg}\,\varphi}$	disk brojila vrti se suprotno
11.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno	pogrešno: Priključak 1 i 3 zamijenjen; napon T-S	napon R-S	TSR	$-I_R \cdot U_{TS} \cdot \cos(90-\varphi)$	$I_T \cdot U_{RS} \cdot \cos(90-\varphi)$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \mathrm{ctg}\,\varphi$	—
12.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon S-T	napon R-T	STR	$-I_R \cdot U_{ST} \cdot \cos(90+\varphi)$	$I_T \cdot U_{RT} \cdot \cos(150-\varphi)$	$-\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\mathrm{tg}\,\varphi}$	disk brojila vrti se suprotno
13.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	ispravno	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon T-R	napon S-R	TRS	$-I_R \cdot U_{TR} \cdot \cos(30-\varphi)$	$I_T \cdot U_{SR} \cdot \cos(90+\varphi)$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\mathrm{tg}\,\varphi}$	—
14.	ispravno	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1 i 2 zamijenjen; napon S-R	napon T-R	SRT	$I_R \cdot U_{SR} \cdot \cos(150-\varphi)$	$-I_T \cdot U_{TR} \cdot \cos(150-\varphi)$	$-\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\mathrm{tg}\,\varphi}$	disk brojila vrti se suprotno
15.	ispravno	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 2 i 3 zamijenjen; napon R-T	napon S-T	RTS	$I_R \cdot U_{RT} \cdot \cos(30-\varphi)$	$-I_T \cdot U_{SR} \cdot \cos(30-\varphi)$	$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\mathrm{tg}\,\varphi}$	—
16.	ispravno	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1 i 3 zamijenjen; napon T-S	napon R-S	TSR	$I_R \cdot U_{TS} \cdot \cos(90+\varphi)$	$-I_T \cdot U_{RS} \cdot \cos(90+\varphi)$	$-\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \mathrm{ctg}\varphi$	disk brojila vrti se suprotno
17.	ispravno	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon S-T	napon R-T	STR	$I_R \cdot U_{ST} \cdot \cos(90-\varphi)$	$-I_T \cdot U_{RT} \cdot \cos(30+\varphi)$	$\frac{2\cdot\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\mathrm{tg}\,\varphi}$	—
18.	ispravno	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon T-R	napon S-R	TRS	$I_R \cdot U_{TR} \cdot \cos(150+\varphi)$	$-I_T \cdot U_{SR} \cdot \cos(90-\varphi)$	$-\frac{2\cdot\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\mathrm{tg}\,\varphi}$	disk brojila vrti se suprotno
19.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1 i 2 zamijenjen; napon S-R	napon T-R	SRT	$-I_R \cdot U_{SR} \cdot \cos(30+\varphi)$	$-I_T \cdot U_{TR} \cdot \cos(150-\varphi)$	∞	brojilo stoji
20.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 2 i 3 zamijenjen; napon R-T	napon S-T	RTS	$-I_R \cdot U_{RT} \cdot \cos(150+\varphi)$	$-I_T \cdot U_{ST} \cdot \cos(30-\varphi)$	∞	brojilo stoji
21.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1 i 3 zamijenjen; napon T-S	napon R-S	TSR	$-I_R \cdot U_{TS} \cdot \cos(90-\varphi)$	$-I_T \cdot U_{RS} \cdot \cos(90+\varphi)$	∞	brojilo stoji
22.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: Priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon S-T	napon R-T	STR	$-I_R \cdot U_{ST} \cdot \cos(90+\varphi)$	$-I_T \cdot U_{RT} \cdot \cos(30+\varphi)$	$\frac{2}{1-\sqrt{3}\mathrm{tg}\varphi}$	—
23.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak I_1 i I_2 zamijenj.	pogrešno: priključak 1, 2 i 3 zamijenjen; napon T-R	napon S-R	TRS	$-I_R \cdot U_{TR} \cdot \cos(30-\varphi)$	$-I_T \cdot U_{SR} \cdot \cos(90-\varphi)$	$\frac{2}{1+\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\varphi}$	—

Tablica 2

	Strujni svitak		Naponski svitak		Redoslijed faza	Mjerni sistem I	Mjerni sistem II	Korekcioni faktor	Primjedba
	R sistem I	T sistem II	sistem I	sistem II					
1.	ispravno	ispravno	Visokonaponski osigurač faza R pregorio		-S-T	∅	$I_T \cdot U_{TS} \cdot \cos(30-\varphi)$	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\operatorname{tg}\varphi}$	Mjeri samo sistem II
			—	napon S-T					
2.	ispravno	ispravno	Visokonaponski osigurač faza S pregorio		R--T	$I_R \cdot \frac{U_{RS}}{2} \cdot \cos(30+\varphi)$	$I_T \cdot \frac{U_{TS}}{2} \cdot \cos(30-\varphi)$	2	—
			nap. $= \frac{RT}{2}$	nap. $= \frac{TR}{2}$					
3.	ispravno	ispravno	Visokonaponski osigurač faza T pregorio		R-S-	$I_R \cdot U_{RS} \cdot \cos(30+\varphi)$	∅	$\frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\operatorname{tg}\varphi}$	Mjeri samo sistem I
			napon R-S	—					

$$C = C_1 \cdot \frac{U_2}{u_2} \cdot \frac{I_2}{i_2} \cdot \frac{u_1}{U_1} \cdot \frac{i_1}{I_1}$$

(Oznake U_1, I_1, u_1, i_1 C_1 odnose se na vrijednosti koje su na brojilu napisane, a oznake U_2, u_2, I_2, i_2 — na vrijednosti mjernih transformatora na koje će sada biti brojilo priključeno).

Literatura: GEORG PAUL »*DIE ELEKTRIZITÄTS ZÄHLER*«, Stuttgart 1950., drugo izdanje.

Jalšovec Josip, dipl. ing.

Međunarodna konferencija za velike električne mreže visokog napona (CIGRE)

Međunarodna konferencija za velike električne mreže visokog napona (CIGRE) održat će svoje naredno zasjedanje od 21. do 29. kolovoza 1974. godine u Parizu, u zgradi UNESCO-a.

U toku zasjedanja, na kojemu će biti podneseno 137 referata, nastavit će se diskusija o tehničkim problemima mreža električne energije, koje, u okviru CIGRE, proučavaju eksperti čitavoga Svijeta.

Diskusije su podijeljene u 14 specijaliziranih grupa, koje će općenito imati jedan dan za iznošenje svaka svojih problema koji se odnose na generatore, transformatore, prekidače, izolacione materijale, nadzemne vodove, izolirane kabele, prijenosne mreže, prenapone i koordinaciju izolacija, zaštitne mjere, teletransmisije i poremećenja nastala na energetskim mrežama.

U toku zasjedanja bit će organizirane za kongresiste tehničke posjete postrojenjima i laboratorijima u Parizu ili u Pariškoj regiji.

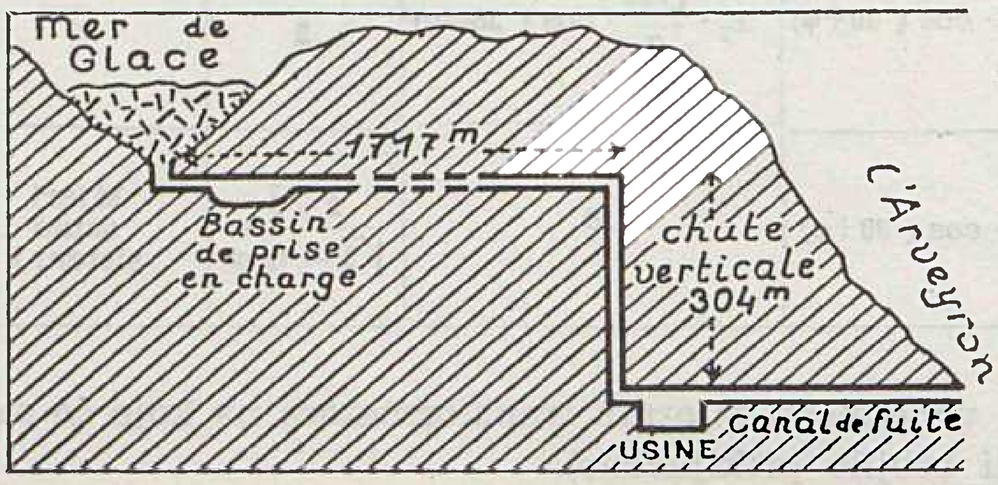
Nakon zasjedanja (od 30. kolovoza do 1. rujna) organizirana su dva studijska putovanja, jedno u Alsace, a drugo u Englesku, uključivši posjet najnovijim elektroenergetskim objektima u kombinaciji s turističkim programom.

Za sva obavještenja i za upis za zasjedanje, treba se obratiti:

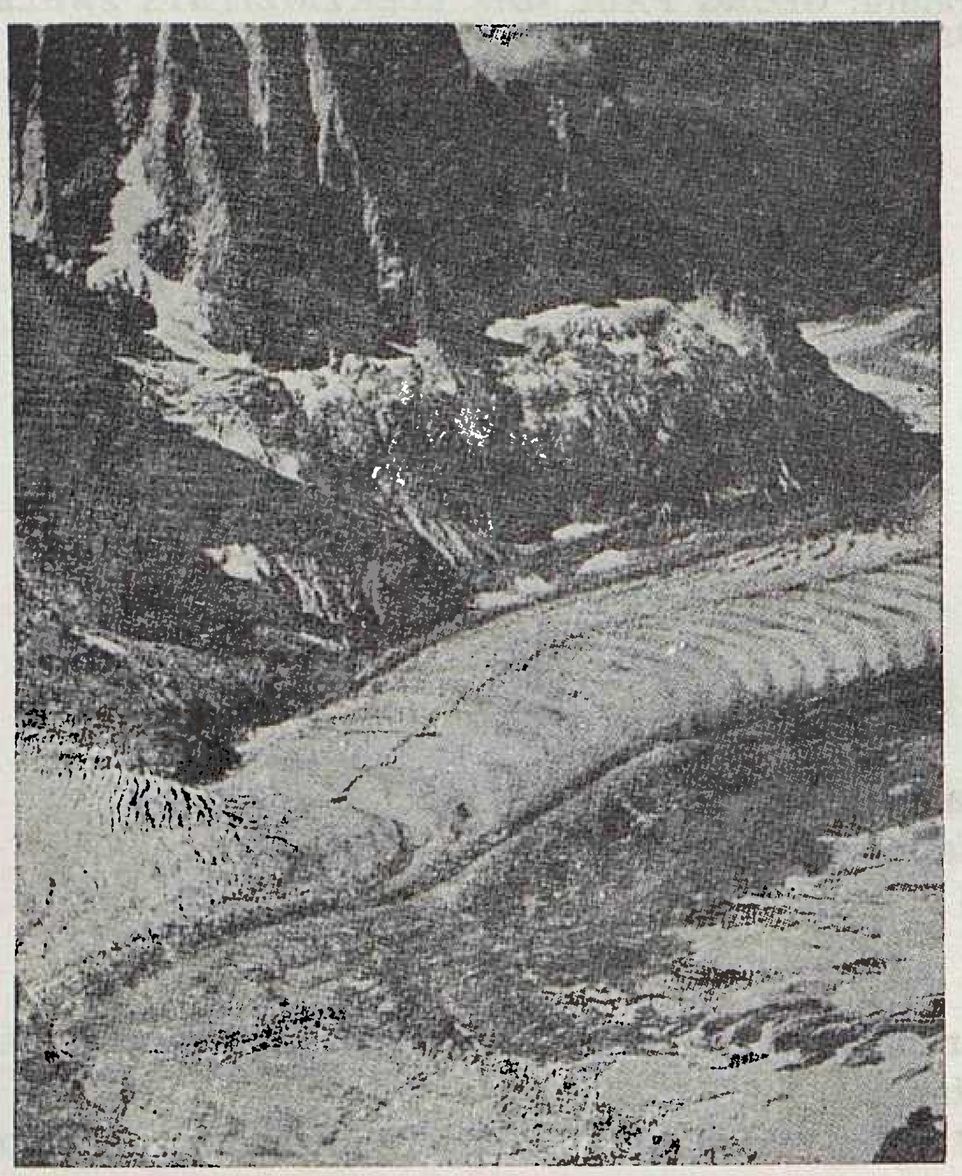
Jugoslavenskom nacionalnom komitetu CIGRE Sekretarijat — 11000 Zagreb, Berislavićeva 6.

Električna centrala pod ledenjakom

Prenosimo iz »Breves nouvelles de France« vijest o završetku električne centrale koja koristi vodeni tok pod ledenjakom.



La mer de glace



Firma »Travaux hydrauliques et entreprises générales« završava radove na posebnoj konstrukciji za sakupljanje voda bujice pod »Mer de glace«, u masivu Mont-Blanc, te njihovo dovođenje do turbina podzemne hidrocentrale.

Voda se sakuplja na 1.419 m visine u jedan rezervoar u obliku lijevka, na mjestu gdje je topografija stijena izrazitog V-oblika i, gdje je sigurno da će se sakupiti sva raspoloživa voda pod ledenim jezikom.

U stijeni je izbušen bazen u kojem se akumulira voda za centralu. Zatim se dovodom promjera 3 m i dužine 1.717 m voda dovodi do 304 m visokog vertikalnog pada na turbine podzemne strojarnice. Konačno jedan odvodni kanal odvodi vodu do rijeke Arveyron.

Usprkos izvjesnih problema oko eliminacije šljunka kojeg nosi voda, korisna količina protoka je 14 m^3/s. S tom količinom snaga elektrane je 42.5 MW.

Z. T.

Završena izgradnja najvećeg transformatora na svijetu

U tvornici Trafo-Union u Nürembergu završena je izgradnja najvećeg transformatora na svijetu, 50 Hz, 1.020 MVA. To je trofazni generatorski transformator za mrežu 400 kV, koji će biti ugrađen u nuklearnu elektranu Philippsburg u Njemačkoj. Težina transformatora, bez ulja i sistema za hlađenje, iznosi 420 t. Dug je 12,5 m, 3,5 m širok, visine 11,2 m. Transformator će biti transportiran cestama i željeznicom.

(Electrical review 1. II 1974.)

B. M.

Sinhroni kompenzator ASEA za Kanadu

Kanadsko poduzeće Manitoba Hydro naručilo je od švedske tvrtke ASEA dva velika sinhrona kompenzatora za stabilizaciju napona. Oni će biti ugrađeni u trofaznu mrežu uz krajnju (južnu) stanicu istosmjernog prijenosnog sistema Nelson River. Svaki stroj ima snagu 160 MVAr, kod 900 o/min. Hlađeni su vodikom. Strojevi bi trebali biti stavljeni u pogon tokom 1975. i 1976. godine.

(Prema: Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 1.)

B. M.

Električna energija iz Poljske u SR Njemačku

Prilikom boravka njemačkog ministra privrede u Varšavi glavna tema razgovora je bila dobava električne energije iz Poljske u SR Njemačku. Govoreno je o količinama električne energije koju bi Poljska mogla izvesti. Kao glavni tehnički problem postavljeno je pitanje mogućnosti prijenosa postojećim vodovima, odnosno da li treba graditi nove. U vezi s time govorilo se o planovima zajedničke izgradnje jedne termoelektrane kod Ščečina.

B. M.

Talijanske nuklearne elektrane

Petu i šestu talijansku nuklearnu elektranu ugovorilo je talijansko državno elektroprivredno poduzeće ENEL kod tvrtke Elettronucleare Italiane, koja se služi licencom tvrtke Westinghouse i kod tvrtke Ansalds Meccanico-Nucleare koje radi licencom od tvrtke General Electric. Elektrane će imati snagu 1000 MW. Predviđa se vrijeme gradnje od 5 i po godina. Danas su u Italiji u pogonu tri manje nuklearne elektrane, a četvrta, snage oko 1000 MW je u gradnji.

(Prema: Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 1.)

B. M.

Optimalno korištenje izvora energije

Dan je veoma zanimljiv pregled korištenja izvorâ energije u USA. U 1970. godini bio je udio (u %) posebnih vrsta sirovina u proizvodnji električne energije ovakav: ugljen 58, plin 28, nafta 12, atomsko gorivo 2; zapaža se tendencija brzog smanjivanja udjela ugljena. Potreba plina u energetici uz sadašnje tendencije može porasti sa 110,4 milijardi m^3 u 1970. godini na 240,55 milijardi m^3 u 1990. godini. Uzevši u obzir razliku u tempu porasta potražnje (4,2% godišnje) i predviđene proizvodnje (1,9% godišnje) vlastite zalihe plina mogu u tom slučaju osigurati u 1975. god. 95% za energetiku potrebnih količina, a u 1990. god. oko 10%. Zbog ograničenosti zaliha (rezervi) nafte i plina vjerojatan je brzi razvoj atomske energetike (između 1975. i 1990. godine atomska energija postaje glavna vrsta energije), značajan porast udjela ugljena, stanovit apsolutni prirast korištenih količina nafte i oštro smanjivanje u razdoblju 1975. do 1990. god. prirodnog plina kod korištenja u energetske svrhe.

Posebno i važno mjesto pripada novim tehnološkim procesima proizvodnje elektroenergije. Najperspektivnije je korištenje atomskih reaktora s plutonijevim ciklusom i na običnoj vodi. Povoljno se ocjenjuju i perspektive plinifikacije ugljena.

(»*Optimum uses of energy sources*«. L. G. Hauser. = Mining Congress Journal = Vol. 58, 1972, No. 2, S. 151—162).

Z. K.

Geotermička energija ima širok globalni potencijal

U posljednje vrijeme posvećuje se u SAD sve veća pažnja geotermičkoj energiji i njenom istraživanju. U mnogim znanstvenim radovima i studijama podcrtana je važnost geotermičke energije kao energetske rezerve Zemljine kugle. Geotermička energija procjenjuje se u dubini od 7,5 km na 26 milijuna t nafte kod geotermičkog gradijenta 30° na 1 km. Naglašeno je da su na »supertermalnim« područjima, koja predstavljaju oko 10%, lokalizirane zone, kojima se geotermički potencijal ocjenjuje na 6×10^9 t nafte na godinu. Kratko je prikazan program istraživanja: kontrola termalnih rezervi; razrada geofizičkih, geokemijskih, geoloških, hidrogeoloških i tehničkih parametara za ocjenu geotermičkih polja; sipitivanja promjene prirodnih uvjeta, posebno zagađivanja podzemnih voda i opasnosti od seizmičke (potresne) aktivnosti; brže publiciranje dobivenih podataka.

Posebna pažnja posvećena je u tom programu istraživanju dvaju područja u SAD: Long-Valley--Caldera u istočnoj Kaliforniji (sistem prirodnih vrućih voda) i područje jezera Clear u sjevernoj Kaliforniji (plinsko-geotermički sistem). Razjašnjenje uvjeta formiranja ovih dvaju termalnih sistema dat će osnovu za ekstrapolaciju drugih područja, za regionalna istraživanja i ocjenu geotermičkih rezervi.

(*Geothermal energy has wide global potential*«. = Oil and Gal Journal = Vol. 71, 1973, No. 12, S. 99).

Z. K.

Energija — nacionalna potreba

Kao posljedica energetske krize u SAD u idućim godinama nameće se potreba ostvarenja djelomičnog prijelaza korištenja klasičnih energetskih izvora (rudna goriva) ka novim. Kao jedan od tih može se javiti geotermička energija. Poznata su barem četiri izvora dobivanja geotermičke energije: hidrotermalni sistemi, sistemi visokog geo-pritiska, vruće stijene bez vode i ležišta magme ili lave. Danas je ekonomski najpovoljnije korištenje hidrotermalnih sistema. Geotermička centrala sjeverno od San Franciska ima kapacitet 290 MW i predviđa se povećati na 608 MW do 1975. odnosno na 1000 MW do 1980. Kao prednost geotermičke energije valja naglasiti minimalno zagađenje atmosfere kod njezine proizvodnje, malu cijenu koštanja i jednostavnu tehnologiju, brzu amortizaciju, dugoročno djelovanje, mogućnost dobivanja sekundarnih efekata (neposrednog grijanja sredine, proizvodnje kemikalija i slatke vode). Nepravilan raspored i neodređenost rezervi otežavaju, međutim, stvaranje jedinstvene nacionalne mreže geotermičke energije u SAD. Prikazan je plan istraživanja geotermičke energije, što ga izvodi Koloradska rudarska akademija.

(*G. V. Keller, P. R. Romig, »Energy — a national need«.* = Mines Magazine = 1973, Vol. 63, No. 5, S. 14—16).

Z. K.

Svjetske rezerve nafte početkom 1973.

Sigurne i iskoristive svjetske rezerve nafte porasle su u posljednje dvije godine zbog otkrivanja novih nalazišta, pouzdanosti boljih metoda eksploatacije i više ocjene već poznatih ležišta za oko 15 milijardi t. Kako je bilo 1971. i 1972. zajedno izvađeno slabih 5 milijardi t, to je povećanje rezervi koje su bile početkom 1973. procijenjene sa oko 91 milijardom t za oko 8 milijardi t prema početku 1971. (83,1 milijardi t). Kako pokazuje raščlanjenje njemačkog »Shella« (na temelju statistika međunarodne stručne štampe) ove rezerve leže 52,9% (početkom 1971.: 56,3%) na Bliskom i Srednjem Istoku i to 48,2 (46,8) milijardi t. Na drugo mjesto se pomakla Afrika sa 15,9 (11,9%) rezervi; one se navode sa 14,5 (9,9) milijardi t. Ova procjena nije pouzdana zbog nerazjašnjene veće ocjene alžirskih rezervi. Prema veličini slijede rezerve »Istočnog bloka«, koje su se smanjile na 14,8 (16,7) % i procijenjene su početkom 1973. na 13,5 (13,9) milijardi t. Tek onda se u pregledu javljaju rezerve Amerike s udjelom od 12,1 (12)% ili 11 (10) milijardi tona. Procjena početkom 1973. obuhvaća sigurne rezerve Aljaske, kojih nije bilo u procjeni 1971. godine. Ostatak rezervi s udjelom od 4,3 (3,1) % otpada na Daleki Istok i Australiju kao i Zapadnu Evropu, s količinom od 3,8 (2,5) milijardi t. Pri tom su se zapadnoevropske rezerve zbog otkrivanja novih nalazišta u Sjevernom moru posljednjih dviju godina skoro utrostručile.

(»*Welt. Erdölreserven Anfang 1973*«. = Erdöl und Kohle =, 'Kurznachrichten', 26, Ht. 11, 1973, S. 686).

Z. K.

Elektroprivreda Z. Njemačke od 1960. do 1971.

Proizvodnja električne energije u Zap. Njemačkoj u razdoblju 1960—1971. iznosila je u milijardama kWh:

Godina	HE	TE	NE
1960.	13,0	103,4	—
1962.	12,5	122,8	0,1
1964.	12,1	152,6	0,1
1966.	17,0	160,6	0,3
1968.	16,8	184,7	1,8
1970.	17,8	218,8	6,0
1971.	14,0	239,8	5,8

Ukupna potrošnja električne energije u 1960. godini iznosila je 104,3, a 1970. godine 218,6 milijardi kWh. Ukupna snaga svih elektrana u 1971. godini bila je oko 54.000 MW, a od toga industrijskih i područnih 17.524 MW. Velika većina termoelektrana koristi kameni i mrki ugljen (63%), a ostale su na plin i tekuće gorivo. Udio nuklearnih elektrana u sistemu povećat će se sa 2,9% 1971. na 20% u 1980. godini. Struktura potrošnje električne energije u 1971. u Zap. Njemačkoj može se označiti sa dva najvažnija tipa potrošnje u industrijskoj velepotrošnji (137,2 TWh ili 51,7%) i kućanstvima (48,5 TWh ili 25,8%), dok potrošnja u seoskim kućanstvima predstavlja najmanji iznos od 2,7%. Ukupni kapital uložen 1972. u elektroenergetiku SR Njemačke iznosi 7,7 milijardi maraka od čega 3,02 milijarde u elektrane, 3,8 milijardi za prijenos i razdiobu a 0,88 milijardi za ostale rashode. U 1972. godini potrošnja se prema 1971. povećala za 8,5% i iznosi 221,1 milijardi kWh. Uvoz električne energije u 1972. godini porastao je do 18,2 milijarde kWh, a izvoz je smanjen i iznosio je 6,7 milijardi kWh.

(Prema: ETZ - B, 1973, № 5.)

J. M.

Ležišta nafte i plina u Sjevernom moru

Ležišta nafte i plina u Sjevernom moru ublažuju uvoznu ovisnost opskrbe Zapadne Evrope idućih godina. Prema predviđanju BP-a raste stupanj samoopskrbe Zapadne Evrope do 1980. od sadašnjih 40% na više od 45%. Bez opskrbe iz Sjevernog mora opao bi do početka 70-ih godina veoma nazadujući stupanj samoopskrbe — 1950. još 87% do 1980. još dalje na samo još 31%. Nakon sredine 60-ih godina otkrivena ležišta nafte u Sjevernom moru višestruko premašuju dosad utvrđene kopnene rezerve; nalazi plina u Sjevernom moru dosižu skoro dvije trećine zapadnoevropskih kopnenih rezervi. Za 1980. računa se sa proizvodnjom iz Sjevernog mora 170 milijuna tona sirove nafte, kod očekivane potrošnje od 1,1 milijarde tona — te 100 milijardi m³ plina, kod očekivane potrošnje od 280 milijardi m³.

(»*Erdöl und Kohle*«, *'Kurznachrichten'* — »*Erdöl- und Erdgasvorkommen in der Nordsee*«, 1972, 12, S. 742).

Z. K.

Termalne vode — jeftin izvor energije

U radu su prikazani opći podaci o prisustvu i iskorištenju toplinske energije termalnih voda u Kazahstanskoj SSR. Istraživanja Instituta hidrogeologije i hidrofizike dokazala su prisustvo vode temperature od 20 do 100°C u dubinama od 200 do 5000 m. U podzemlju južnog Kazahstana u dubini od 200 do 3000 m nalaze se 2,4 trilijuna m³ slabomineraliziranih termalnih voda; u Alma-Atinskoj i Čitinskoj oblasti dobiva se iz nekih 50 bušotina voda temperature od 40 do 96°C — svaka bušotina daje od 500 do 8000 m³ vode i oko 3 milijarde kilokalorija dnevno, što odgovara toplinskoj energiji izgaranja do 400 t kamenog ugljena. Puno i opće korištenje otkrivenih rezervi termalnih voda pridonijet će razvoju ekonomike ove republike.

(»*Termalnye vody — deševyj istočnik energii*«. Ž. Sydykov, M. Kan, N. Bondarenko, = Narodnoe hozjajstvo Kazahstana = 1973, No. 4, S. 75).

Z. K.

Nalazi nafte u Sjevernom moru

Niz pozitivnih bušenja se ne prekida. U bloku 211/23, sjeverozapadno od polja Brent i oko 180 km sjeveroistočno od Šetlandskih otoka, nađena je nafta na području koncesije Shell/Esso. Na polju, koje je dobilo ime Dunlin, naslućuje se nakon prvih testova crpljenja ekonomski značajno ležište nafte. U području polja Beryl (blok 9/13), oko 160 km jugoistočno od Šetlandskih otoka, utvrđeno je vjerojatno veliko naftno polje.

Smatra se mogućim da će pri punom crpljenju dnevna količina nafte biti 100.000 barela. Početkom 1973. god. otkriveno naftno polje Piper (blok 15/17) brzo će se istražiti, tako da će prema sadašnjim predodžbama početkom 1975. god. početi proizvodnja. Predviđeno je polaganje 24" podvodnog naftovoda do još neodređenog mjesta na obali Škotske, kroz koji će se moći dnevno crpsti 200.000 do 250.000 barela nafte. Ako istražne bušotine, koje su sada u toku rada, pokažu veći opseg polja nego što se dosad pretpostavljalo, bit će potrebno angažiranje još jednog ili dva bušača otoka, kao i veći promjer naftovoda. Uskoro treba početi proizvodnja na naftnom ležištu Argyll (blok 30/24). Sirova nafta crpst će se u tankere.

(»*Nordsee-Erdölfunde*«. = Erdöl und Kohle = Bd. 26, 1973, Ht. 8, S. 492 — 'Kurznachrichten').

Z. K.

Neki podaci o sovjetskoj naftnoj privredi

Nedavno je ministar naftne privrede SSSR-a iznio ove podatke: 2500 geoloških i geofizičkih ekipa stalno se bavi istraživanjem ležišta nafte i plina. Godišnje bude locirano 3500 do 3600 dubokih bušotina, od čega 2000 do 2500 istražno-eksploatacionih, kao i bušotina za determinaciju ležišta, kojih se očekuje oko 40% pozitivnih. Godišnja proizvodnja potječe iz 55.000 naftnih i 3.800 plinskih bušotina, kod kojih je prosječna količina crpljenja 17,7 t/d sirove nafte i 136.000 m³/d zemnog plina. Kao sekundarna metoda primjenjuje se plavljenje vodom, pri čemu se dnevno utiskuje 500 milijuna m³ vode. Tom sekundarnom proizvodnjom dobiva se oko 30% nafte.

(»*Einige Daten aus der sowjetischen Erdölwirtschaft*«. = Zeitschrift f. angewandte Geologie = Bd. 19, 1973, Ht. 1, S. 56 — 'Informationen').

Z. K.

Povezivanje Jugoslavije s Grčkom vodom 400 kV

Grčka i Jugoslavija povezane su od 1960. godine vodom 150 kV, koji veže TS Bitola i TE Ptolomais u Grčkoj. Sredinom rujna prošle godine potpisan je u Beogradu sporazum između Zajednice jugoslavenske elektroprivrede i Javnog elektroprivrednog poduzeća Grčke o izgradnji dalekovoda 380 kV Kavadarci—Solun. Dalekovod bi trebao ući u pogon krajem 1976. Njime će se obavljati razmjena i ispomoć u slučaju havarija. Duljina dalekovoda će iznositi oko 200 km, a svaka će zemlja financirati izgradnju na svojem području.

B. M.

Peta faza izgradnje TE Tuzla za potrebe Slovenije

Nedavno su završeni razgovori između Elektroprenosa — Sarajevo i Termoelektrane, Tuzla s jedne strane i Elektrogospodarstva, Maribor o zajedničkoj izgradnji pete faze TE Tuzla, instalirane snage 200 MW. Sličan sporazum je sklopljen s Elektroprivredom Hrvatske o izgradnji četvrte faze izgradnje TE Tuzla, također snage 200 MW.

Završetkom pete faze elektrana bi imala instaliranu snagu od ukupno 764 MW. Slovenija će za izgradnju TE Tuzla V dati kredit u iznosu od 200 milijuna dinara, a 38 mjeseci nakon uplate prve rate kredita mora početi isporuka ugovorene snage i energije. Isporuka se garantira u trajanju od 15 godina.

Termoelektrana će vraćati kredit uvećan za interkalarne kamate u polugodišnjim anuitetima s time da prvi anuitet dospjeva 6 mjeseci nakon ugovorenog roka ulaska elektrane u pogon.

Što se tiče odnosa u vezi s isporukom električne energije Sloveniji, dogovoreno je da se cijena snage i energije ne zasniva na tarifi koja se inače primjenjuje u isporukama između republika, već su uzete druge osnove. Cijena je ugovorena po kWh na temelju proizvodnje koja proizlazi iz ugovorene snage i upotrebnog vremena od 6000 sati godišnje. Svaka promjena, bilo vremena korištenja, bilo obujma isporučene električne energije, izaziva promjenu cijene.

B. M.

Novi poslovi »Elektroprojekta« u Iranu

Zagrebačko poduzeće »Elektroprojekt« nedavno je u Iranu potpisalo nove ugovore za projektantske usluge u ukupnoj vrijednosti od oko 3,5 milijuna dolara. Od toga se 2,6 milijuna odnosi na izradu glavnog projekta sistema za navodnjavanje.

Ovi projekti predstavljaju samo prvi dio realizacije u cijelosti prihvaćenog projekta razvoja područja Rezaueh i Shahpur. Upravo potpisani ugovori su potvrda stručnog i poslovnog ugleda koji »Elektroprojekt« ima u Iranu nakon osmogodišnjeg kontinuiranog rada u toj zemlji.

Ugovor za izradu glavnih projekata ovog sistema za navodnjavanje rezultirao je iz uspješno završenog izvještaja o tehničko-ekonomskim mogućnostima kao osnove za planiranje izgradnje višenamjenskih projekata u području Rezayeh i Shahpur, što su ga razradili stručnjaci »Elektroprojekta«.

Taj je izvještaj obradio mogućnost navodnjavanja na ukupnoj površini od oko 130.000 ha uz korištenje površinskih i podzemnih voda. U tim sistemima navodnjavanja predviđa se i izgradnja 4 hidroelektrane.

Uz novosklopljene poslove »Elektroprojekt« je angažiran u nadzoru nad izgradnjom sistema navodnjavanja područja Mahabed koji se izvodi po projektima »Elektroprojekta«, zatim na izradi glavnog projekta irigacionog sistema Sarakhs i studije za vodoopskrbu grada Rezayeh, te na nekim drugim manjim poslovima.

U toku su i pregovori za nove poslove u vrijednosti od oko 3 milijuna dolara koji će biti realizirani do kraja ove godine

I. R.

Usvojen program korištenja sliva rijeke Drave

Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske donijelo je odluku kojom podržava program kompleksnog rješenja sliva rijeke Drave.

Na području SR Hrvatske energetski potencijal sliva Drave procjenjuje se na oko 540 MW instalirane snage, s godišnjom proizvodnjom od oko 2120 GWh električne energije. Ti energetski kapaciteti do danas nisu iskorištavani. Tek izgradnjom HE Varaždin koristit će se oko 20% mogućeg energetskog potencijala.

Nakon izvršenih tehničkih, energetskih i ekonomskih analiza i terenskih ispitivanja programom je planirana, osim HE Varaždin, izgradnja još šest dravskih hidroelektrana i to na području srednje Drave: Čakovec, Dubrava i Đurđevac, te Barč, a u donjem dijelu Drave Moslavina i Osijek.

Stručnjaci elektroprivrednih organizacija Hrvatske misle da poslije puštanja u pogon HE Varaždin, valja odmah pristupiti gradnji HE Čakovec, koja će godišnje proizvoditi oko 350 GWh električne energije.

Izgradnjom energetskih postrojenja i regulacijom sliva Drave zaštitit će se veće površine obradive zemlje od poplava koje su česte u tim područjima. Osim toga, omogućit će se i natapanje 400 tisuća hektara plodnih površina.

Uz korištenje energetskih kapaciteta u planu je i rješavanje vodoprivrednih zahvata. Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske zadužilo je republičke vodoprivredne organizacije, da u što kraćim rokovima donesu, na osnovi ranije obrađenih studija, konačna teh-

ničkа rješenja, i da se izrade glavni projekti za izvedbu pojedinih vodoprivrednih objekata.

Rad na realiziranju programa energetskog korištenja i regulacije rijeke Drave na području naše republike vodit će elektroprivredna poduzeća iz Zagreba i Osijeka u zajednici s osam vodoprivrednih organizacija, Privrednih komora regija Varaždin, Bjelovar i Osijek, četrnaest općina uz Dravu, pet poljoprivrednih kombinata, te nekoliko drugih industrijskih poduzeća.

Navedene zainteresirane grupe i organizacije osnovale su Inicijativni odbor koji će usko surađivati s republičkim organima. Inicijativni odbor je zadužen da pripremi sve materijale za osnivanje Interne zajednice i pripremi nacrt samoupravnog sporazuma o osnivanju i radu Zajednice.

Nadalje, predloženo je da osnovna grupacija zainteresiranih članova Interne zajednice od dijela svoga dohotka izdvoji za realiziranje planova korištenja sliva rijeke Drave iznos od 10,6 milijardi dinara.

I. R.

Sporazum o financiranju gradnje NE Krško

Predstavnici poduzeća Savske elektrane iz Ljubljane i »Elektroprivreda« iz Zagreba potpisali su ugovor o udruživanju financijskih sredstava SR Slovenije i SR Hrvatske za izgradnju prve jugoslavenske nuklearne elektrane. Sporazumom je utvrđeno da obje strane osiguraju po 50% dinarskih sredstava, s tim da i kreditne obveze otplaćuju u istom omjeru.

Buduća nuklearna elektrana Krško imat će instaliranu snagu 632 MW, koja će jednu polovinu proizvodnje električne energije davati privredi Slovenije, a drugu potrošačima u Hrvatskoj.

Prema izvršenim analizama današnjih tržišnih cijena investicije za NE Krško iznosit će oko 4 milijarde dinara.

Kao što je već ranije pisano, krajem studenog prošle godine potpisan je s američkom tvrtkom »Westinghouse« predugovor o isporuci investicione opreme. Očekuje se da će definitivan ugovor biti zaključen u prvom polugodištu ove godine. U tom vremenu bit će potpisani i ugovori sa stranim kreditorima.

Ako plan u vezi s izgradnjom NE Krško bude u određenim rokovima realiziran, u programu je, da prva naša nuklearna elektrana u Krškom uđe u pogon krajem 1978. ili početkom 1979. godine.

I. R.

Nova mreža dalekovoda 35 kV

U nekim konzumnim područjima Hrvatske nastavlja se realizacija plana izgradnje i proširenja dalekovodne mreže napona 35 kV. Početkom 1974. otpočela je izgradnja slijedećih prijenosnih postrojenja:

Investitor »Elektrodalmacija« Split povjerila je poduzeću »Dalekovod« izgradnju DV 35 kV Cavtat — Pločice, dužine oko 16,7 km. Konzumno područje Cavtat — Pločice danas se napaja jednim 10 kV vodom iz TS Cavtat. Uslijed povećanog opterećenja česti su prekidi u distribuciji, a stvaraju se i loše naponske prilike. Da bi se uklonili ti nedostaci nužno je bilo pristupiti gradnji novog voda, čime će se postići bolja opskrba toga područja, a poboljšat će se i prijenosna veza sa Crnom Gorom. Vod se izvodi na čelično rešetkastim pocinčanim stupovima »jela«, vodiči su presjeka 3×95 mm² Ač, zaštitno uže 1×35 mm² Če - III, izolatori su tipa F 8 »Sediver«.

Gradi se i DV 35 kV Opuzen — Ploče, oko 13,6 km, koji će se napajati iz TS 110/10 kV Opuzen i TS 35/10 kV Ploče s pripadnim vodnim poljima. Novi vod se izgrađuje kao zamjena dotrajalog 35 kV voda koji je izveden na drvenim »X« stupovima. Puštanjem u pogon toga voda ostvarit će se pogonska sigurnost i poboljšati opskrba konzuma kvalitetnijom električnom energijom.

Tehnički podaci za DV 35 kV Opuzen — Ploče su: Stupovi čelično rešetkasti, presjek vodiča 3×150 mm² Ač, zemno uže 1×50 mm² Če III, te izolatori kapasti tipa K 170/280.

Ubrzani razvoj turizma i drugih privrednih grana na području Istre zahtijeva sve veću sigurnost u opskrbi električnom energijom. Upravo iz tih razloga ulažu se veliki napori za proširenje dalekovodne mreže napona 35 kV. U prošloj godini su puštena u pogon slijedeća prijenosna postrojenja: DV 35 kV Raša — Koromačno i TS 35/6 kV Koromačno, TS 35/10 kV Poreč II i TS 35 kV Banjole. U nekoliko transformatorskih stanica u Istri ugrađeni su novi transformatori s jačim instaliranim snagama. Poduzeće »Elektroistra« izgradilo je novu TS 35/10 kV Pula — Zapad, snage 2×8 MVA bez posade, tako da se kompletna signalizacija prenosi preko signalnog kabela u 1,5 km udaljenu TS 35/10 kV Pula — Centar.

U prvom tromjesečju ove godine otpočeli su radovi na gradnji DV 35 kV Pula — Fažana — Rovinj, oko 25,5 km, sa zadatkom da se poboljša kvaliteta i doprema električne energije konzumu Pula — Fažana — Rovinj. Ujedno će se tim vodom zatvoriti prsten između TS 110/35 kV Pula i TS 110/35 kV Rovinj.

Za vod su izabrani čelično-rešetkasti stupovi i vodiči 3×120/20 mm² Ač.

Izvedbu radova, kao i isporuku opreme, preuzelo je poduzeće »Dalekovod«. Isto poduzeće ugovorilo je s investitorom, »Elektroslavonijom« izgradnju DV 35 kV Sl. Požega — Ferkovac, dužine oko 18,5 km. Svrha ovog voda je povezivanje TS 35/10 kV Ferkovac sa TS 110/35 kV Sl. Požega.

I. R.

Početak gradnje DV 380 kV u Hrvatskoj

Nakon konačnog usvajanja programa izgradnje osnovne mreže vodova 380 kV Jugoslavije pristupljeno je potpisivanju ugovora o isporukama opreme i izvedbenim radovima.

Ukupna dužina dalekovodne mreže 380 kV u SR Hrvatskoj je oko 750 km. U prvoj fazi gradit će se dalekovod Šid — Ernestinovo, pa dalje u smjeru Kamensko — Zagreb i u pravcu Maribora. U prvoj fazi obuhvaćena je i gradnja dviju TS 380/220/110 kV u Ernestinovu i Zagrebu.

Elektroprivredne organizacije Hrvatske, kao investitor za područje Hrvatske, potpisali su s poduzećem »Dalekovod« ugovor o izgradnji prve dionice DV 380 kV Šid — Ernestinovo, dužine oko 51,5 km. Stručne ekipe Dalekovoda odmah su pristupile pripremnim radovima i prvo radilište otvorit će se u okolici Šida.

Glavni građevni radovi otpočet će u travnju. Planirano je da radovi na ovoj dionici budu završeni u roku od 12 mjeseci.

Investitori su ranije postigli sporazum s isporučiocima opreme za 380 kV dalekovode. Tako će poduzeće »Energoinvest« iz Sarajeva isporučiti stupove, a spojni i ovjesni materijal proizvest će »Dalekovod«. U isporukama zaštitnog užeta i izolatora učestvorat će domaća poduzeća, a jedan dio će se nabaviti od inozemnih proizvođača. Budući da se objekt financira i sredstvima kredita Međunarodne banke za obnovu i razvoj, to će biti raspisana međunarodna licitacija za nabavku onog dijela opreme koju valja osigurati iz uvoza.

I. R.

»Dalekovod« u Srednjoafričkoj Republici

Zagrebačko poduzeće »Dalekovod« do sada je izvršilo opsežne radove na projektiranju, izvedbi i isporukama opreme za veći broj elektroenergetskih postrojenja u mnogim azijskim, afričkim i evropskim zemljama. Suradnja sa stranim partnerima nastavlja se i u ovoj godini. Od novijih poslova valja istaknuti ugovor »Dalekovod-a« i Vlade Srednjoafričke Republike o gradnji dalekovodne mreže.

Mlada Srednjoafrička Republika, nakon što je 1960. postala nezavisna, pristupila je planskom radu oko unapređenja privrednog, kulturnog i javnog života zemlje. U razvoju privrede polučeni su u kratkom razdoblju zadovoljavajući rezultati, naročito u prerađivačkoj industriji. S obzirom na čvrstu sirovinsku bazu osnovane su tvornice za preradu žitarica, ulja, duhana, ljuštionice pamuka, a posebno mjesto zauzima eksploatacija zlata i dragulja na mehanizirani način.

Za brzi i planski razvoj industrije i podizanje životnog standarda valja osigurati jake izvore električne energije. Danas su glavni izvori elektroenergije nekoliko manjih termoelektrana i jedna veća hidroelektrana Boali I, na slapovima rijeke M'Bali. Da se zemlja što brže elektrificira Vlada Srednjoafričke Republike je usvojila program izgradnje elektroenergetskih postrojenja. Realizacija plana je u toku, pa od većih objekata valja istaknuti gradnju hidroelektrane Boali II. Projekte i gradnju za ovu hidroelektranu izvode stručnjaci »Energoprojekta« iz Beograda, a rok dovršenja je svibanj 1975. Proizvodnju HE Boali II koristit će konzum glavnog grada republike Bangui putem dalekovodne mreže 110 kV.

Poduzeće »Dalekovod« je s investitorom ugovorilo izgradnju DV 110 kV HE Boali I — Bangui, u dužini od oko 84 km. Vod će se izvesti na čelično rešetkastim pocinčanim stupovima, proizvod »Energoinvesta«, vodiči su 120/20 mm² Ač, zaštitno uže od pocinčanog čelika presjeka 50 mm², a izolatori kapasti K - 3, proizvod Industrije porcelana Aranđelovac.

Projektanti »Dalekovoda« su nakon izvršenih terenskih mjerenja i ispitivanja izradili glavni projekt toga voda. Nadalje, kompletnu opremu za vod isporučit će »Dalekovod« u zajednici s drugim našim proizvođačima elektro-materijala. Dobar dio opreme je otpremljen i u veljači ove godine su otpočeli glavni radovi na izgradnji dalekovoda 110 kV HE Boali — Bangui.

Između izvođača i investitora ugovoreno je da kompletna izgradnja ovog objekta bude završena do kraja 1974. godine.

I. R.

Unapređenje razvoja energetike Zagreba

Skupština grada Zagreba usvojila je Društveni plan razvoja grada za 1974. i 1975. godinu. U planu zauzima važno mjesto rješavanje pitanja iz područja energetike na užem i širem području Zagreba.

Današnja situacija energetskog razvoja grada ne zadovoljava. Potrebno je ubrzano raditi na rješavanju mnogih problema energetskog karaktera. Zato je programom zacrtano da prioritet valja dati planovima rekonstrukcije i osnivanja novih kapaciteta distributivne električne, plinske i toplinske mreže u skladu s rastom potrošnje.

Ukratko ćemo se osvrnuti na Društveni plan razvoja Zagreba 1974. — 1975. iz grupe energetike.

Na području distribucije je osnovni cilj rekonstrukcija i proširenje mreže radi smanjenja preopterećenosti, uklanjanje kvarova i uskih grla u opskrbi energijom. Plan je obuhvatio slijedeće investicione zahvate:

Za dvogodišnje razdoblje u razvodnu električnu mrežu će se investirati oko 442 milijuna dinara. Investicije će se ulagati u gradnju četiriju TS 110/10 kV i četiriju TS 30/10 kV i pripadajućih priključaka i vodova 30 kV. Jedan dio investicija uložit će se za objekte 10 i 0,4 kV, tako da će se izgraditi ili rekonstruirati 115 transformatorskih stanica. U dužini od oko 200 km zamijenit će se ili postaviti novi kabeli. Osigurane su investicije za izgradnju električne mreže u novim naseljima.

Plan plinifikacije zahtijeva investiciona sredstva od oko 68 milijuna novih dinara, a utrošit će se za konverziju gradskog plina, zatim za rekonstrukciju mreže gradskog plina i zamjenu dotrajalih instalacija. Osigurana su sredstva i za preorijentaciju iz gradskog na zemni plin, koja se već provodi, kao i za mrežu u novim naseljima.

U razvoju toplifikacije planirani su opsežni radovi na izgradnji magistralnog vrelovoda i razvodne mreže, te izvedba parovodne kotlovnice u EL-TO, u Zagorskoj ulici, snage 110 t/h. U Termoelektrani-Toplani na Žitnjaku gradit će se vrelovodna kotlovnica, snage 50 Gcal/h.

U novom naselju Prečko izgradit će se mikroplinara na bazi tekućeg plina. Društveni plan razvoja za unapređenje toplifikacije i izgradnju navedenih objekata uložit će iznos od oko 85,4 milijuna novih dinara.

Investiciona sredstva za razvoj energetike i gradnju pojedinih postrojenja osigurana su većim dijelom iz vlastitih sredstava radnih organizacija, a manji dio bit će pokriven kreditima banaka. Ako se osiguraju daljnja investiciona sredstva Društvenim planom razvoja Zagreba za 1974. — 1975, programom je predviđeno realiziranje i ovih radova:

U sklopu TE-TO predviđa se gradnja elektro--toplinskog bloka od 120 MW, kako bi se osigurali proizvodni kapaciteti za zacrtani razvoj toplifikacije. Osim toga izgradnjom toga postrojenja istovremeno će se osigurati veća sigurnost u opskrbi električnom energijom. Program elektroprivrede SR Hrvatske za izgradnju toplifikacionog bloka od 120 MW planirano je korištenje kredita od SSSR-a u visini od 220 mil. novih dinara. Ukupne investicije za ovaj objekt iznose oko 440 milijuna novih dinara.

Potrebno bi bilo osigurati još sredstva od oko 170 milijuna novih dinara za objekte mreže 110 kV i 30 kV, te objekte 10 i 0,4 kV uz rekonstrukciju javne rasvjete, te proširenje kapaciteta zemnog plina.

I. R.

SAVJETOVANJA I KONFERENCIJE

SAVJETOVANJE U LIÈGE-u
TRETMAN INFORMACIJA U POSTROJENJIMA VISOKOG NAPONA: MJERENJE I ZAŠTITA

Krajem lipnja 1973. godine održano je u Liège-u u Belgiji internacionalno studijsko savjetovanje o »Tretmanu informacija u postrojenjima visokog napona: mjerenje i zaštita«.

Referate su podnijeli specijalisti elektroprivrednih organizacija i znanstvenih ustanova, te proizvođači opreme za elektroenergetska postrojenja iz Švicarske, Francuske, Zap. Njemačke, Engleske, Italije i Belgije.

Na skupu su dominirale teme iz automatizacije u elektroprivredi. Dani su kraći pregledi sadašnjeg tretmana, te ubuduće postupanje i rad pri skupljanju, obradi i prijenosu informacija u postrojenjima. Posebno je osvijetljeno aktualno stanje i perspektivni pravci razvoja iz područja relejne zaštite i mjerenja. Ilustracije radi, navest ću samo neke naslove prezentiranih radova: »Perspektivno gledanje na tretman informacija u postrojenjima visokog napona«, »Povećanje sigurnosti korištenjem elektronike u zaštitnim uređajima«, »Simultani rad elektroničkih zaštitnih releja i mjernih transformatora«, »Zaštita digitalnim kompjuterom« i »Tretman informacija u postrojenjima visokog napona sa stanovišta eksploatacije«.

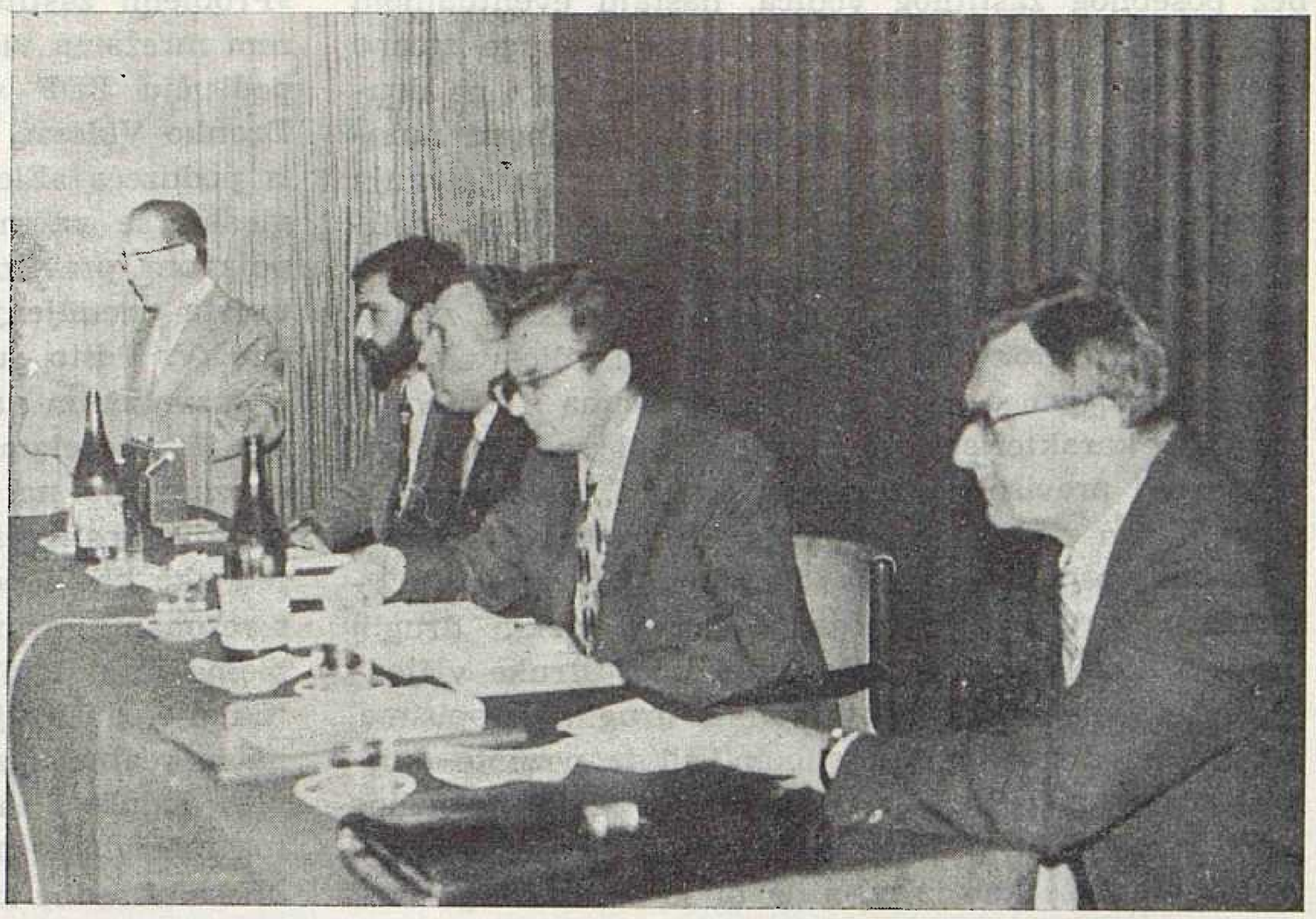
Veliki broj referata dao je uvid u nastojanja, koja su danas u toku, da se mjerenja struje i napona u visokonaponskim postrojenjima izvedu na nekonvencionalan način s novim uređajima koji u potpunosti zamjenjuju »stare« strujne i naponske transformatore. Ovo je uvjetovano, s jedne strane, usvajanjem veoma visokih napona u području prijenosa, a s druge uvođenjem elektronike u uređaje zaštite i mjerenja s izvanredno kratkim vremenom prorade i visokom točnošću, koji zahtijevaju preciznost i vjernost prijenosa veličina struje i napona u prelaznim stanjima. Referati: »Tražene karakteristike za strujne i naponske mjerne transformatore«, »Principi koji mogu biti uzeti u obzir za elektronički način mjerenja struje i napona«, »Elektroničko pojačalo kapacitivnih dijelitelja napona za blindirana postrojenja za vrlo visoke napone«, »Elektronički transformator«, »Tendencije razvoja u konstrukciji mjernih transformatora — posebno u domeni neklasičnih«, »Mjerenje struje korištenjem Faradijevog magneto-optičkog efekta kod flint (vrsta olovnog) stakla« i drugi radovi, pokazuju da su mnoga istraživanja okrunjena uspjehom i da je usvajanje proizvodnje nekonvencionalnih mjernih transformatora više stvar tehnološko ekonomske nego teoretske prirode, što je i pokazano na eksperimentalnim primjerima.

Pred Elektroprivredom Belgije stoji, s obzirom na veliki broj postojećih postrojenja, njihovu gustoću, a posebno s obzirom na zahtjev za kvalitetom i sigurnošću napajanja konzuma, koji brzo raste, težak zadatak. Oni vide rješenje, pored ostalog, u realizaciji projekata u razradi, koji vode kompleksnoj automatizaciji i najsuvremenijem vođenju el. sistema.

U tu svrhu je savjetovanje što su ga organizirali, s obzirom na prisustvo zaista najeminentnijih evropskih stručnjaka, dalo sveobuhvatan pregled sadašnjih i budućih zadataka na tom polju, čije rješenje tek predstoji, a realizacija će, u što se ne sumnja, biti moguća zahvaljujući zaista spektakularnom razvoju elektronike, kompjutora i relejne tehnike.

Mirko Valenčić

OSVRT NA II SAVJETOVANJE O IZVORIMA OPASNOSTI OD ELEKTRIČNE STRUJE I PREVENTIVNIM SREDSTVIMA ZAŠTITE



U razdoblju od 16. do 18. listopada ove godine održano je u organizaciji Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske, a u suradnji sa SMEITJ, savjetovanje o izvorima opasnosti od električne struje i preventivnim sredstvima zaštite. Savjetovanje je održano u Zadru. U radu savjetovanja učestvovalo je oko 500 elektrotehničkih stručnjaka s cijelog područja Jugoslavije, od čega je oko 120 bilo iz elektroprivrednih organizacija. Već sam broj učesnika rječito govori o velikom interesu elektrotehničkih stručnjaka, a posebno onih iz elektroprivrednih organizacija, za probleme tretirane na ovom savjetovanju.

Ukupno je podnijeto 34 referata koji su bili svrstani u 10 tematskih grupa. Svi su referati osim jednog, podnesenog na samom savjetovanju, tiskani kao zbirka separata i bili podijeljeni učesnicima, nažalost tek pri dolasku u Zadar. S obzirom na vrlo živu i u većini slučajeva konkretnu i interesantnu diskusiju, u slučaju pravovremenog dobivanja tiskanih referata bilo bi još više koreferata i diskutanata.

Referati su obradili tematski vrlo široko područje, od zaštite od previsokog dodirnog napona, koja je ostala glavna i osnovna preokupacija i ovog savjetovanja, preko zaštite od dodira dijelova pod naponom i požarnih opasnosti od električne struje do, na ovom savjetovanju prvi puta pokrenutog pitanja zaštite od primarnih i sekundarnih učinaka statičkog elektriciteta.

Potrebne inovacije, primjena i osiguranje poštivanja tehničkih propisa, posebice onih kojima se garantira efikasnost zaštite od previsokog dodirnog napona, obradilo je nekoliko referenata. Referati a i diskusije su pokazali da je u toj domeni posljednjih godina postignut značajan napredak, da su u interesu veće sigurnosti potrebni neki ispravci i dopune tehničkih propisa, i da je potrebno u svim prikladnim sredinama stalno upoznavati s tim problemima što širi krug elektrotehničkih stručnjaka, pogotovo onih iz projektantskih i izvođačkih organizacija.

U okviru ove skupine referata u diskusiji se je i opet, doduše ne tako oštro kao na prvom savjetovanju u Primoštenu 1969. god., pokušalo zahtijevati da elektrodistributivna poduzeća preuzmu odgovornost za osiguranje stalne efikasnosti zaštite od previsokog dodirnog napona u instalacijama potrošača. Međutim, taj zahtjev nije ovaj puta naišao na očekivani odjek. Razlog tome je vjerojatno taj što je većina elektrotehničkih stručnjaka, koji poznaju te probleme, svjesna, da elektrodistribucija doduše stvarno jedina raspolaže kvantitetno i kvalitetno potrebnim kadrom i materijalnom osnovom za preuzimanje takve odgovornosti, ali da nošenje tereta takve odgovornosti mora biti popraćeno i adekvatnim pravima. U ostvarenju takve zamisli mora, s obzirom na zatečeno stanje, postojati i odgovarajuća postupnost. Nažalost, uvjeti za to još nisu sazreli.

U referatima, koji su se bavili općenito vrstama zaštite od previsokog dodirnog napona, primjenom različitih vrsta zaštite i praktičnim iskustvima s tog područja, a napose u diskusiji koja se razvila o temama iz referata, mahom je dominirao zaključak da je zaštita zaštitnom strujnom sklopkom najsigurnija i nesumnjivo u budućnosti prioritetna u instalaciji potrošača. Poteškoće na koje se nailazi u primjeni takve zaštite imaju sasvim banalan karakter. Na našem tržištu takvih sklopki nema uvijek i u dovoljnim količinama. Referenti, kao i ogromna većina učesnika u diskusiji založila se je za obveznu primjenu zaštitnog (trećeg, odnosno petog) vodiča u instalaciji potrošača kod izvedbe zaštite nulovanjem. Pokazano je naime i na ovom savjetovanju da nulovanje u instalaciji potrošača nije ništa izgubilo u sadašnjoj etapi

razvoja od svoje aktualnosti, unatoč očitih prednosti upotrebe strujne zaštitne sklopke. Zaštitni vodič s jedne strane otklanja opasnosti koje kod nulovanja, bez posebnog zaštitnog vodiča, nastaju eventualnom zamjenom faznog i nultog vodiča, a s druge strane omogućuju jednostavniji prijelaz po potrebi i na druge zaštitne mjere. Velike ekonomske prednosti nulovanja mogle bi biti smanjene rezultatima istraživanja iznesenog u referatu V. Teodorovića dipl. ing. iz Instituta Mašinskog fakulteta, Novi Sad, pod naslovom »O trajanjima intervencije propisanih dopunskih zaštitnih mera«. Autor je dokumentirano utvrdio raskorak između propisa o rastalnim osiguračima i njihovih stvarnih karakteristika i propisa koji se odnose na zaštitu od previsokog dodirnog napona. Dok se prvospomenutim propisima stimulira takva karakteristika rastalnog osigurača, koja će dovoljno dugo izdržati tzv. struje pokretanja motora i nekih drugih aparata, koje dosežu i više od sedmerostruke vrijednosti nazivne struje, dotle onim drugim propisima, doduše ne direktnom odredbom, ali iz poznate ovisnosti između trajanja protoka struje određene jačine kroz čovjeka, to bi vrijeme trebalo biti znatno kraće. Autor predlaže kao izlaz, a da bi se održala sigurnost zaštite od previsokog dodirnog napona, uz potrebu da osigurači imaju upravo takve karakteristike kakve imaju, da se vrijednosti za faktor k od 2,5, 3,3 i 5 koliko sada iznosi po TP 43/66 povećaju na vrijednosti 3,5, 5, 8 i 16 u ovisnosti o karakteristici i nazivnoj struji rastalnog osigurača. Prihvaćanje njegovog prijedloga dovodi do povećanja troškova za izvedbu zaštite nulovanjem, ali to ne bi smio biti razlog da se na ove činjenice ne reagira ozbiljno i dovoljno brzo. Autor nadalje na osnovi rezultata do kojih je došao predlaže i korekcije za faktor k kod upotrebe instalacionih automatskih osigurača i motorskih zaštitnih sklopki. Kod automatskih osigurača taj bi faktor umjesto 2,5 i 3 morao iznositi 3 odnosno 5, a za motorne sklopke mogao bi ostati 1,25, ali da se taj faktor odnosi na podešenu proradnu struju elektromagnetskog okidača.

Posebnu pažnju su na savjetovanju izazvale »Smjernice za pravilno izvođenje elektroenergetskih instalacija i priključivanje aparata i uređaja«, kojih je autor Miljenko Maričević, dipl. ing. iz tvornice TEP. Ove smjernice su priložene uz referat pod naslovom »Označavanje žila kabela i izoliranih vodova sa stanovišta zaštite od previsokog dodirnog napona«, kojeg su autori Vlado Pavlović, dipl. ing iz »Elektrodistribucije B i H«, Sarajevo i Miljenko Maričević, dipl. ing.

Zadaća svakog od nas bi bila da učinimo što je moguće više kako bi spomenute smjernice došle u ruke što većeg broja elektrotehničkih stručnjaka, posebno onim iz redova izvođača električnih instalacija. Izdavač ovih smjernica, odbor za suradnju s privredom SEITH-e, čija je nesumnjivo velika zasluga da je došlo do realizacije ovih smjernica, trebao bi možda razmisliti o tome da se tiskaju, za praktičare u prikladnijem džepnom formatu.

Na savjetovanju je podneseno i pet referata za čiju tematiku elektrodistribucija ima poseban interes. U svima se radi o zaštiti od previsokog dodirnog napona, ali ovaj puta posebno u domeni elektrodistributivnih postrojenja ili mreža. U referatu pod naslovom »Problemi zaštite od električne struje u distributivnim mrežama visokog napona i pristup rješavanju na području EDP »Elektrobanjaluka« kojeg su autori Branko Vidović, v. teh. i S. Glamočlija, dipl. ing. oba iz poduzeća »Elektrobanjaluka«, Banja Luka, na pregledan se način najprije iznose poznati problemi s pojavom previsokih napona uzemljivača kod teških uvjeta uzemljenja i »direktne« transformacije 110/10 (20) kV. Pošto su konstatirali da se zahtjevi propisa o dozvoljenim naponima dodira i koraka mogu s manje ili više ekonomskog opravdanja zadovoljiti, autori upozoravaju na tehno-ekonomsku neopravdanost tretiranja postrojenja uzemljenja preko malih otpora jednako kao i postrojenja s izoliranom nul-točkom ili s rezonantnim uzemljenjem, te na zanemarivanje problema prenošenja potencijala u pripadnim propisima. Nadalje, dokazuju na vrlo pregledan i dokumentiran način realne opasnosti koje se mogu zbog toga pojaviti, doduše s vrlo malom vjerojatnošću. U zaključku tog referata se predlaže, da se u odgovarajuće propise unesu odredbe koje bi u pogledu napona koraka i napona dodira tretirale jednako postrojenja s nultočkom uzemljenom preko malog otpora kao i postrojenja s direktno uzemljenom nultočkom, te da se propisima obuhvate i pojave prenošenja potencijala. Preporučuju, nadalje, u zaključcima da se srednjenaponska kabelska mreža razvija kabelima IPO-13, što pomalo zvuči disonantno s modernim tendencijama u razvoju kabelske tehnike i kabelskih mreža.

Referat J. Nevešćanina, dipl. ing. iz »Elektrodalmacije«, Split pod naslovom »Ekonomsko značenje i problem međusobnog spajanja uzemljenja gradskih kabelskih električnih mreža«, izraziti je primjer modernog tehno-ekonomskog pristupa jednom od problema distribucije. Autor se pri izlaganju služi isključivo podacima splitske elektrodistribucije, no to ni malo ne umanjuje vrijednost iznesenih rezultata. Problemi su jednaki za sva slična područja s teškim uvjetima uzemljenja, a neke analogije vrijede i za ostala područja. U referatu se uvodno utvrđuje sadašnje stanje u pogledu uzemljivanja u cijelom sistemu gradske elektrodistribucije Split od TS 110 kV do instalacije potrošača (nova naselja), i pokazuje da na širem području grada Splita investiciona ulaganja za izvedbu svih uzemljivača iznose 5,5% investicionih ulaganja u postrojenja, mrežu i instalacije, uključivši TS 110 kV. Autor predlaže povezivanje svih uzemljivača u sistem elektrodistribucije od TS 110 kV do uključivši uzemljivače instalacije potrošača. Ako bi se to učinilo, na način koji se u nastavku referata obrazlaže, došlo bi se do ekonomičnijeg uzemljivanja koje bi konkretno u elektrodistribuciji grada Splita po računu autora zahtijevalo 2,36 puta manje troškove, a da pri tome budu riješeni svi problemi s održanjem napona koraka i dodira u postrojenjima u dozvoljenim granicama i da sistem nulovanja u instalaciji potrošača bude efikasan. Pri tome autor polazi od nekih pretpostavki. Naime, za postizanje predloženih rezultata potrebna je prije svega izmjena propisa. Potrebno je

usvojiti da kabelska mreža 10 i 35 kV ima kabele čiji olovni plaštevi mogu služiti kao uzemljivači i na kraju obvezna izgradnja tzv. temeljnih uzemljivača kod instalacija potrošača. Zatim treba još upotrebljavati kao uzemljivač vodovodnu mrežu i mreže toplinskih instalacija.

Upravo spomenutim temeljnim uzemljivačem bavi se referat pod naslovom »Temeljni uzemljivač i izjednačavanje potencijala«, kojeg je autor Milan Nastić, dipl. ing. iz »Elektrodistribucije«, Beograd. I referat i diskusije su osim nedvojbenog zalaganja za obveznu izvedbu temeljnih uzemljivača u novim objektima ukazali na neophodnost izvođenja sistema izjednačavanja potencijala u instalaciji potrošača. U diskusiji se pojavio, sasvim opravdan zahtjev da se ispitivanjima utvrdi s kolikim specifičnim otporom betona valja računati kod temeljnog uzemljivača, budući da razni autori navode ekstremno različite vrijednosti.

Slijedeća dva referata bave se uglavnom problemom primjene zaštite nulovanjem u seoskim područjima s vrlo dugačkim nadzemnim vodovima. Prvi referat je od Milivoja Škarića, dipl. ing. iz »Elektre«, Bjelovar pod naslovom »Primjena nulovanja u postojećim mrežama 0,4 kV kao zaštite od opasnog dodirnog napona greške«, a drugi od J. Nevešćanina, dipl. ing. iz »Elektrodalmacije« Split, pod naslovom »Seoska elektrifikacija i problem efikasne zaštite od dodirnog napona u uvjetima loše vodljivosti tla«. U oba referata koji vrlo dokumentirano osvjetljuju sve probleme s tog područja, utvrđuje se neophodnost ugradnje dodatnih uređaja radi postizanja efikasnosti nulovanja. Nevešćanin predlaže upotrebu strujne zaštitne sklopke, a Škarić sklopke ASN(D) uz ogradu, da je prije toga potrebno ispitati sigurnost njezina djelovanja, utvrditi optimalno mjesto njezine ugradnje i izvesti izmjene propisa.

To što su u ovom osvrtu opširnije spomenuti samo neki referati ne znači da su oni bili kvalitetniji od ostalih, ali s obzirom na ograničenost prostora trebalo je odabrati one referate za koje najvjerojatnije postoji trenutno uži interes za naše čitaoce iz elektroprivrednih organizacija. Potrebno je još primjetiti da je od tolikog broja referata, samo jedan obrađivao probleme zaštite u industrijskim mrežama, dok je na prvom savjetovanju u Primoštenu 1969. godine jedna petina referata bila posvećena tim problemima.

Na kraju valja nešto reći o organizaciji savjetovanja. Usvojimo li sve objektivne razloge koji su doveli da tiskani materijal bude kasno uručen učesnicima (dobar dio referata je stigao sa znatnim zakašnjenjem), i neke male poteškoće kod hotelskog prihvata prve večeri, mora se organizatoru osim zahvale za ovako korisno savjetovanje odati i puno priznanje za organizaciju savjetovanja i izbor termina i ambijenta.

Vladimir Hartl, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu

12. MEĐUNARODNA (EVROPSKA) KONFERENCIJA O ZAŠTITI OD MUNJE

Od 1. do 5. listopada 1973. održana je u Portorožu 12. Međunarodna (evropska) konferencija o zaštiti od munje. Ovaj već tradicionalni znanstveno-stručni skup organizirao je Jugoslavenski komitet za geoelektricitet i gromobrane.

Konferenciji je prisustvovalo više od 110 učesnika iz inozemstva i oko 200 učesnika iz zemlje. Gosti iz inozemstva bili su iz Austrije, Belgije, Bugarske, Danske, Francuske, Italije, Mađarske, Nizozemske, Poljske, Rumunjske, Savezne republike Njemačke, Švedske i Švicarske. Sa žaljenjem se može spomenuti, da nisu došli predstavnici Demokratske republike Njemačke i Sovjetskog saveza, koji su prijavili i poslali veći broj veoma zanimljivih referata.

Organizator je dao — prvi puta u povijesti održavanja konferencije — veoma širok znanstveno-stručni publicitet ovom susretu znanstvenika i stručnjaka sa Zapada i Istoka. Elektrotehnički savez Slovenije posvetio je konferenciji jedan dvobroj (8—10, 1973) »Elektrotehničkog vesnika« s vrlo zanimljivim izborom za tu svrhu posebno napisanih rasprava poznatih evropskih znanstvenika i stručnjaka na području zaštite od munje. Dvobroj je izašao uoči održavanja konferencije i podijeljen je učesnicima. JKG izdao je pak drugi broj svog »Biltena«, također posvećenog ovoj međunarodnoj konferenciji. U tom periodičnom organu JKG-a dan je, među ostalim, popis referata na konferencijama od 1958. god. (5. konferencija u Beču) do 12. konferencije u Portorožu. Prof. dr V. Muljević je pak u povodu održavanja ove konferencije napisao članak o Stanku Pliveliću, koji je već 1910. god. sastavio i izdao propise za gradnju i ispitivanje munjovoda pod naslovom »Munjovodni uređaj«. Separati tog rada (u časopisu »Elektrotehnika«, 3—4, 1973, Zagreb kao i izvadak o gromobranu i zaštiti od munje u »Biltenu« br. 2 JKG-a bili su također na raspolaganju učesnicima konferencije.

Na konferenciji je prikazano 60 referata i diskusionih priloga. Referati su bili tiskani i dostavljeni većini učesnika prije konferencije.

Osnovni tematski program konferencije bio je, kao i na nekoliko ranijih, ovakav:

I. Proučavanje oluja i munja
II. Teoretski problemi zaštite od munja
III. Praktični problemi zaštite od munja
VI. Statistika. Propisi. Norme (standardi)
V. Specijalni problemi zaštite od munja.

U petoj, tematskoj skupini, posebno se prikazuju i razmatraju rješenja problema zaštite eksplozivnih objekata te biološko djelovanje udara munje.

Radni dio konferencije odvijao se u novoj kongresnoj dvorani (»Auditoriju«) u Portorožu, u suvremenom i tehnički neobično dobro uređenom objektu.

Pregled i osvrt na diskusije

I. Tematska skupina: Proučavanje oluja i munja

Voditelj diskusije: Prof. dr K. Berger (Švicarska)

Težište diskusija bilo je na osnovnim karakteristikama (parametrima) struje munje, kao i na opažanjima i njihovim mjerenjima. U Evropi postoje zasad najbolji podaci s brda San Salvatore kod Lugana u Švicarskoj (dugogodišnja sistematska opažanja i mjerenja; vrlo lijep i dosta detaljan prikaz tih istraživajna objavljen je u: »Bulletin des Schweiz. Elektrotechn. Vereins«, Bd. 63 (1972), Nr. 24, P. 1403 . . . 1422. Kratki prikaz i u: »Elektrotehn. vesnik«, V. 40, 1973, Br. 8—10, P. 15a . . . 21a odnosno 195 . . . 200). BERGER (Švicarska) ističe potrebu i preporuku, da se izvrše opažanja i mjerenja munja kroz duže vrijeme u ravnicama. Nadalje ističe vrlo zanimljive podatke o opažanjima munja na TV-tornju Ostankino u Moskvi. O tom prijavljenom referatu postoji samo kraći sadržaj. TV toranj Ostankino visok je 537 m i godišnje ga 30 do 40 puta pogodi munja. S posebnim aparatima za fotografsko snimanje izbijanje munja dobiveno je već 150 snimaka udara munje direktno u toranj i u blizinu tornja. Neka izbijanja munje pogodila su toranj u udaljenosti od 20 do 200 m od vrha, i tlo u udaljenosti 200 do 300 m od tornja. BAATZ (SRNj) primjećuje, da se nakon podataka o udarima u TV toranj Ostankino može posumnjati u ispravnost teorije o zaštitnom prostoru. RIEDEL (SRNj) ističe važnost mjerenja na TV tornjevima i daje prijedlog, da se pristupi mjerenjima na što je moguće više TV tornjeva prema jedinstvenim uputama; onda će biti moguće uspoređivati rezultate s više različitih mjesta i područja. KIKINGER (Austrija) ukazuje na činjenicu, da su u Austriji, Italiji, Švicarskoj i Jugoslaviji ti tornjevi redom na visokim brdima, pa će onda i rezultati biti slični; trebalo bi izvršiti mjerenja na ravnicama.

II. Tematska skupina: Teoretski problemi zaštite od munja

Voditelj diskusije: Prof. dr T. Horváth (Madarska)

Težište diskusija bilo je na razmatranju pojma zaštitnog prostora. Više diskutanata zalaže se za daljnja istraživanja veličine zaštitnog djelovanja gromobrana te o boljoj oznaci tog pojma s izrazom »vjerojatnost« udara, kao i na statističkim podacima. Više komentara dano je i na pojam Faradayevog kaveza. BERGER (Švicarska) izražava mišljenje, da bi se moglo govoriti o zaštitnom kavezu. HORVÁTH (Mađarska) primjećuje, da prema današnjem stanju teorije i prakse zaštite od munje »zaštitni prostor« u klasičnom smislu zapravo ne postoji; važnije i ispravnije je govoriti o vjerojatnosti udara i koristiti statističke podatke. FRITSCH (Austrija) smatra da treba naći odgovarajuće rješenje za pojam i definiciju »zaštitnog prostora«, jer je to važno za definiranje zaštite od munje.

Prilično živa diskusija razvila se o referatima o radioaktivnim gromobranima. HORVÁTH (Mađarska) ističe, da je kod ove nove vrste gromobrana (ideja je inače stara) posebno važna njegova efektivnost. Pokusi u malim razmjerima ništa ne dokazuju. Samo će statistika dati neke rezultate, a za ovo će trebati još dugo čekati. U Jugoslaviji je s time tek počelo. BERGER (Švicarska) naglašava, da su radioaktivni gromobrani već stari »problem«. Na sl. 3 u prikazanom referatu Ž. Radosavljevića i dr. vide se vrlo male razlike u toku ovisnosti jakosti struje o jakosti polja kod ispitivanja izbijanja kod grombrana bez i sa radioaktivnim izvorom (laboratorijski eksperiment). Dokazano je već bilo, da radioaktivnost nema nikakvog utjecaja. Utjecaj je sasvim malen — tisuću puta manji no što ga pruža sama priroda (sa strujom pred-izbijanja, što se javlja pred strujom munje na hvataljci gromobrana). S radioaktivnim gromobranom odnosno sa hvataljkom s izvorom RA-zračenja ne dobija se ništa, kao ni na primjer sa pozlaćivanjem šiljka hvataljke. BAATZ (SRNj) navodi, da je bio konfrontiran s radioaktivnim gromobranom u Ateni, gdje jedan radioaktivni gromobran mora štititi cijelu Akropolu. Za te gromobrane valja ponovno naglasiti, da radioaktvine supstance nemaju nikakvo djelovanje na zaštitni učinak gromobrana. Radioaktivni gromobran valja pokopati. POPIĆ (Beograd) navodi, da su dosadašnji eksperimenti u malim razmjerima dali ohrabrujuće rezultate. Valja još izvršiti eksperimente u prirodi i doći do statističkog faktora sigurnosti gromobrana. Treba još pričekati sa zaključcima. Daljnja ispitivanja dat će rezultate za nekoliko godina. Može se utvrditi, da su oni što postavljaju radioaktivne gromobrane s njima zadovoljni. Kako ima i drugih izvora zračenja, ne može nekoliko radioaktivnih gromobrana smetati. HORVÁTH (Mađarska) naglašava, da čitava stvar ima dvije strane: 1) ima li radioaktivna materija neki utjecaj ili ne, 2) da li je uopće vrijeme povoljno za korištenje radioaktivnog gromobrana? Završavajući prvi dio diskusija o radioaktivnom gromobranu HORVÁTH misli, da još nema potpunih dokaza protiv te vrste gromobrana, i da još treba pričekati, budući da nema još nikakvih statističkih podataka i rezultata dužih opažanja.

U drugom dijelu diskusije o radioaktivnom gromobranu dao je neka zapažanja SAVIĆ (Beograd). Među ostalim je spomenuo Lovćen. Tamo se ranije nije moglo raditi na dizanju spomenika, dok nisu postavljena četiri radioaktivna gromobrana. Bio je registriran samo jedan udar u radioaktivni gromobran. FRITSCH (Austrija) na prethodnu diskusiju primjećuje, da nema nikakvog dokaza o tome, da ne bi tako bilo i s klasičnim gromobranom. U Jugoslaviji o tome nema još nikakvih statističkih opažanja. U Austriji ta vrsta gromobrana nije uopće spomenuta u propisima, ili drugim riječima, nije zabranjena. Tako se dakle radioaktivan gromobran može postaviti, ali mu se ne može pripisati nikakvo veće zaštitno djelovanje nego jednostavnom metalnom štapu iste dimenzije. Korištenje radioaktivnih materija je u Austriji vrlo strogo ograničeno propisima o zračenju. KRULC (Zagreb)

završavajući drugi dio diskusije o radioaktivnom gromobranu zaključuje, da se na nivou međunarodne (evropske) gromobranske konferencije ovaj gromobran treba smatrati odbijenim. Ne može se, međutim, nikoga spriječiti da se pojavi na jednoj od slijedećih konferencija s novim podacima ili rezultatima novih ispitivanja.

III. Tematska skupina: Praktični problemi zaštite od munje

Voditelj diskusije: Dr Z. Krulc (Jugoslavija)

FRITSCH (Austrija) prikazao je na dijapozitivima nekoliko posebno interesantnih primjera rješenja zaštite na vrlo velikim suvremenim objektima kompliciране građe (među ostalim za novu ogromnu zgradu UNIDO u Beču). Prikazano je i nekoliko štetnih udara munje u nezaštićene objekte, među ostalim u antenu odašiljača u Nizozemskoj (referirao BROOD, Amsterdam). Zgrada je bila od betona, ali nije imala gromobransku instalaciju; prouzročene su velike štete u zgradi. NEUHAUS (SRNj) iznio je dva primjera opasnosti od korozije uzemljivača. Kod nekog nebodera u Kölnu utvrđeno je već nakon nekoliko godina, da uslijed korozije nije ostalo ništa od uzemljivača. Kao daljnji praktičan problem ističe zaštitu metalnih satova na crkvenim tornjevima kao i motora za zračenje na tavanima ili na vrhovima objekata. Kao novi problem je sigurna zaštita zgrada s kompjutorskim uređajima. U jednom primjeru u SRNj došlo je do velikog oštećenja niza tranzistora. BAATZ (SRNj) navodi, da se u SRNj još uvijek događaju štetni udari u, često i zaštićene, poljoprivredne objekte, najčešće zbog specifično otežavajućih okolnosti u nekim objektima, kao i zbog preskoka iskre s električnih uređaja. Opisuje i udar munje u automobil bez posljedica. FRITSCH (Austrija) daje kratki prikaz diskusionog priloga dr PFEIFFER-a iz DRNj o utjecaju parametarag romobranske instalacije i struja munje na napone munje u gromobranskim instalacijama. KOJOVIĆ(Beograd) dao je nakon kratkog prikaza svog referata o uzrocima stagnacije tehnike zaštite od atmosferskog pražnjenja prijedlog, da se formira stalna komisijaz a rješavanje tekućih problema.

IV. Tematska skupina: Propisi. Statistika. Norme (standardi)

Voditelj diskusije: Prof. dr V. Fritsch (Austrija)

Posebno zanimljiv bio je referat NEUHAUS-a (SRNj) o određivanju parametara ugroženosti od munje i u osvrtu na njega dao je BROOD (Amsterdam) osvrt na prilike u Nizozemskoj. Nekoliko diskutanata pozdravilo je nastojanja na usklađivanju propisa i normi na području zaštite od munje zainteresiranih evropskih zemalja. Prikazani referati i diskusije trebaju podstaknuti i druge zemlje na sudjelovanje na tom zadatku. GNIEWIEWSKI (Poljska) osvrnuo se na dosadašnje rezultate i radove na području statistike. Za nekoliko godina bit će skupljeno dosta materijala, pa će se moći izvući zaključci. Valja naglasiti, da je rad na zaštiti od munje veoma delikatan, jer se izvodi za zaštitu ljudi, koji tu materiju ne poznaju. FRITSCH (Austrija) naglašava, da valja forsirati statistička opažanja i interpretacije, jer će one pokazati koliko smo uspjeli u zaštiti od munje. Spomenuo je i mogućnost ozljeda osoba u zgradama (posebno radnika u tvornicama) od betona, ako dođe do udara munje i oštećenja betona. Ova strana propisa ima juridički karakter i pri tome valja također voditi računa kod harmonizacije propisa. BÜRKNER (Austrija) je kod osvrta na svoj referat o novim austrijskim propisima o izvođenju i kontroli gromobranskih instalacija (izdati 1. 8. 1973.) naglasio, da je posebno važno postići nešto boljega, na temelju prethodnog iskustva. Za radioaktivni gromobran je naglasio, da nije uopće ni spomenut u novim austrijskim propisima, jer je izvođenje gromobranske instalacije strogo propisano s odgovarajućim normiranim elementima.

V. Tematska skupina: Specijalni problemi zaštite od munje

Voditelj diskusije: Doc. dr Z. Flisowski (Poljska)

Težište diskusije bilo je oko zaštite od munje nuklearnih elektrana. ŠČUKA (Švedska) je dopunio svoj referat s nekoliko dijapozitiva. Naglasio je također otežavajuću okolnost kod tog objekta u Švedskoj, u činjenici, da je gromobranska instalacija bila uključena tek u završni dio projektiranja objekta, i dalja gradnja je obavljena s prerađenim elementima. GNIEWIEWSKI (Poljska) naglašava, da je pravilnije reći da se radi o zaštiti od posljedica udara munje. Kod zaštite nuklearnih elektrana i sličnih objekata treba podvući, da se može raditi o katastrofalnim posljedicama. Važna je također zaštita okoline.

Na kraju radnog dijela konferencije predao je predstavnik Italije usmeni poziv na sudjelovanje slijedećoj konferenciji, što će biti u proljeće 1976. u Italiji.

U okviru konferencije bila je i cjelodnevna stručna ekskurzija kroz područje Slovenskog krša s razgledavanjem zaštite TV predajnika Beli Križ kod Pirana i elektroenergetskog čvora Divača (renovirani trafo--uređaji, visokonaponski dalekovod za dovod struje iz Italije, napajanje strujom elektrificirane željezničke pruge Sežana — Ljubljana). Učesnici su time dobili i vrlo informativan uvid u morfološke, geološke i geoelektrične karakteristike i uvjete tipičnog kraškog terena.

U okviru konferencije održana su i dva radna sastanka predstavnika evropskih zemalja sa zadatkom daljnje harmonizacije i internacionalizacije propisa, normi i standarda za zaštitu od munje. Na drugom sastanku je dopunjen i redigiran nacrt sadržaja međunarodnog propisa za zaštitu od munje, što ga je predložila delegacija austrijskog komiteta za gromobrane. Dogovoreno je, odnosno zaključeno, da će neke države dati pismeno verzije tekstova tog propisa i dostaviti ga ostalim državama. Na slijedećem sastanku o toj problematici (ujesen 1974. u Budimpešti) izradit će se konačna verzija tog internacionalnog propisa.

Dr Z. Krulc

IN MEMORIAM

JERKO JERIĆ



Prošlo je deset godina otkako je umro ing. Jerko Jerić priznati elektroprivredni stručnjak, naučni radnik, vanredan čovjek i kolega. Bio je širokog obrazovanja i kulture, i u poodmaklim godinama, pun entuzijazma, vedrine i humora, uvijek željan znanja i progresa.

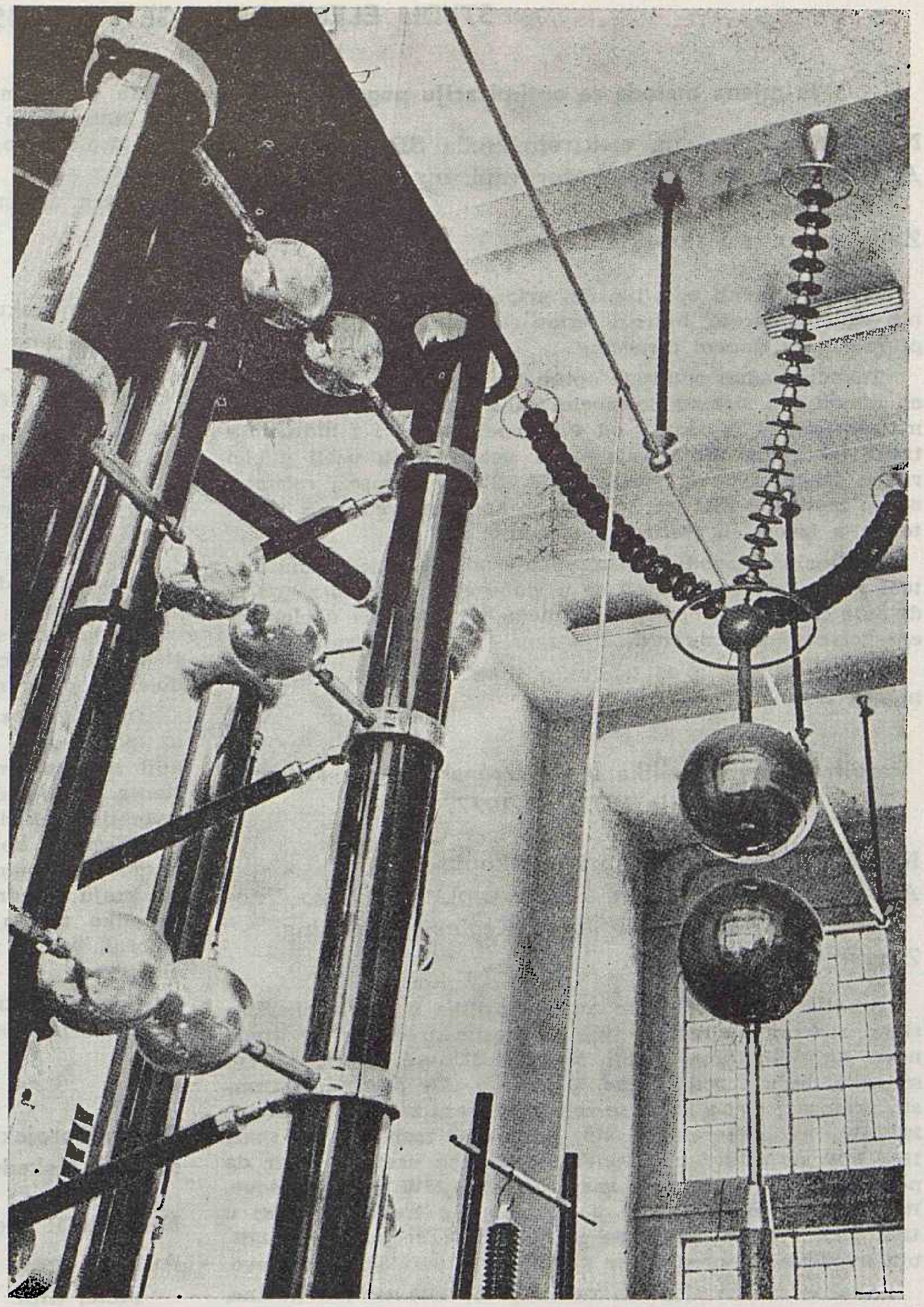
Ing. Jerić se rodio 8. VI 1888. u Metkoviću, gdje je polazio osnovnu školu. Srednju školu završio je u Splitu. Studirao je na Visokoj tehničkoj školi u Zürichu, gdje je diplomirao 1911, nakon čega se vratio u domovinu.

Ing. Jerić bio je jedan od graditelja hidroelektrane Kraljevac na čijem je radilištu bio 1912/1913, a zatim se zaposlio u Beču kod firme AEG Union.

Od 1914. pa do kraja Prvog svjetskog rata radio je kao pogonski inženjer tvornice cementa »Split« — Majdan. Dana 1. listopada 1919. postao je direktor Električnog poduzeća Split. Tokom svog rada proveo je organizaciju poduzeća, proširio elektrifikaciju Splita, a priključkom na HE Kraljevac stvorio je solidnu elektroenergetsku bazu za razvoj široke potrošnje i industrije Splitskog područja. Nakon punih 20 godina uspješnog rukovođenja elektroprivredom Splita, dolazi polovicom 1940. u Zagreb u novoosnovano Banovinsko električno poduzeće (BEP), u svojstvu jednog od ravnatelja poduzeća. Za vrijeme okupacije ostao je bez namještenja i bavi se privatnim poslovima sve do oslobođenja.

Polovicom 1945. pozvan je u Beograd u Ministarstvo industrije zbog predradnji na planu elektrifikacije. God. 1947. ponovno je u Zagrebu, gdje u glavnoj upravi elektroprivrede (UPEL) surađuje na izradi prvog plana elektrifikacije Jugoslavije obrađujući hidroenergetske izvore. Potom je ponovno premješten u Ministarstvo elektroprivrede u Beogradu, pa u Generalnu direkciju elektroprivrede Hrvatske, a zatim prelazi u upravo osnovan Institut za elektroprivredu, čiji je suradnik sve do smrti.

Bogato stručno iskustvo i velika marljivost ing. Jerića došli su upravo u Institutu za elektroprivredu do punog izražaja. Njegov se rad prvenstveno odvijao na području energetike, posebno hidroenergetike, gdje je dao vrijednih priloga izučavanju elektroprivrednih problema i primjene statističko matematskih metoda u elektroprivredi. Ing. Jerko Jerić, dragi drug i vrstan stručnjak ostat će nam u trajnoj uspomeni.



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1973.

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već više od dvadeset godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema jugoslavenske i hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito valja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetskih sistema uspoređivanjem vrijednosti elektrana, stalni rad na studiji perspektivnog razvoja jugoslavenske mreže visokog i najvišeg napona, te rad na analizi potrošnje i drugim problemima razvoja razdjelnih mreža.

Osim rada na užoj problematici razvoja elektroenergetskog sistema, razvio je rad na tehnološkim elementima termoenergetike, te u tehnici visokog napona. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u zemlji. U posljednjih godinu dana ubrzano se razvija i djeluje i grupa za studij automatizacije u elektroprivredi.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutarnjoj organizaciji, u osam posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

1. Studijska grupa za elektroenergetske sisteme
2. Studijska grupa za prijenosne mreže
3. Studijska grupa za razdjelne mreže
4. Studijska grupa za n. n. mreže i za projektiranje
5. Studijska grupa za automatizaciju i regulaciju
6. Studijska grupa za termoenergetske sisteme
7. Laboratorij za toplinska mjerenja
8. Laboratorij za visoki napon i jaku struju.

U daljnjem tekstu su prikazani važniji radovi iz djelovanja pojedinih grupa u 1973. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Primjena metode za optimizaciju pogona

Naručitelj: Udružena elektroprivreda SR Hrvatske
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Boris *Kalan*, dipl. ing.
Završeno u travnju 1973.

Elaborat sadrži opis i način pripreme podataka i potrebnih veličina mreže, hidro i termo elektrana za eksploataciju programa za dnevni dispečing.

Također sadrži rezultate optimalne raspodjele proizvodnje el. energije u sistemu termoelektrana i hidroelektrana. Promatrani sistem se sastoji od 4 termoelektrane i 7 hidroelektrana (područje SR Hrvatske). U proračun su uzeti gubici radne snage u mreži 220 i 110 kV. Gubici u mreži računati su po metodi B-matrice, u kojoj je konzum sveden na jednu točku a izvori su tretirani nezavisno.

Optimalna raspodjela proizvodnje određena je prema metodi prof. Požara, a nalazi se u elaboratu: »Metoda za određivanje raspodjele opterećenja među elektranama u elektroenergetskom sistemu hidroelektrana i termoelektrana«.

Opseg: 27 strana, 16 tablica, 5 slika i rezultati s elektroničkog računala.

Rezultati analize prilika u elektroenergetskom sistemu Makedonije 1973. do 1977. godine

Naručitelj: Elektrostopanstvo, Skopje
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing. i Mr Juraj *Keglević*, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1973.

Studija sadrži rezultate analize prilika u elektroenergetskom sistemu Makedonije uz pretpostavku da se ne grade nove hidroelektrane u SR Makedoniji, već da se zakupi snaga u drugim područjima. Da se što više približi stvarnosti, pretpostavljeno je da se zakup ugovara za agregate snage 200 MW na generatoru, što odgovara raspoloživoj snazi 165,6 MW na pragu elektrana. Pri tom je uzeto u obzir da postoji ugovor o zakupu snage od 184,0 MW u TE Kosovo. Računato je, dalje, da se u akumulaciju Mavrovo uvodi u 1973. godini samo 50% vode sa Šare, dok će početkom 1974. biti uvedene sve predviđene količine u akumulaciju Mavrovo.

Analize su obavljene za razdoblje od 1973. do 1977. godine, kako za prosječne vrijednosti, tako i za neke karakteristične godine.

Opseg: 19 strana, 32 tablice i rezultati s elektroničkog računala.

Mogućnosti izvoza i potrebe uvoza u elektroenergetski sistem Makedonije

Naručitelj: Elektrostopanstvo, Skopje
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing. i Zlatko *Frajman*, dipl. tehn.
Završeno u svibnju 1973.

Razmatran je niz varijanti uvoza i izvoza električne energije iz elektroenergetskog sistema Makedonije. U svim slučajevima uvoza računalo se kao da je konzum za uvezenu energiju i snagu smanjen, a u slučaju izvoza da je konzum Makedonije povećan.

Analiza je provedena za razdoblje 1974. do 1977. godine.

Razmatrane su varijante: uvoz noću 50 MW, 100 MW ili 150 MW u svim mjesecima; uvoz 50 MW cijelog dana u ljetnim mjesecima od V do IX; uvoz cijelog dana u ljetnim mjesecima i noću u ostalim mjesecima; izvoz 25 ili 50 MW u času maksimalnog opterećenja (trajanje 2, 4 ili 6 sati na dan) i uvoz noću.

Za sve razmatrane varijante određene su prilike u sistemu Makedonije izradom bilanci na elektroničkom računalu za hidrološke prilike u 40-godišnjem razdoblju od 1926—1965. godine.

Opseg: 108 strana i rezultati s elektroničkog računala.

Korištenje akumulacionih bazena i moguće proizvodnje hidroelektrana u elektroenergetskom sistemu Makedonije

Naručitelj: Elektrostopanstvo, Skopje
Autori: Mr Juraj *Keglević*, dipl. ing. i Nedjeljka *Krešić*, dipl. tehn.
Završeno u srpnju 1973.

U studiji je određeno optimalno korištenje akumulacionih bazena za dva stanja izgradnje elektroenergetskog sistema Makedonije. U prvom dijelu je obrađeno sadašnje stanje izgradnje, dok se u drugom dijelu određuje optimalno korištenje akumulacija nakon izgradnje svih hidroelektrana koje dolaze u obzir za izgradnju u bližoj budućnosti.

Optimalno korištenje akumulacija najprije je određeno uz poznavanje protoka unaprijed, iterativnim postupkom, koji stalnim smanjivanjem troškova vodi do takvog korištenja akumulacije koje osigurava minimalne troškove proizvodnje električne energije u sistemu Makedonije. Zatim su određeni korelacioni odnosi, koji omogućuju optimalno korištenje akumulacija bez poznavanja protoka unaprijed. Na kraju je određena moguća proizvodnja hidroelektrana za nekoliko položaja korelacione ravnine i odabran optimalni položaj, uzevši u obzir i troškove za potrebne nove termoelektrane.

Opseg: 96 strana, 3 tablice i 625 tablica rezultata s elektroničkog računala.

Osnovni projekt perspektivnog razvoja elektroenergetskog sistema Makedonije za razdoblje 1978. do 1985. godine

Naručitelj: Elektrostopanstvo, Skopje
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing. i Zlatko *Frajman*, dipl. teh.
Završeno u rujnu 1973.

Studija se temelji na planiranom razvoju potrošnje za promatrano razdoblje, i na mogućoj proizvodnji, osim postojećih, svih novih izvora za koje postoje projekti, tj. uzete su u obzir mogućnosti izgradnje svih onih hidroelektrana i termoelektrana, za koje je bilo moguće odrediti moguću proizvodnju i približne troškove izgradnje.

Sve analize izvršene su metodom konstantne i varijabilne energije na temelju protoka u hidroelektranama u 40-godišnjem radzdoblju (1926—1965). U svim slučajevima računato je sa sigurnošću potrošača od 90%.

Računato je dalje, da je u svim slučajevima potrebno osigurati rotirajuću rezervu. Pri tome se vodilo računa o povezanosti sistema Makedonije s ostalim sistemima.

Za sve agregate u termoelektranama osiguran je u svim godinama remont u trajanju od mjesec dana.

Za svaku promatranu kombinaciju određene su potrebne investicije, godišnji troškovi i specifični troškovi po kWh. Na temelju tih rezultata predložene su najpovoljnije kombinacije, odnosno raspored izgradnje elektrana. Posebno su analizirane varijante s ranijom i kasnijom izgradnjom nekih elektrana. U posljednjim poglavljima studije analiziran je mogući raspored izgradnje elektrana i do 1990. godine.

Opseg: 176 strana i 735 tablica rezultata s elektroničkog računala.

Karakteristike potrošnje električne energije u Makedoniji

Naručitelj: Elektrostopanstvo, Skopje
Autor: Mr Juraj *Keglević*, dipl. ing.
Završeno u siječnju 1972.

U studiji su obrađene karakteristike potrošnje u Makedoniji za potrebe elektroenergetskih analiza prilika u elektroenergetskom sistemu Makedonije.

Obrađen je raspored ukupne godišnje potrošnje (metode prognoziranja godišnje potrošnje nisu u studiji tretirane) po mjesecima u godini. Analizirana su dva glavna utjecaja: sezonska oscilacija i porast potrošnje tokom godine.

Radi određivanja potražnje snage, varijabilne i konstantne energije, te aproksimacije krivulje trajanja opterećenja, određene su sezonske oscilacije i tendencija promjene faktora opterećenja u radnom danu, udjel varijabilne energije u dnevnoj potrošnji, te veličina $\alpha + \beta$ i α pomoću kojih se vrši aproksimacija dijagrama opterećenja s tri pravca.

Opseg: 40 strana, 51 tablica i 15 crteža.

Uklapanje pumpno-akumulacione hidroelektrane Vinodol u elektroenergetski sistem

Naručitelj: Hidroelektrana »Nikola Tesla«, Pribalj
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Goran *Granić*, dipl. ing.
Završeno u listopadu 1973.

U studiji je razrađena metoda određivanja optimalnog rada pumpno-akumulacionih postrojenja, koja se temelji na metodi konstantne i varijabilne energije. Prikazanom metodom određuju se svi utjecaji na elektroenergetski sistem: potrebna izgradnja termoelektrana, potrebna redukcija konzuma, štete zbog redukcije, itd.

Analiza o opravdanosti izgradnje PHE Vinodol je provedena za sistem Hrvatske, i za zajednički sistem Hrvatske i Slovenije, i to u 1979, 1982. i 1985. godini.

Uspoređujući prilike u sistemu kad nije izgrađena i kad je izgrađena PHE Vinodol, došlo se do zaključka o opravdanosti izgradnje jednog takvog objekta.

Opseg: 72 strane, 8 slika.

Uklapanje toplinskog bloka 125/135 MW u elektroenergetski sistem SR Hrvatske uz zadani toplinski sistem

Naručitelj: »Elektroprivreda«, Zagreb
Autor: Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u kolovozu 1973.

U studiji je analizirana mogućnost uklapanja toplinskog bloka 125/135 MW u elektroenergetski sistem SR Hrvatske i uz zadani toplinski sistem grada Zagreba. Analiza uklapanja toplinskog bloka provedena je za razdoblje od 1978—1981. g. Uz zadani konzum elektroenergetskog sistema, te uz pretpostavljene izvore koji će biti izgrađeni, budući da je protutlačni vod toplinskog bloka 125/135 MW definiran potrebama toplinskog konzuma, težište rada u studiji je bilo na određivanju potreba rada toplinskog bloka u kondenzacionom pogonu.

Opseg: 25 strana, te rezultati s elektroničkog računala.

Elektroenergetske podloge za visokonaponsku mrežu zapadnog dijela Jugoslavije u 1975. god.

Naručitelj: »Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske«, Zagreb
Autori: Božo *Udovičić*, dipl. ing. i Slavko *Alerić*, dipl. ing.
Završeno u svibnju 1973.

Studija je obrađena na istim principima i po istim metodama kao i studije u kojima su se obrađivale podloge za visokonaponsku mrežu. S obzirom na ulazne podatke u prethodnim studijama došlo je do izvjesnih promjena u tim podacima, pa je u stvari ovo korekcija ranije izrađene studije.

Opseg: 30 strana.

Analiza prilika u čvorištu Zagreb u 1976. godini

Naručitelj: »Elektroprivreda« Zagreb
Autori: Prof. dr Hrvoje *Požar*, dipl. ing., Božo *Udovičić*, dipl. ing., Goran *Granić*, dipl. ing. i Slavko *Alerić*, dipl. ing.
Završeno u studenom 1973.

U studiji je analizirano snabdijevanje regije Zagreb električnom energijom u 1976. godini uz različite pretpostavke o veličini konzuma i o mogućnostima izgradnje novih izvora. Analiza prilika u regiji Zagreb, obavljena je u okviru prilika u cijelom elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske. Manjak energije (redukcije) u elektroenergetskom sistemu Hrvatske određen je prema Društvenom dogovoru i raspoređen na pojedine regije. Na temelju tako određenih manjkova izračunate su štete. Izgradnjom novih izvora manjkovi se mogu smanjiti ili potpuno eliminirati, ali se pri tome javljaju troškovi vezani za izgradnju novih elektrana. Pretpostavljenom izgradnjom nekoliko tipova elektrana polučeni su i odgovarajući dodatni troškovi. Usporedbom izračunatih šteta koje nastaju ako se ne grade novi izvori, sa troškovima u slučaju gradnje novih izvora, dolazi se do mogućnosti izbora optimalnog rješenja.

Opseg: 120 strana i rezultati s elektroničkog računala.

Moguća proizvodnja HE na Neretvi

Naručitelj: »Energoinvest«, Sarajevo
Autor: Božo *Udovičić*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1973.

Na temelju pretpostavljenog modela za elektroenergetski sistem Jugoslavije u 1990. godini, načinjeno je korištenje akumulacionih bazena Jugoslavije metodom optimiziranja, a nakon toga je određena moguća proizvodnja svih hidroelektrana u pretpostavljenom sistemu Jugoslavije. Na temelju svih energetskih karakteristika dobivenih od naručitelja za sve hidroelektrane na Neretvi, načinjena je optimizacija korištenja akumulacionih hidroelektrana Ulog, Konjic, Rama i Jablanica. Nakon određivanja korištenja akumulacionih bazena (uzimajući u obzir uvijek i uzvodne akumulacije) određeni su regulirani protoci, a iz njih i moguća proizvodnja svih hidroelektrana na Neretvi.

Opseg: 30 strana, 7 tablica + rezultati s elektroničkog računala.

STUDIJ PRIJENOSNIH MREŽA

Osnovno rješenje električne mreže 30 (35) kV, 110 kV i 220 (380) kV na području »Elektre« Zagreb

II dio
mreža 110 kV i 220 kV

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb
Autori: Boris *Markovčić*, dipl. ing., Mr Zdravko *Hebel*, dipl. ing. i Mr Zdenko *Tonković*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1973.

Razrada mreže 110 kV i 220 kV direktno je vezana za razradu I dijela ovoga rada, gdje je riješena distributivna mreža i utvrđene pojne točke 110/35(30) kV.

Premda je u zadatku traženo da se obradi samo mreža na području Elektre — Zagreb- kod napona 110 kV, i višeg, moralo se obraditi cijelo zagrebačko područje. Uže gradsko područje nije obuhvaćeno u ovom radu.

Mreža je obrađena za godine 1975, 1980. i 1985, gdje su promatrana normalna stanja kod pojedinih karakterističnih ispada. Za godinu 2000. obrađeno je samo jedno stanje maksimuma. S obzirom na neizvjesnost izgradnje elektrana, prvenstveno hidroelektrana na Dravi, u 1985. su promatrane dvije varijante mreže: za maksimalnu i minimalnu izgradnju elektrana.

Za svaku od promatranih godina izvršen je niz ispitivanja na računskom stroju (ICL), provedena analiza rezultata i, na kraju, dan odgovarajući prijedlog mreže.

Račun kratkog spoja proveden je za prilike u 1980. godini.

Opseg: 78 strana, 26 tablica, 8 slika.

Mreža SR Hrvatske za prilike u 1975. god.

Naručitelj: ELEH — Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SRH
Autor: Boris *Markovčić*, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1973.

Ovaj elaborat je nastavak rada na ispitivanju mreže zapadnog dijela Jugoslavije (Slovenije i Hrvatske) za 1975. g., u smislu zaključka Stručnog savjeta za ocjenu studije: »Visokonaponska mreža zapadnog dijela SFRJ 1975, 1978. i 1982.«, koja je izrađena prethodne godine. Principi obrade bili su jednaki onima u spomenutom radu, ali nisu uzeti u obzir novi izvori HE Split II i TE Šoštanj IV.

Ispitivane su mogućnosti prijenosa na zapad u normalnom pogonu i kod ispada velikih agregata i opterećenih vodova. Za većinu ispitivanja uzeta je postojeća mreža 110 kV i 220 kV, a samo u XII mjesecu alternativno je ispitivana prva etapa mreže 380 kV.

Opseg: 43 strane, 6 tablica, 2 slike.

Mreža SR Hrvatske za prilike u 1975. god.

Dodatna ispitivanja s vodovima 220 (380) kV

Naručitelj: ELEH — Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske
Autori: Boris *Markovčić*, dipl. ing. i Mr Zdenko *Tonković*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1973.

Nakon izrade prethodnih studija mreže Hrvatske za 1975. g. došla su u kombinaciju neka privremena rješenja povezivanja zapadnog dijela s ostalim dijelovima Jugoslavije, koja prije nisu razmotrena.

Dodatna su se ispitivanja odnosila na neka rješenja s dionicama buduće mreže 380 kV, koje bi privremeno bile u pogonu sa 220 kV.

Varijante koje su bile ispitivane bile su:

a) 3 varijante promjena opterećenja
b) 3 varijante promjena lokacije viška snage
c) osnovna mreža alternativno nadopunjena vodovima 380 kV u pogonu sa 220 kV.

Opseg: 20 strana, 1 tablica, 1 slika.

Proračun tokova snaga i naponskih prilika elektroenergetskog sistema za 1973. god.

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd
Autori: Boris *Markovčić*, dipl. ing., Mr Zdenko *Tonković*, dipl. ing. i Mr Zdravko *Hebel*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1973.

Radi mogućnosti prijenosa električne energije i naponskih stanja u mreži, kao i za poremećene uvjete rada elektroenergetskog sistema, analizirani su za 1974. g. tokovi aktivne i reaktivne snage, te naponska stanja u mreži 110 kV i 220 kV. Promatrana su četiri karakteristična razdoblja u godini, i to po jedan planirani i po čtiri neplanirana režima rada proizvodnih i prijenosnih postrojenja.

Prije obrade zadanih režima za 1974. godinu, izvršio se je proračun snimljenog stanja 18. listopada 1972. Uspoređivanjem dobivenih rezultata izvršilo se je praktično testiranje upotrebljenog Univacovog programa, kao i točnost primijenjene metode. Karakteristike programa i princip rada opisani su u elaboratu.

Opseg: 84 strane, 1 slika.

Uklapanje TE Sisak u mrežu

Naručitelj: »Elektroprivreda«, Zagreb
Autori: Boris *Markovčić*, dipl. ing. i Mr Zdenko *Tonković*, dipl. ing.
Završeno u srpnju 1973.

Za predviđeni razvoj TE Sisak planiran u 4 etape, ispitana je okolna mreža 110 kV i 220 kV. U konačnoj etapi instalirana snaga elektrane iznosila bi 3×210 MW + 2×12 MW, pa je provjereno da li se u svim normalnim prilikama i kod većih kvarova cijela raspoloživa snaga elektrane može plasirati u mrežu. Ispitana je također uloga i potrebna snaga transformatora 220/110 kV u TE Sisak koji veže mrežu 220 i 110 kV. Pri ispitivanju opterećenja mreže uzet je u obzir i znatan tranzit za Sloveniju, koji bi mogao uslijediti kod većih ispada, npr. kod ispada NTE Krško i, eventualno, napajanje čvora Međurić iz buduće mreže 380 kV transformacijom 380/320 kV.

Opseg: 14 strana, 1 tablica, 12 slika.

Proračun tokova snaga i naponskih prilika elektroenergetskog sistema SR Hrvatske za 1974. god.

1. test: Analiza prilika u mreži za 17. listopad 1973.

Naručitelj: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SRH, Zagreb
Autori: Boris *Markovčić*, dipl. ing., Mr Zdenko *Tonković*, dipl. ing.
Završeno u studenom 1973.

Da bi se ispitalo snabdijevanje SR Hrvatske električnom energijom iz pojedinih republika, analizirala situacija i mogućnosti prijenosne mreže, odlučeno je da se obrade četiri karakteristična mjeseca 1974. godine. Za obradu će se koristiti računski stroj, pa se je kao uvod u analize u 1974. testirala točnost i mogućnosti i prilagodljivost ICL-ovog programa.

Odabrano je jedno prošlo pogonsko stanje 17. listopad 1973. za koje se zadalo stvarno uklopno stanje mreže, te angažiranje proizvodnih kapaciteta i opterećenje čvorišta. Programom izračunati tokovi snaga, kao i naponske prilike u čvorištima, uspoređeni su zatim s onim registriranim mjerenjima u mreži. Konstatirana je zadovoljavajuća točnost i adekvatnost, pa je zaključeno, da se prijeđe na ispitivanje za 1974. godinu.

Opseg: 12 strana, 1 slika i rezultati s elektroničkog računala.

Program za dinamičku stabilnost ICL

Naručitelj: Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SRH, Zagreb
Autor: Mr Zdenko *Tonković*, dipl. ing.
Završeno u listopadu 1973.

Analizirane su mogućnosti programa za dinamičku stabilnost, te njegovo korištenje na ICL-ovom računalu. To je dio veće cjeline koja se odnosi na proučavanje pouzdanosti sistema, kao i obrade njegove stabilnosti. Sadašnja maksimalna veličina sistema, koji se može obrađivati ovim programom je: 250 čvorišta (od kojih do 55 može imati priključene strojeve), 400 vodova i 400 transformatora, a broj vodova i transformatora koji su priključeni na bilo koje čvorište ne smije prelaziti 20.

Opseg: 60 strana.

Uzemljenje zvjezdišta mreže 35 kV »Elektroslavonije« i kabelska mreža 10 kV u Osijeku

I dio: Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja

Naručitelji: »Elektroslavonija« Osijek i »Elektroprenos« Zagreb
Autor: Miroslav *Jung*, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1973.

U ovom dijelu studije je obrađen prijelaz postojećih mreža 35 kV »Elektroslavonije« Osijek i kabelske mreže 10 kV u Osijeku od pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko otpornika za ograničenje struja jednopolnog kratkog spoja. Izvršeni su i proračuni najvećih i najmanjih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja, kao i zemljospoja, kod različitih uklopnih stanja spomenutih mreža za sadašnje stanje i za njihove buduće konfiguracije.

Pri izboru otpornika uvažena je odluka tehničkih rukovoditelja distribucije SR Hrvatske o uzemljenju zvjezdišta preko djelatnog otpora, stvarno stanje postojećih mreža, kao i rješenje njihovog budućeg razvoja, te utjecaji koje će imati promjena načina uzemljenja zvjezdišta na relejnu zaštitu mreža, na uzemljenje postrojenja i stupova nadzemnih vodova, kao i na paralelno vođenje nadzemnih vodova sa žičanim dojavnim linijama. Pri tome su rješenja relejne zaštite mreža i uzemljenja obradili drugi autori u posebnim studijama ovog Instituta.

Glavnina proračuna provedena je prema programu koji je posebno u tu svrhu izrađen za elektronski digitalni računski stroj IBM 1130. Rezultati su prikazani u tablicama i na slikama.

Opseg: 51 strana, 24 tablice i 29 slika.

Proračuni raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja u vodovima 110 kV

Naručitelji: »Elektroprnnos« Zagreb, »Elektra« Zagreb ; »Elektra« Varaždin
Autor: Miroslav *Jung*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1973.

Ukupno tri elaborata u kojima je proračunata raspodjela struja jednopolnog kratkog spoja duž trasa vodova 110 kV Mraclin—Te—To Zagreb, Mraclin—Velika Gorica i Medeljanec —Ivanec za stanje mreže koje se očekuje oko godine 1982, a radi proračuna napona opasnosti u žičanim dojavnim linijama različitih korisnika koji se nalaze u području utjecaja navedenih vodova.

Opseg: 34 strane, 3 tablice, 12 slika.

Proračun minimalnog kratkog spoja u mrežama 220 i 380 kV Hrvatskog primorja, za godinu 1982.

Naručitelj: Hidroelektrana »Nikola Tesla«, Tribalj
Autor: Miroslav *Jung*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1973.

Za potrebe uklapanja CHE Vinodol u elektroenergetski sistem izvršen je proračun najnižih vjerojatnih iznosa struja i snaga početnog tropolnog kratkog spoja u postrojenjima 220 i 380 kV u području Hrvatskog primorja za godinu 1982, kao i proračun najvećeg mogućeg iznosa snage tropolnog kratkog spoja na sabirnicama 220 kV CHE Vinodol, u godini 1990. Pri tom je minimalni kratki spoj određen pomoću elektroničkog digitalnog računskog stroja ICL 1900 kod minimalnog uvrštenja generatora i uz ispad (remont) jednog, bilo kojeg, voda ili transformatora u promatranoj mreži. Rezultati imaju poslužiti za određivanje uvjeta pokretanja generatora u budućoj elektrani, a prikazani su tablično, na slikama i u protokolu elektroničkog računala.

Opseg: 10 strana, 6 tablica, 3 slike.

Proračun kratkog spoja u mrežama 110, 220 i 380 kV na području »Elektroprenosa«, Matulji, za godine 1975. i 1982.

Naručitelj: »Elektroprenos« Matulji
Autor: Miroslav *Jung*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1973.

Za konfiguracije prijenosnih mreža, kakve se očekuju na području »Elektroprenosa« Matulji, u godinama 1975. i 1982., izvršen je, pomoću elektroničkog računala ICL 1990, proračun raspodjele najvećih mogućih početnih i najmanjih vjerojatnih trajnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja. Pretpostavke i rezultati proračuna dani su tablično, na slikama i u protokolu računala.

Opseg: 8 strana, 15 tablica, 23 slike.

Izvedba uzemljivača TS 35/10 kV u težim uvjetima uzemljenja (II dio)

Naručitelj: »Elektroistra« Pula
Autor: Ante *Sekso*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1973.

Dok je u prvom dijelu studije o uzemljivačima u Istri bio naglasak na transformatorskim stanicama u kabelskoj mreži, ovdje su razmatrane prilike pri uzemljenju u nadzemnoj mreži.

Najprije je prikazan utjecaj otpora uzemljenja dalekovoda na otpor uzemljenja stanice. Opisane metode proračuna su uspoređene sa mjerenjima međusobnog utjecaja uzemljenja dalekovoda i stanice.

Na temelju dobivenih rezultata određene su potrebne dimenzije za nekoliko transformatorskih stanica 35/10 kV u nadzemnoj mreži Elektroistra s obzirom na skori prijelaz na uzemljenje zvjezdišta preko niskoomskog otpora.

Opseg: 35 strana, 30 slika.

Metodologija proučavanja tranzijentnih pojava u prijenosnim sistemima

Naručitelj: Sklad Borisa Kidriča u Ljubljani, Projekt: »Kvaliteta električne energije«
Autor: Ante *Sekso*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1973.

U radu je dan pregled postupaka za proučavanje brzih tranzijentnih pojava u prijenosnim stanicama. Radi se u

prvom redu o različitim vrstama unutarnjih prenapona čije poznavanje postaje veoma važno u prijenosnim sistemima najviših napona.

Elaborat je podijeljen u tri dijela. U prvom dijelu je dan pregled pojava koje dovode do različitih vrsta sklopnih prenapona. Pri tome smo se ograničili na takve tranzijentne pojave čije se frekventne karakteristike kreću unutar područja od 10^{-2} do 10^{-6} sekundi.

U drugom dijelu je dan pregled fizikalnih stojstava elemenata i sistema u tranzijentnim stanjima. Obuhvaćeni su prijenosni vodovi i kabeli, transformatori i prigušnice, sklopke, generatori, te sabirnice i mjerni transformatori. Nakon toga je dan uvod u reprezentiranje složenih prijenosnih sistema pri analizi sklopnih prenapona.

U trećem, najopširnijem dijelu elaborata, prikazane su neke najpoznatije metode za proračun sklopnih prenapona u višefaznim sistemima. Najprije je dana teorija mnogožičnog voda poznata pod nazivom modalna analiza. Opširno je opisana metoda Uram-Millera, koja je vrlo značajna zbog uvođenja transformacionog postupka u rješavanju tranzijentnih pojava na trofaznom vodu. Nadalje je opisana mnogo povoljnija metoda modificirane Fourierove transformacije čija je osnovna prednost u tome, što omogućuje uključivanje frekventno ovisnih parametara prijenosnog voda. Na kraju su opisana dva digitalna programa za proračun brzih tranzijentnih pojava.

Na temelju opisanih metoda i postupaka dane su na kraju smjernice u vezi s nastavkom istraživanja na ovom području.

Opseg: 108 strana, 41 slika.

Problematika i registracija pojava prenapona vanjskog i unutrašnjeg porijekla u prijenosnoj mreža SFRJ

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd

Autori: Ante *Sekso*, dipl. ing. Zagreb, Miodrag *Cvetković*, dipl. ing. Beograd i Edvard *Höfler*, dipl. ing. Ljubljana

Završeno u rujnu 1973.

U elaboratu su prikazani rezultati akcije na sistematskim mjerenjima prenapona u mrežama 110 kV i 220 kV u Jugoslaviji, što su ih zajednički vodili elektroprivredni instituti u Zagrebu, Beogradu i Ljubljani.

U prvom djelu studije dan je pregled uređaja koji se danas koriste za stalna praćenja prenaponskih pojava. Na temelju tog pregleda izvršen je izbor najpogodnije metode za registraciju prenapona u jugoslavenskoj mreži. Kao najpogodnija ocijenjena je metoda brojila prenaponskih nivoa s obzirom na dovoljnu točnost, laku interpretaciju rezultata i mgućnost ugradnje na više mjesta u mreži.

U drugom dijelu je prikazana konstrukcija i izvedba brojila prenapona tipa BPR-2 koji je razvijen na osnovi ranijeg tipa BPR-1. Dan je detaljan opis djelitelja napona za priključak brojila na mrežu, kao i rezultati ispitivanja brojila i djelila, te način montaže i podešavanja brojila.

U trećem dijelu su dani rezultati registracije 10 trofaznih kompleta brojila koji su bili priključeni u mreži od sredine 1971. do kraja 1972. godine. Dani su osnovi statističke obrade prenapona u mrežama, a na primjerima dvaju mjernih mjesta pokušalo se utvrditi najvjerniju hipotetičku raspodjelu koeficijenata prenapona.

U zaključnom dijelu se preporuča proširenje akcije registriranja prenapona i na mrežu 400 kV, zatim na mnogo veći broj mjernih mjesta i u duljem vremenskom razdoblju.

Opseg: 110 strana, 27 slika, 20 tablica.

Prenaponska zaštita rasklopnog postrojenja TE »Tuzla«

Naručitelj: Termoelektrana »Tuzla«, Tuzla

Autor: Ivo *Hrs*, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1973.

U tri poglavlja elaborata obrađena je prenaponska zaštita postrojenja 220 kV, 110 kV i 35 kV. Za svako postrojenje je najprije dan prikaz dosadašnjeg stanja zaštite s posebnim naglaskom na kontrolu odabranih odvodnika prenapona.

Nadalje, provedena je analiza prenaponskih smetnji za svako postrojenje uz sadašnje stanje zaštite. Na temelju toga dana je ocjena izvedene prenaponske zaštite i predložene potrebne korekcije za postizanje ispravne zaštite postrojenja.

Analiza je pokazala da je postrojenje 220 kV i do sada bilo dobro štićeno od prenapona, dok je za postrojenje 110 i 35 kV potrebno provesti niz dodatnih mjera.

Opseg: 20 strana, 5 slika.

STUDIJ RAZDJELNIH MREŽA

Osnovno rješenje električne mreže 30 (35) kV, 110 kV i 220 kV (380 kV) na području »Elektre« Zagreb

I dio: Mreža (30) 35 kV i pojne točke 110 kV

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb

Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.

Završeno u siječnju 1973.

U uvodnom dijelu studije obrađeno je postojeće stanje mreže i konzuma za cijelo područje »Elektre« Zagreb, osim užeg gradskog područja Zagreba, a to znači da su obrađena područja pogona, odnosno današnjih OOUR-a »Elektre« Bjelovar, Čakovec, Koprivnica, Križ, Križevci, Varaždin, Zabok i Zagreb bez grada Zagreba i područja južno od rijeke Save. Na temelju podataka o postojećoj mreži učinjena je analiza energetske sposobnosti mreže kao i sigurnosti pri ispadu pojedinih elemenata mreže.

U ovoj studiji prikazan je razvoj mreže 35 kV i pojnih točaka 110/35 kV na području poduzeća »Elektra« Zagreb. Za široku potrošnju i velepotrošnju izvršena je procjena konzuma u 1975, 1980, 1985. i 2000. godini, a detaljno su razrađene energetske zone kojih je na promatranom području bilo 72.

Za iste etape oblikovana je mreža 35 kV. Unificirane su slijedeće veliččine u sveukupnoj mreži:

TS 35/10 kV sa 2×4 MVA za područnu mrežu,
TS 35/10 kV sa 2×8 MVA za gradske mreže,
DV 35 kV 3×120 mm² Alče za sve zračne vodove 35 kV,
KV 35 kV 3×120 mm² Cu za sve kabelske vodove 35 kV,
koji su uzeti samo u gradskim mrežama većih naselja.

Prema razradi trebat će, po etapama, slijedeći broj TS 35/10 kV:

Elektra« pogon	*1970.*	*1975.*	*1980.*	*1985.*	*2000.*
Čakovec	3	5	6	8	11
Koprivnica	8	12	16	17	28
Varaždin	7	7	8	9	13
Zabok	6	9	13	14	22
Bjelovar	5	9	11	13	17
Križ	17	21	24	26	39
Zagreb, vanjsko područje	5	7	9	10	14
U k u p n o	51	70	83	97	114

Elaborat je razrađen za prijelaz sa 30 kV na 35 kV cijelog područja do 1975. godine.

U prilogu su dani proračuni padova napona, kratkog spoja i određeni aproksimativni troškovi, ali samo za prvu etapu.

Studija je dana u tri knjige: u prvoj tekst i tablice, u drugoj brojčana analiza, a u trećoj slike.

Opseg: 256 strana, 34 tablice i 109 slika.

Određivanje redoslijeda izgradnje objekata 110 i 30 kV na području »Elektre« Zabok

Naručitelj: »Elektra«, Zabok
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u listopadu 1973.

Za potrebe »Elektre« Zabok radi se posebna studija perspektivne mreže, koja bi trebala razraditi ideje postavljene u koncepciji mreže za cijelo područje »Elektre« Zabok. Ova studija je trebala dati određeni pristup mreži 30 (35) kV i 110 kV na području »Elektre« Zabok, te definirati redoslijed izgradnje objekata, posebno radi povećanja sigurnosti napajanja najvećih industrijskih potrošača ovog područja, kao što su tvornica stakla »Straža«, valjaonica betonskog željeza u Kumrovcu, Krapinska tekstilna industrija, ZIVT, OROTEKS, i druge. Posebno je razmotrena problematika formiranja predloženog 110 kV prstena koji bi povezivao većinu TE 110/35 kV na području »Elektre« Zabok, kao i problematiku snabdijevanja tog prstena energijom, bilo iz perspektivne nove TS 220/110 kV Zlatar Bistrica, bilo iz 380 kV i 110 kV mreže iz područja Zagreba.

Predloženo je da se prsten 110 kV nastavi graditi od Tuhlja do Straže, a ne od Zaboka za Krapinu, jer je to rješenje tehnički i ekonomski povoljnije.

Opseg: 25 strana, 4 tablice i 8 slika.

Obrazloženje izgradnje dalekovoda 110 kV Ivanec — Nedeljanec i transformatorske stanice TS 110/35 kV Ivanec

Naručitelj: »Elektra«, Varaždin
Autori: Josip *Moser*, dipl. ing. i Richard *Schenner*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1973.

Na temelju analize konzuma cijelog područja »Elektre« Varaždin, a posebno općina Ivanec, Lepoglava i Vinica, ustanovljeno je da treba izgraditi vod 110 kV Nedeljanec — Ivanec, koji zamjenjuje postojeći stari 35 kV vod između Ivanca i Nedeljanca. Ovaj vod bi 1975. godine trebao biti izgrađen sa $3\times240/40$ Alče + 1×50 mm² Fe u dužini od 16,3 km. Najprije bi vod radio na 35 kV, a kasnije, ovisno o odabranom sistemu 35 kV ili 20 kV, od 1980—1985. na 110 kV.

Pokazano je da valja izgraditi TS 110/x kV Ivanec, sa konačnom veličinom stanice 2×40 MVA i sa tri vodna polja 110 kV.

Opseg: 15 strana i 4 slike.

Opskrba velikih gradova električnom energijom I i II knjiga

Prijevod stručnih članaka iz RGE 75 (1966) No 4, str. 433—578

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb
Autor: Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u svibnju 1973.

Prijevod zbirke članaka i referata prikazanih na Studijskim danima što ih je organizirala četvrta sekcija Elektrotehničkog društva Francuske, i što su objavljeni u REVUE GENERALE DE L'ELECTRICITE, T. 75, No 4, 1966, 21. svibnja 1965. godine pod naslovom »Problem kabelskih mreža 20 kV« i 14. i 15. prosinca 1965. godine pod naslovom »Opskrba velikih gradova električnom energijom«.

U prvoj knjizi obrađena je problematika napajanja gradova vrlo visokim naponima i to po temama: struktura i opća organizacija visokonaponskih mreža, problem prodiranja vodova vrlo visokog napona u urbane zone, oprema i materijali vrlo visokog napona s posebnim osvrtom na perspektivu primjene visokonaponskih kabela radi napajanja velikih gradova.

U drugoj knjizi opisane su distributivne 20 kV mreže u gradovima, strukture tih mreža, osnove metode slučajnog pojavljivanja opterećenja i obrade mreža na elektroničkom računalu. U nastavku je opisana problematika kabelske mreže 20 kV, te skraćeni zapisnik diskusije.

Opseg: 303 strane teksta i 140 strana slika.

Rješenje napajanja PO Dvor na Uni — »Elektre« Sisak

Naručitelj: »Elektra«, Sisak
Autor: Ernest *Mihalek*, dipl. ing.
Završeno u studenom 1973.

Mreža ovog područja napaja se danas putem 10 kV vodova iz stanice 35/10 kV Bosanski Novi. Zbog vrlo dugačkih vodova i male iskorištenosti mreže dolazi do relativno velikih godišnjih gubitaka energije (oko 21%). U slijedećoj tablici dano je današnje i prognozirano stanje.

		Prognoza	Faktor potr.	Stopa potr.
Opterećenje	1.200 kW	13.300 kW	11,1	9,0 %
Potrošnja	4.300 MWh	60.000 MWh	14,0	9,9 %

Budući da cijela ova mreža danas radi kao »potrošač« Elektro - Banja Luke opravdano se postavilo pitanje daljnje rentabilnosti pogona, i s tim u vezi, naponskog nivoa napajanja. Iz priloženih dijagrama se vidi, da se rentabilnost napajanja na nivou 110 kV postiže dvostruko brže nego na 35 kV — s obzirom na cijenu energije i angažirane snage. Velik utjecaj ima ovdje baš porast potrošnje električne energije; što je taj porast brži rentabilnost se postiže ranije, i obrnuto.

Polazeći od toga izabrano je kao konačno napajanje PO Dvor iz nove transformatorske stanice 110/20 kV Dvor, instalirane snage 2×20 MVA spojene nadzemnim vodom 110 kV sa TS 110/20 kV Kostajnica.

Izgradnja mreže promatrana je u 5 varijanti s obzirom na potrebna investiciona ulaganja u pojedinim etapama. U varijantama se razmatra i spajanje s mrežom »Elektro Banja Luke«.

Kao najpovoljnija proizašla je varijanta koja najprije predviđa izgradnju stanice TS 35/10 kV Dvor, prilagođene za prijelaz na 110/10 kV i zatim na 110/20 kV. Napajanje bi u prvo vrijeme bilo iz Bosanskog Novog, a kasnije bi se prebacilo na Kostajnicu. Sigurnost napajanja TS 110/20 kV Dvor postigla bi se omogućavanjem i iz TS 110/. . . kV Prijedor u suradnji s »Elektro - Banja Lukom«.

Ukupne investicije, prema cijenama iz 1973. godine, iznosile bi 39,150.000,00 dinara.

Opseg: 15 strana, 1 tablica i 3 slike.

Osnovno rješenje električne mreže Zadra i područja »Elektre« Zadar

Naručitelj: »Elektra«, Zadar
Autori: Ernest *Mihalek*, dipl. ing. i Ladislav *Padjen*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1973.

Institut za elektroprivredu obradio je ovo pitanje već 1956. u studiji »Elektrifikacija Zadra i zadarskog područja (osnovno rješenje)«, koja se temeljila na broju stanovnika na području Zadra od oko 20.000, te predviđenom povećanju po regulatornoj osnovi na 40.000. Tada se je grad napajao vodom 30 kV iz Lozovca iz vlastite dizel-elektrane snage 1,1 MVA. Studija je predvidjela porast opterećenja od 7.4% i vršno opterećenje od 17,3 MW u godini 1985, ne predviđajući potrebe turizma. Stoga je trebalo izraditi novu studiju, koja će obuhvatiti ove i ostale promjene. U ovom, drugom, elaboratu obuhvaćen je dosadašnji i predviđeni razvoj potrošnje električne energije za slijedećih 1 do 30 godina, te oblikovanje i dimenzioniranje gradskih mreža 10, 35 i 110 kV s potrebnim proračunima. Predlaže najpovoljniju postupnu izgradnju po razdobljima i daje približne troškove izgradnje u pojedinim razdobljima.

Oblikovanje mreže predloženo je u tri etape: 1976. g., 1985. g. i 2000. g.

Predviđanje budućih opterećenja i potrošnje električne energije provedeno je posebno za svaku od slijedećih skupina potrošača:

1. široka potrošnja (kućanstva) s tzv. ostalom širokom potrošnjom,
2. turistički potrošači (hoteli, odmarališta, kampovi, vikendice, te privatni smještaj),
3. velepotrošači u koje spadaju prvenstveno tvornice i pogoni, te ostali veći potrošači.

U analizi je posebno obrađen sam Zadar, a posebno vanjsko područje. Priložena tablica daje usporedbu sadašnjeg i budućeg stanja potrošnje električne energije u čitavoj mreži Elektre — Zadar:

	Sadašnje stanje	Prognoza	Stopa porasta
Opterećenje	35 MW	386 MW	8,6 %
Potrošnja	185 GWh	1290 GWh	7,0 %

Udio pojedinih vrsta potrošača u konačnom stanju iznosio bi:

	Opterećenje	Potrošnja
1. široka potrošnja	39 %	49 %
2. turizam	46 %	23 %
3. velepotrošači	15 %	28 %

U budućoj mreži predviđa se pogon s ukupno deset TS 110/35 kV i 47 stanica TS 35/10 kV. Od toga bi sam Zadar napajale dvije TS 110/35 kV i 10 TS 35/10 kV. Izabrane su slijedeće snage ovih transformatorskih stanica:

TS 110/35 kV:
2×20 MVA, 2×40 MVA i 3×40 MVA (Zadar II)

TS 35/10 kV:
2×2,5 MVA, 2×4 MVA, 2×8 MVA,

a na području grada Zadra najpovoljnije je da sve stanice budu 3×8 MVA.

Budući da Zadar, a vjerojatno i nova Željezara kod Zatona predstavljaju najveće buduće opterećenje, i zbog cjelovitosti rješenja, predložena je izgradnja TS 380/110 kV sa transformacijom 2×300 MVA locirana bliže ovim potrošačima.

Rješenje predviđa i izgradnju:
981 kom TS 10/0,4 kV,
2130 km vodova 10 kV,
704 km vodova 35 kV i
395 km vodova 110 kV.

Opseg: 60 strana, 19 priloga proračuna, 79 tablica i 112 slika.

Optimalno rješenje sustava napajanja električne mreže grada Siska

Naručitelj: »Elektra«, Sisak
Autori: Grupa autora
Završeno u prosincu 1973.

Ovaj elaborat trebao je pokazati da li uvoditi u distribuciju grada Siska dvonaponsku transformaciju 110/10 kV ili ostati kod postojeće transformacije 110/35/10 kV.

Osnova za analizu konzuma je bio postojeći GUP Siska, prema kojem će grad Sisak imati 86.000 stanovnika. Konzum industrije analizirao se anketom. Konzum Željezare i Rafinerije Sisak promatrao se odvojeno zbog svoje veličine.

Kad su uspoređene obje varijante napajanja do 2000. g. nije bilo bitne razlike u investicijama. Stoga se obradila i treća varijanta. Kod nje su pojačavane snage postojećih transformatorskih stanica 35/10 kV do maksimuma. Osim toga potrebno je izgraditi jednu transformatorsku stanicu 110/10 kV. Povećavanjem snage transformatorskim stanicama 35/10 kV odgodila se izgradnja još jedne transformatorske stanice 110/10 kV za vrijeme nakon 2000. g. Stoga se predložila ova varijanta, koja predstavlja polagani prijelaz na transformaciju 110/10 kV, ali nakon 2000. g.

Ova varijanta ima i tu prednost, što se iskorištava postojeća transformatorska stanica 110/35 kV Sisak do 2000. g. Elektra Sisak namjerava, naime, prijeći na području izvan grada na transformaciju 110/20 kV.

Opseg: 95 strana, 23 tablice i 26 slika.

Osnovno rješenje električne mreže na području Bani — Viškovo

Naručitelj: »Elektroprimorje«, Rijeka
Autori: Richard *Schenner*, dipl. ing. i Josip *Moser*, dipl. ing.
Završeno u prosincu 1973.

Ovo je jedan iz niza elaborata, koji trebaju odgovoriti na pitanje, da li uvoditi 20 kV napon kao distributivni napon na području »Elektroprimorja«, Rijeka.

Područje Bani — Viškovo je prigradsko područje grada Rijeke. Prema GUP Rijeke predviđa se na tom području visoka stambena izgradnja, tako da će to područje do 2000. g. imati oko 100.000 stanovnika. Osim toga, predviđa se i izgradnja lake industrije koja sudjeluje u vršnom opterećenju cijelog područja s 25%, pa se vidi da je to uglavnom područje stambene izgradnje.

Da bi se došlo do realnih zaključaka, riješilo se napajanje transformacijom 110/35/10 kV i transformacijom 110/20 kV.

Pojne točke 35 kV mreže su postojeća TS 110/35 kV Pehlin i TS 110/30 Matulji. TS 110/30 kV Matulji valja prilagoditi naponu 110/35 kV. Da se pokrije konzum potrebno je šest transformatorskih stanica 35/10 kV.

Pojne točke 20 kV mreže su nova TS 110/20 kV Viškovo i postojeća TS 110/30 kV Matulji koja se rekonstruira na napon 110/20 kV.

Usprkos tome što treba izgraditi novu transformatorsku stanicu 110/20 kV jeftinija je varijanta 110/20 kV za 14%. U gubicima je razlika veća i iznosi 35% u korist varijante 110/20 kV.

Opseg: 52 strane, 29 tablica i 16 slika.

Kompenzacija jalovih snaga u električnoj mreži grada Zagreba

I dio: Postojeće stanje jalovih snaga po TS 110/30 kV

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb
Autor: Nikola *Vagić*, dipl. ing.
Završeno u srpnju 1973.

U radu su dani osvrti na postojeće stanje pojnog sistema i mreže 30 kV, prikazi i analiza postojećeg stanja snaga, faktora snage i napona u pojnim stanicama 110/30 (10) kV, te izbor područja pojne TS 110/30 kV.

Prilazeći ovoj razradi problematike kompenzacije jalove snage u distributivnoj mreži Zagreba znalo se da ovu mrežu napaja 7 pojnih stanica, da je čini oko 5500 km vodova i oko 660 MVA instalirane transformacije, da je ona iz pojnog sistema 1971. g. preuzela oko 1300 GWh i 700 GVArh uz maksimalno angažiranu snagu više od 250 MW i 120 MVAr. Znalo se također, da su elektroprivrednici zasnivajući razradu superponirane mreže Jugoslavije na faktoru snage 0,95 na sekundarnoj strani transformacije 110 kV dobili, da će do 1975. — 1977. g. potrebe za jalovom snagom distributivnog konzuma i mreže na područje Elektre — Pogon Zagreb, iznositi oko 210 MVAr i da bi distribucija 80% ovih snaga (oko 166 MVAr) trebala kompenzirati ugradnjom kondenzatorskih baterija u distributivnoj mreži.

Nedostatak novčanih sredstava, kojima bi se moglo kompleksno riješiti ovo pitanje, nametnuo je potrebu da se prije uvođenja kompenzacije istraži na području koje pojne stanice u distributivnoj mreži, sa stanovišta tarife i ograničenih investicija, treba najprije uvesti kompenzaciju.

Koristeći za obračun registrirane potrebe i podatke što se u postrojenju očitavaju svakog punog sata svake treće srijede u mjesecu, i za ovu svrhu posebno razvijenu metodu za utvrđivanje i analizu parametara konzuma na elektroničkom računalu dobilo se: da bi poštujući postojeće stanje mreže, karakter i raspodjelu konzuma pri normalnom pogonu mreže sa stanovišta tarife i investicija u baterije u uvođenju kompenzacije u zagrebačkoj distributivnoj mreži trebalo dati prioritet mreži na području TE-TO II.

Opseg: 19 strana, 12 tablica i 11 slika.

Etapna izgradnja transformatorskih stanica 110 kV na području otoka Krka, Cresa i Lošinja

Naručitelj: »Elektroprivreda«, Rijeka
Autori: Ivan *Janić*, dipl. ing. i Zvonimir *Kovačević*, dipl. ing.
Završeno u ožujku 1973.

U ovoj studiji je na osnovi predviđenog trenda porasta konzuma, te mogućnosti snabdijevanja električnom energijom promatranog područja postojećim vodom 30 kV HE Vinodol — Malinska — Cres — Lošinj, određena etapna izgradnja mreže 110 kV.

Razmotreno je pet varijanti mreže 110 kV: dvije sa sustavom 110 — 35 — 10 kV i tri sa sustavom 110 — 20 kV, kao i etapna izgradnja mreže 110 kV za svaku varijantu.

U svim varijantama se pokazalo, da je u razdoblju 1973—1974. god. potrebno izgraditi TS 110 kV Malinska.

Ostale transformatorske stanice 110 kV bi valjalo izgraditi kako slijedi: TS 110 kV Lošinj 1976. ili 1980. god., TS 110 kV Omišaj 1978. god. i TS 110 kV Cres 1990. god.

Približnom procjenom ukupnih troškova za potpunu izgradnju mreže izgleda da je najpovoljnije rješenje visokonaponska mreža sa sustavom 110 — 20 kV.

Opseg: 22 strane, 14 tablica, 44 slike.

Snabdijevanje električnom energijom područja Gorskog kotara

Naručitelj: »Elektroprimorje«, Rijeka
Autori: Ivan *Janić*, dipl. ing. i Vladimir *Hartl*, dipl. ing.
Završeno u rujnu 1973.

Opskrba električnom energijom Gorskog Kotara obavlja se sada vodovima 30 kV iz HE Vinodol, CHE Fužine, provizorne TS 110/30 kV Vrbovsko, te male HE Zeleni Vir kod Skrada.

U budućnosti se predviđa i izgradnja dviju novih hidroelektrana na rijeci Kupi: Kuželj, instalirane snage 24 MW s godišnjom proizvodnjom od 106 GWh i Blaževci, također s instaliranom snagom od 24 MW i godišnjom proizvodnjom od 90 GWh.

Na temelju podataka regionalnog plana Gorskog Kotara, te podataka o razvoju većih potrošača električne energije, načinjena je analiza vršnog opterećenja i potrošnje električne energije.

Razrađena su tri alternativna rješenja visokonaponske mreže: sa sustavom 110/35/10 kV, 110/35/20 kV i 110/20 kV.

Prvo i drugo rješenje predviđa transformatorsku stanicu 110/35 kV u Delnicama sa 2×40 MVA i Vrbovskom sa 2×20 MVA, a treće rješenje transformatorske stanice 110/20 kV u Delnicama, Vrbovskom, Vratima, Kupjaku i Gerovu, svaka po 2×20 MVA.

Usporedba investicionih troškova, uzevši u obzir i postojeću visokonaponsku mrežu, pokazuje da je najjeftinije rješenje visokonaponske mreže sa sustavom 110 — 35 — 20 kV, dok su ostala dva rješenja skuplja za oko 30%.

Opseg: 129 strana, 96 tablica, 96 slika i 96 priloga sa računala.

Temeljno rješenje električne mreže grada Pule I i II dio

Naručitelj: »Elektroistra«, Pula
Autor: Ladislav *Padjen*, dipl. ing.
Završeno u lipnju 1973.

Opskrba električnom energijom grada Pule obavlja se sada vodovima 35 kV iz TS 110/35/10 kV Pula, i trima TS 35/10 kV: Gregovica, Centar i Uljanik.

Prema »Generalnom urbanističkom planu grada Pule« predviđa se u razdoblju od 30 godina 80.000 stanovnika smještenih u 4 glavna stambena područja: Arena, Središte, Veruda i Vidikovac. Turizam bi se razvijao na području Verude i Stoje, a tvornice, velike radionice i skladišta na sjeveru grada.

Kao glavni izvor električne energije za Pulu i ostali dio Istre predviđa se transformatorska stanica 220/110 kV u blizini Pule. U Puli se predviđa, uz proširenje postojeće stanice 110/35 kV na veličinu 3×40 MVA, i izgradnja nove TS 110/35 kV Pula II 3×40 MVA. Također se predviđa izgradnja još 6 transformatorskih stanica 35/10 kV, te polaganje oko 25 km kabela 35 kV.

Na kraju su predložena najpovoljnija rješenja za oblikovanje i postupnu izgradnju mreže 110 kV i 35 kV i određeni približni troškovi izgradnje.

Opseg: 83 strane, 35 tablica i 63 slike.

Izbor načina zaštite od previsokog dodirnog napona

Naručitelj: »Plava Laguna«, Poreč
Autor: Ladislav *Padjen*, dipl. ing.
Završeno u kolovozu 1973.

U uvodnom dijelu studije daju se najvažniji podaci o djelovanju niskonaponske izmjenične struje na čovjeka i o velikom broju nesreća upravo od takvih struja.

Nakon prikaza postojećih načina zaštite od previsokog dodirnog napona i odredaba naših propisa o toj zaštiti, opisano je postojeće stanje elektro-uređaja plivališta i autokampa hotelsko-turističkog poduzeća »Plava Laguna« u Poreču.

Glavni dio studije predstavlja prijedlog potrebnih dopuna i promjena zaštitnih mjera, odnosno načina zaštite.

Na kraju je dan i popis nove opreme, što bi je trebalo nabaviti i ugraditi, te pregled potrebnih radova za provedbu predloženih dopuna i promjena električne zaštite od previsokog dodirnog napona.

Opseg: 22 strane, 4 slike.

Studija mreže 110 kV i 220 kV područja »Elektroprivrede« Rijeka, I i II dio

Naručitelj: »Elektroprivreda«, Rijeka
Autori: Ivan *Janić*, dipl. ing. i Zvonimir *Kovačević*, dipl. ing.
Završeno u siječnju 1973.

U studiji je prikazan razvoj mreže 110 kV i 220 kV, te pojnih točaka 380/220 kV i 220/110 kV za područje »Elektroprivrede«, Rijeka, osim područja Like koje je već prije obrađeno.

Kao podloge za izradu ove studije služila su osnovna rješenja električnih mreža na pojedinim područjima koja se već niz godina rade u ovom Institutu.

Analiza konzuma, oblikovanje i dimenzioniranje električne mreže, kao i račun kratkog spoja provedeni su za bližu budućnost (stanje oko 1976. god.) i za dalju budućnost (stanje oko 2000. god.), a tokovi snaga i naponske prilike za dalju budućnost.

Kao glavni novi izvori električne energije predviđaju se TS 380/220/110 kV Melina kraj Rijeke 2×400 MVA (380/220 kV) i 3×150 MVA (220/110 kV) i TS 220/110 kV Pula 3×250 MVA kod Vodnjana, nova termoelektrana kod Urinja 2×250 MW, te hidroelektrane na Kupi: Kuželj i Blaževci, svaka po 24 MW.

Također se predviđa proširenje postojeće TS 220/110 kV Pehlin kraj Rijeke na snagu 3×150 MVA.

Na promatranom području predviđaju se ukupno 23 transformatorske stanice 110/35 kV kao i 2 transformatorske stanice 110/25 kV (elektrovučne podstanice JŽ).

Ukupna duljina vodova 220 kV, uključujući i vezu s Divačom i Ličkim Osikom iznosila bi 579 km, a ukupna duljina vodova 110 kV, 803 km, od čega bi na podzemne kabele otpalo 10,7 km, a na podmorske kabele 20,4 km.

Na kraju je dan i aproksimativni troškovnik za bližu budućnost (stanje oko 1976).

Opseg: 42 strane, 74 tablice i 73 slike.

STUDIJ NISKONAPONSKIH MREŽA I PROJEKTIRANJA

Studija o izboru optimalnog rješenja aero-termo uređaja — pošta Sisak

Naručitelj: Zavod za urbanizam, Sisak
Autor: Ratko *Pečarić,* dipl. ing., savjetnik

Da bi se investicija i potrošnja energije klima uređaja svela na minimum, usvojen je interni sistem s promjenljivom količinom zraka za hlađenje (CAV-sistem) u kombinaciji s perimetarskim sistemom centralnog grijanja. Na taj način je moguće s jednim centralnim klima uređajem riješiti klimatizaciju velikog broja prostorija s promjenljivim toplinskim disipacijama. Da bi se rad rashladnog agregata sveo na minimum predviđen je rad klima uređaja s punom količinom svježeg zraka. Odabrani sistem osigurava uštedu od 15% u investiciji i 35% u pogonskim troškovima prema ritermnom sistemu i 25% prema multizonalnom sistemu.

Opseg: 69 strana, 39 slika i nacrta, 36 tablica.

Studija o izboru optimalnog rješenja strojarskog dijela za ATC — Viktorovac

Naručitelj: PTT — Zagreb
Autor: Ratko *Pečarić,* dipl. ing., savjetnik

Činjenica da se za prostorije ATC zahtijeva relativna vlaga zraka u granicama od 50—60%, kod maksimalne dozvoljene ljetne temperature u prostoriji od 28°C, omogućuje primjenu adiabatskog hlađenja svježeg zraka bez rashladnog agregata. Za adiabatsko hlađenje ovlaživanjem predviđen je lamelni humat na osnovi teoretske obrade. Da bi se potrošnja ventilacione snage svela na minimum usvaja se trobrzinski ventilator.

Opseg: 51 strana, 9 slika i nacrta.

Studija o izboru efikasnog elektroenergetskog napajanja, osiguranju potrebnih zaštitnih mjera od previsokog dodirnog napona i izboru efikasnog vatrodojavnog sistema za elektroničkoračunski centar INA, Zagreb

Naručitelj: ERC — Ina
Autor: Vladimir *Hartl,* dipl. ing., savjetnik

Ukratko se opisuje razvoj elektroničko-računskog centra, INA — Zagreb, a zatim se u prvom dijelu utvrđuje zatečeno stanje u pogledu svih elektroenergetskih uređaja i instalacija sistema zaštite od previsokog dodirnog napona i uređaja i instalacije za automatsku vatrodojavu.

U drugom dijelu najprije se opisuje planirani razvoj, a zatim analizira radi odabiranja parametara bitnih za izradu osnovnih rješenja iz zadatka.

U završnom dijelu se na osnovi analize postojećeg stanja i planiranog razvoja predlaže osnovno rješenje djelotvornog elektroenergetskog napajanja i automatske vatrodojave, i osnovno rješenje djelotvornosti zaštite od previsokog dodirnog napona u svijetlu kompatibilnosti zaštitne mjere nulovanjem sa zaštitnom mjerom uzemljenja (kompjutorske instalacije).

Opseg: 34 strane, 5 slika i nacrta, 3 tablice.

Studija o optimalnom rješenju rekonstrukcije toplane Aerodrom — Zagreb

Naručitelj: Inženjering Aerodroma Zagreb
Autor: Ratko *Pečarić,* dipl. ing., savjetnik

Dan je optimalni izbor kotlovskih jedinica za vrelu vodu 140°C/70°C.

Za zagrijavanje potrošne tople vode pomoću trećeg voda koriste se ljeti akumulatori vrele vode sadržaja 12 m^3. Posebna pažnja obraćena je pripremi pojne i obradi cirkulacione vode. Da se spriječi korozija izazvana CO_2, usvaja se ionska dekarbonizacija koja prethodi postojećem ionskom omekšavanju vode. Otplinjavanje CO_2 se obavlja u toplom predotplinjaču. Obrađen je originalan sistem za diktiranje pritiska s tlačnom ekspanzionom posudom koja ujedinjuje i funkciju škropnog, filmskog i mjehurastog otplinjavanja vode. Za dopunsku obradu vode služi tlačna posuda za dodavanje hidrizina i fosfata. Dane su skice i podaci za konstrukciju originalno riješenih aparata.

Opseg: 38 strana, 3 nacrta i slike.

Projekti

a) *Glavni projekt aero-termo uređaja Pošta-Sisak*
Odgovorni projektant: Ratko *Pečarić,* dipl. ing.

b) *Glavni projekt strojarskog dijela transformatorske (generatorske) stanice TS — 2 Aerodrom*

c) *Glavni projekt aero-termo uređaja za ATC — Viktorovac*

d) *Glavni projekt toplovoda ATC — Peščenica*
Odgovorni projektant: Ratko *Pečarić,* dipl. ing.

e) *Glavni projekt klimatizacije elektro i termo komande u EL-TO Zagreb, Zagorska 1*
Odgovorni projektant: Ratko *Pečarić,* dipl. ing.

f) *Glavni projekt elektroenergetskih i ostalih el. instalacija ERC — INA, Zagreb*
Odgovorni projektant: Vladimir *Hartl,* dipl. ing.

STUDIJ AUTOMATIZACIJE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Automatizacija parnih blokovskih jedinica u termoelektranama namijenjenim za pokrivanje promjenljivog tereta

(II dio rada: Nestacionarni rad velikih blokova termoelektrana)

Naručitelj: Udružena elektroprivreda SRH
Autor: Josip *Lakota,* dipl. ing.
Završeno u studenom 1973.

Rad obuhvaća:

— ulogu automatizacije u savladavanju problema vezanih uz velike i brze promjene tereta, kao i česta pokretanja — zaustavljanja,
— strukturu automatizacije upravljanja i moguće stupnjeve automatizacije,
— osnovne grupe automatike u termoelektrani.

U radu se daje:

— primjer nekoliko izvedenih postrojenja,
— smjernice za izbor opreme automatizacije procesa i nadzora nad pogonom za termoelektrane namijenjene za pokrivanje promjenljivog tereta.
— orijentacioni raspon cijena.

Ukazuje se na probleme, koji nisu mogli biti u dovoljnoj mjeri obrađeni.

Opseg: 46 strana, 16 slika, 49 literaturnih izvora.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Proračunavanje tehničko-energetskih karakteristika bloka termoelektrane digitalno procesnim računalom za uvjete termoelektrana Jugoslavije

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd

Autori: Mr Duško *Čorak*, dipl. ing., Stjepan *Ivančić*, dipl. ing.

Završeno u 1973.

Studija predstavlja logičan nastavak prethodnih radova iz ove oblasti, a imala je zadatak, da izvrši izbor i odredi metodu proračuna tehničko-energetskih karakteristika blokova snage 200—300 MW pomoću digitalno procesnog računala vezanog na postrojenje. Pri tom je bilo potrebno uzeti u obzir specifične uvjete termoelektrana Jugoslavije, koji koriste kao gorivo niskokalorične lignite promjenljivih karakteristika i tekuće gorivo.

Vremenski promjenljive karakteristike goriva predstavljale su osnovni problem za izbor metode proračunavanja tehničko energetskih karakteristika blokova. On je riješen tako, da je postavljen indirektan način utvrđivanja karakteristika goriva uz pomoć veličina koje se mogu kontinuirano bez poteškoća utvrditi, odnosno mjeriti, sa zadovoljavajućom točnošću. Normalno je određivanje karakteristika goriva vezano za uzimanje reprezentativnog uzorka i prilično dugotrajne kemijsko laboratorijske analize, što praktički onemogućuje uspješnu primjenu kontinuiranog određivanja karakteristika pomoću DPR-a.

Metoda je razrađena na primjerima blokova TE Obrovac i TE Sisak, i prilagođena je njihovim toplinskim shemama, gorivu i ostalim specifičnim uvjetima. Međutim postavljena metoda je opća i može se uz minimalnu korekciju primijeniti i na ostale termoelektrane. Također je moguća primjena i kod elektrana bez vlastitog DPR-a. U tom slučaju se mogu koristiti računala u okviru postojećih računskih centara.

Opseg: 76 strana, 12 slika.

Studija i praćenje razvoja problematike zagađivanja zraka uzrokovane emisijom termoelektrana, te načini uklanjanja štetnih utjecaja na okolinu

Naručitelj: Udružena Elektroprivreda Hrvatske

Autor: Hrvoje *Brkić*, dipl. ing.

Završeno u 1973.

Potražnja za električnom i toplinskom energijom sve više raste, a smanjenje porasta potrošnje još se ne vidi ni u najrazvijenijim zemljama, Hidropotencijali su u mnogim zemljama većim dijelom iskorišteni, a daljnji razvoj proizvodnje električne energije temelji se na izgradnji nuklearnih i klasičnih termoelektrana koje ponekad dosižu snagu od više tisuća megavata. Klasične termoelektrane izlučuju ogromne količine dimnih plinova, a s njima i velike količine leteće prašine i sumpornih oksida, koji za sada predstavljaju najveće, iako ne i jedine, zagađivače okoline.

Zahtjevi za zaštitu okoline postaju danomice sve oštriji. U mnogim zemljama se sve intenzivnije istražuje na tom području. Primjena odgovarajućih mjera zahtijeva često kompromisna rješenja između željene kvalitete okolice i ekonomski podnošljivih mjera.

Studija je zamišljena kao permanentno praćenje rezultata istraživanja, dostignuća i zahtjeva koji se danomice mijenjaju. U studiji je prikazan utjecaj dimnih plinova velikih termoenergetskih postrojenja na okolicu, utjecaj raznih vanjskih faktora (npr. meteoroloških uvjeta, oblika okoline, itd.), te mogućnosti ublažavanja štetnih utjecaja povremenom zamjenom goriva, izgradnjom visokih dimnjaka, odsumporavanjem goriva i dimnih plinova, otprašivanjem dimnih plinova, itd., a u skladu sa zahtjevima i dostignućima u 1972. godini.

Analiza povoljnosti izgradnje toplifikacionog bloka 120 MW

Naručitelj: »Elektroprivreda«, Zagreb

Autori: Grupa autora

Završeno u 1973.

Razvoj toplinskog konzuma na područje Zagreba, gdje je predviđeno radi toplifikacije koristiti centralne izvore, zahtijeva izgradnju novih kapaciteta. S obzirom na razvoj toplinskog konzuma i na potrošnju električne energije usvojena je izgradnja toplifikacionog bloka 120 MW. Izgradnja ovog bloka dolazi u obzir ili na lokaciji EL-TO ili na lokaciji TE-TO.

Zadatak studije je bio, da se utvrdi koja je od navedenih lokacija povoljnija. Osnova za razmatranje bilo je podmirenje ukupnog tehnološkog i ogrijevnog konzuma uz odgovarajuću proizvodnju električne energije i to u razdoblju od 1976. do 1985. g. Troškovna usporedba obavljena je tako, da su promatrane ukupne investicije za izvore i mrežu, kao i ukupni troškovi eksploatacije za podmirenje kompletnog toplinskog i električnog konzuma za cijelo vremensko razdoblje. Uz troškovnu usporedbu razmatrani su i ostali činioci koji utječu za utvrđivanje povoljnosti, što se u prvom redu odnosi na ekološke faktore.

Opseg: 152 strane i 18 dijagrama i nacrta.

Kompleksna normativna ispitivanja TE Sisak

Naručitelj: Termoelektrana, Sisak

Autori: Grupa autora

Završeno u 1973.

Radi utvrđivanja potrošnje topline kompleksa termoelektrane Sisak obavljeno je niz ispitivanja i mjerenja pri raznim opterećenjima elektrane i uz razne pogonske režime. Na osnovi tih ispitivanja izrađene su bilance i utvrđena je energetska karakteristika bloka. Isto tako su izvršena potrebna kontrolna mjerenja na osnovi kojih je utvrđena i karakteristika vlastite potrošnje električne energije.

Na osnovi svih tih podataka utvrđen je normativ specifične potrošnje topline za sva opterećenja elektrane i za režime pogona sa dva i sa jednim kotlom. Normativ je sveden na stezaljke generatora i na prag elektrane.

Nadalje je dan i korekcioni dijagram za povećanje potrošnje topline za slučaj kada su isključeni iz pogona visokotlačni zagrijači regenerativnog ciklusa.

Opseg: 65 strana i 16 slika i dijagrama.

Postrojenja za rashladnu vodu TE koje koriste u kondenzatorima morsku vodu

Naručitelj: Udružena elektroprivreda SR Hrvatske

Autor: Ernest *Prištof*, dipl. ing.

Završeno u 1973.

U studiji su analizirane popratne pojave i problemi što se javljaju pri hlađenju morskom vodom, kao i način njihovog otklanjanja, odnosno ublažavanja.

U elaboratu su prikazani materijali za kondenzatorske cijevi, dobre i loše osobine pojedinih materijala, kao i način ugradnje kondenzatorskih cijevi. Zatim su obrađeni cjevovodi, čelični i betonski, utjecaj legiranja čeličnih cijevi i vrste cementa za betonske cjevovode.

Nadalje su obrađeni ventili — materijali i konstrukcija. Izneseni su ukratko i materijali za pumpe morske vode. U elaboratu je obrađena i zaštita materijala od korozije i biokemijskih nslaga.

Opseg: 70 strana teksta i 21 strana crteža i slika.

Istraživanje potrebnih točnosti i metoda mjerenja tlaka i protoka za potrebe znanosti i privrede

Naručitelj: Fond za naučni rad SRH
Autori: Grupa autora
Završeno u 1973.

U studiji su obrađeni:

— značaj mjerenja protočne količine,
— mjerenje protočne količine metodom prigušivanja,
— izvedba normirane oštre prigušnice,
— koeficijent protoka i veličine koje utječu na njegovu vrijednost,
— nepouzdanost određivanja protočne količine,
— pogonske mogućnosti pogrešaka.
— mjerna prigušnica na ulazu u cjevovod (utjecanje) i na izlazu iz cjevovoda (istjecanje),
— izrađen je i testiran program za dimenzioniranje oštre mjerne prigušnice, kao i program za izračunavanje protočnih količina za elektronsko digitalno računalo,
— analiza funkcionalnih razlika mjerila s plovkom s koničnom cijevi i koničnom vodilicom,
— provjera jednoznačnosti točnosti i osjetljivosti mjerila s koničnom vodilicom u odnosu na mjerila s koničnom cijevi,
— produkciono tehnološki utjecaji na točnost mjerila s koničnom vodilicom,
— idejno rješenje sistema baždarenja mjerila s plovkom,
— prevedeni su propisi DIN 1951 (Ang. 1971), ASME — Flow Measurement, British Standard — Flow Measurement.

Opseg: 196 strana, 56 slika, 2 priloga.

Razni radovi

Naručitelji: Razni
Autor: Kolektiv studijske grupe
Završeno u 1973.

Na zahtjev elektroprivrednih i industrijskih poduzeća obavljala su se razna ispitivanja i intervencije na energetskim postrojenjima radi poboljšanja rada i uklanjanja manjkavosti.

U okviru ovih radova obavljalo se:
— kompleksno ispitivanje termoenergetskih postrojenja,
— garantna ispitivanja termoenergetskih postrojenja, baždarenje i kontrola protočnih instrumenata za vodu, paru, plinove itd.,
— ispitivanje pojnih pumpi,
— ispitivanje ventilatora za zrak,
— ispitivanje korozivnog djelovanja pri loženju loživim uljem pomoću utvrđivanja SO_2, odnosno direktnog utvrđivanja pomoću korozivne sonde,
— kontrola čađenja utvrđivanjem dimnog broja,
— kontrola i ispitivanje filtera za čišćenje dimnih plinova, itd.

Ispitivanje energetskih postrojenja

Naručitelji: Razni
Autori: Kolektiv studijske grupe
Završeno u 1973.

Po narudžbi termoelektrana, industrijskih poduzeća i proizvođača energetske opreme, izvršen je niz primopredajnih ispitivanja i eksploatacionih ispitivanja kotlova, turboagregata, turbopuhala, pumpi i druge energetske opreme.

Svrha ovih ispitivanja je bilo provjeravanje garancije, odnosno dobivanje osnova za otklanjanje nedostataka i poboljšanja pogona i optimizacije.

LABORATORIJ ZA TOPLINSKA MJERENJA

Žarenja montažnih zavara

Autori: Fedor *Šprung*, dipl. ing. i Ivan *Žanić*

Rad obuhvaća tri intervencije na termičkoj obradi zavarenih spojeva u energetskim postrojenjima u specifičnim geometrijskim uvjetima i okolnostima pri dobavi električne energije.

Opseg: 6 strana, 21 dijagram.

Termička obrada velikih elemenata elektroenergetskih postrojenja

Autori: Fedor *Šprung*, dipl. ing. i Ivan *Žanić*

U okviru ovih radova izvršena su ispitivanja i istraživanja važna za razvoj izolacionih oklopa prilagodivih oblicima velikih elemenata objekata hidro- i termo-energetskih postrojenja, težine do 90 tona.

Opseg: 14 strana, 34 dijagrama.

Ispitivanje hladnjače za brodski teret na M/B »Nyala«

Autori: Prof. Vladimir *Deduš*, Zvjezdana *Šprung*, dipl. ing. i Fedor *Šprung*, dipl. ing.

Osim standardnog ispitivanja za potrebe dobivanja klase hladnjače od Brodskih registara, u okviru ovog ispitivanja snimljeni su i obrađeni podaci koji daju odgovor na pitanje sposobnosti rada hladnjače u ekstremnim, tropskim uvjetima, s obzirom na ljevanu toplinsku izolaciju od poliuretana, koji je prvi puta primijenjen u nas na objektima ovoga tipa.

Opseg: 20 strana, 39 tablica, 3 nacrta, 3 dijagrama.

Ispitivanja elektrokomornih peći

Autor: Fedor *Šprung*, dipl. ing.

Za potrebe priznavanja, od strane Klasifikacionih društava, izvršena su ispitivanja dviju peći za žarenje u pogledu ravnomjernosti raspodjele temperatura u prostoru, u pogledu točnosti mjerenja i adekvatnosti regulacije, te u pogledu funkcioniranja sigurnosnih i zaštitnih uređaja. Na temelju ispitivanja uočeni su nedostaci i dane upute za korekciju, nakon čega su peći dobile licencu Klasifikacionih društava.

Opseg: 17 strana, 3 tablice, 3 dijagrama.

Ispitivanje protuudarnih hermetičkih vrata

Autori: Fedor *Šprung*, dipl. ing. i Kamilo *Lukačević*

Za potrebe skloništa od zračnih, klasičnih i nuklearnih napada, ispitana su protuudarna hermetička vrata tipa VPH-30 i obrađeni rezultati ispitivanja.

Opseg 3 strane, 4 tablice, 2 nacrta.

Ispitivanje utjecaja sastava dimnih plinova na prijelaz topline u kotlovima elektroprivrede

Autori: Đorđe *Gojković*, dipl. ing., Emica *Hohnjec*, viši tehn., Jakob *Lucati*, dipl. ing., Slavko *Matijašević*, dipl. ing., Stanko *Preksavec*, dipl. ing., Eduard *Smolej*, dipl. ing., Kurt *Sonns*, viši tehn. i Fedor *Šprung*, dipl. ing.

Studija se sastoji iz dva dijela — niskotemperaturnih i visokotemperaturnih problema. U okviru niskotemperaturnih problema razrađena je analiza, zasnovana na rezultatima ranijih studija i mogućnosti povećanja izlazne snage hidrogeneratora putem povećanja protoka zraka za hlađenje namota. Ova ispitivanja su bila, za izvjesno razdoblje, završna u niskotemperaturnom području, pa su obrađena u okviru ovog zadatka, kako bi se moglo prijeći na visokotemperaturna ispitivanja. Dio studije, koji se odnosi na visokotemperaturna ispitivanja, obrađuje, prije svega, problematiku pogona u vezi s analizom uzroka korozije i prljanja površina, što sve predstavlja pripremnu fazu za eksperimentalnu stanicu. Studija navodi podatke o mogućnostima eksperimentalnog istraživanja razmatranih problema s konkretnim primjerima.

U posljednjem dijelu studije dana je analiza sastava i podaci o topivosti pepela od ugljena iz Raše i Velenja, te su ustanovljene razlike u talištu pepela kod jednom ili dva puta žarenog uzorka, što je značajno za eksperimentiranje s ugljenom kao gorivom. Sav ostali dio studije odnosi se na tekuća goriva.

Ovu studiju sufinancirao je Republički fond za naučni rad SRH.

Opseg: 113 strane, 5 dijagrama, 15 tablica, 46 slika.

Ispitivanje akustičkih osobina »Isospan« blokova

Autori: Fedor *Šprung*, dipl. ing. i Kurt *Sonns*

Ispitivanjima su istražene specifičnosti akustičkih osobina zida od »Isospan« blokova, ugrađenih u posebnu građevinsku konstrukciju i sa nestandardnom finalnom obradom. Ispitivanja su imala za cilj da ukažu na razlike između ispitivanja akustičkih osobina zida u tornju za ispitivanje i istih tih osobina u okviru finalizirane građevinske konstrukcije. Rezultati i analize pokazuju da su akustička svojstva zidova ovakvog tipa, u adekvatnim građevinskim konstrukcijama i uz prikladnu finalnu obradu, povoljnija od svojstava ustanovljenih ispitivanjima u tornju.

Opseg: 8 strana, 2 tablice, 2 dijagrama.

LABORATORIJ ZA VISOKI NAPON I JAKU STRUJU

Radove su obavili:

Inženjeri: Blaž *Uzelac*, Josip *Mužny*, Josip *Kučak*,
Tehničari: Svetolik *Subotić*, Đuro *Juretić*, Ivan *Konfic*.

Među velikim brojem naručitelja prema opsegu posla najznačajniji su:

Tvornica elektrotehničkih proizvoda TEP — Zagreb, ŽTP — Zagreb, Elektroprenos — Zagreb, Elektroslavonija — Osijek, Elektroprivreda — Zagreb, Rijeka i Dalmacija, te razna druga elektroprivredna i elektrodistributivna poduzeća iz čitave države, Energoinvest — Sarajevo, Tovarna elektroporculana — Izlake, Dalekovod — Zagreb, Radio-televizija — Zagreb, Elektrokontakt — Zagreb, Rade Končar — Zagreb, INA — Zagreb, Telefonvod — Zagreb, Rafinerija nafte — Bosanski Brod, Hidroelektrana Senj, Termoelektrana Sisak, »SVIT« — Kamnik, Vojna Pošta — Split, Preporod — Požarevac.

Radovi:

Idejno rješenje laboratorija za ispitivanje ovjesne i spojne opreme poduzeća »Dalekovod«, Zagreb

U elaboratu su prikazani njemački, francuski, engleski, talijanski, sovjetski i jugoslavenski tehnički propisi, koji se odnose na ispitivanje ovjesne i spojne opreme za dalekovode i transformatorske stanice.

Na osnovi toga, određene su karakteristike ispitnih uređaja, koji trebaju biti postavljeni u vlastitom laboratoriju poduzeća »Dalekovod« u Zagrebu.

Uzeti su u obzir i ostali utjecaji na izbor opreme laboratorija, te je izrađen program etapne izgradnje laboratorija i dana specifikacija odabrane ispitane opreme.

Mjerenje putujućih valova u kabelima uzrokovanih parcijalnim izbijanjima u izolaciji

Elaborat obrađuje temu Republičkog fonda za naučni rad SR Hrvatske, te obuhvaća:

— Analizu oblika putujućeg vala radi određivanja karakteristika ispitnih uređaja,
— Proračun modela kabela za pronalaženje optimalne mjerne veličine i metode mjerenja putujućih valova.

Na osnovi toga izrađen je u Laboratoriju za visoki napon i jaku struju model kabela nazivnog napona 20 kV. Mjerenja na modelu potvrdila su ispravnost proračuna, kao i primijenjene metode mjerenja.

U godini 1974. predviđena su daljna istraživanja u svrhu neposredne primjene i kompleksnog rješenja problema za visokonaponske kabele velike dužine.

Ispitivanje kabela

Ispitivani su kabeli radi utvrđivanja kvalitete i određivanja karakterističnih konstanti.

Mjerena su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i mjerenja dielektričkih gubitaka i pojave ionizacije. Rezultati mjerenja poslužit će za usporedbu različitih konstrukcija i 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 u njegovoj okolini mogu se pojaviti naponi dodira i koraka opasni za ljude. Radi toga su neophodna mjerenja kojima će se takvi naponi otkriti i otkloniti odgovarajućom rekonstrukcijom uzemljivača.

Unatoč visokom specifičnom otporu tla i visokom otporu uzemljivača, pogodnim oblikovanjem uzemljivača se može postići takva raspodjela potencijala, da se ne pojavljuju opasni naponi koraka i dodira.

Ispitivanje elektrotehničke opreme i materijala

Ispitivane su sklopke, priključni pribor, niskonaponski razvodni uređaji, kondenzatori snage, automatski regulatori, prekostrujni i diferencijalni releji, visokoučinski osigurači, zaštitna iskrišta, izolatori, ovjesni materijal, stezaljke i dr.

Ispitivani su plastični materijali, razna ulja, kabelske mase, itd.

Ovakva ispitivanja su važna, jer se njima sprečava ugradnja loših proizvoda u elektroenergetska postrojenja i postiže sigurnost pogona.

Ispitivanje prototipova opreme

Ispitivani su prototipovi pojedine opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između Laboratorija i proizvođača, jer se nije samo formalno ukazivalo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dotle, dok naknadna ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu. Nakon toga naručitelj je od Instituta dobio atest za ispitani proizvod.

Primopredajna ispitivanja

Obavljena je kontrola ispitivanja kod preuzimanja visokonaponskih sklopki, učinskih i mjernih transformatora i ostale opreme za elektroenergetska postrojenja.

Laboratorij je surađivao s investitorima pri izboru odgovarajuće elektrotehničke opreme za postrojenja, kao i kod formuliranja karakteristika opreme pri sklapanju ugovora s tvornicama.

Ispitivanja kvalitete

Vršena su tipska ispitivanja i atestiranje električnih štednjaka, bojlera i ostale opreme za široku potrošnju.

Ispitivanja odvodnika prenapona

Povremeno ispitivanje odvodnika obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona.

Za ocjenu stanja odvodnika prenapona neophodna su ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponom, jer se jedino na taj način može kontrolirati njegovo ponašanje u mreži pri pojavi prenapona.

Prilikom ovakvih ispitivanja odvajaju se dotrajali odvodnici prenapona koji ne bi više osigurali efikasnu zaštitu od prenapona, ili bi mogli uzrokovati smetnje uslijed nesposobnosti gašenja popratne struje.

Osim ispitivanja Laboratorij je u svojim radionicama izrađivao i uređaje za ispitivanje i mjerenja.

Ispitivanje ovim uređajima obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost, jer je uređaj lakši, i podesniji za pronalaženje eventualne greške u kabelu. Za što točnije ustanovljenje mjesta greške potrebno je, naime, da na tom povređenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako, da se, nakon što je ispitivanjem, ili pak za vrijeme pogona ustanovljena greška u izolaciji kabela, sa dovoljno jakom strujom i dovoljno visokim naponom, propaljuje kabel, dok se na povređenom mjestu ne postigne karbonizirani spoj minimalnog otpora. Poslije toga nije teško odrediti mjesto greške bilo kojom poznatom metodom.

Prema tome, uređaj služi za ispitivanje izolacije kabela poslije polaganja. Također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta greške u kabelima bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-1

Ovaj uređaj namijenjen je za ispitivanje kabela do 1 kV. U izvjesnim slučajevima njime se mogu propaljivati i kabeli do 10 kV, a da prethodno nisu obrađivani visokonaponskim dijelom uređaja IPKN-10.

Uređaj IR-2 S 50 A

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih neusmjerenih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova. Proizvodi struju od 5, 15 i 50 A, čija se vrijednost može kontinuirano mijenjati. Može se koristiti i kao izvod reguliranog napona od 0 do 300 V. Priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR — 1000 A i IR — 2000 A).

Uređaj IR-UZ

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih usmjerenih nadstrujnih, zemljospojnih i sličnih releja i njihovih vremenskih članova.

Uz dodatak IR — 1000 A i IR — 2000 A mogu se vršiti primarna ispitivanja spomenutih releja. Fazni pomak između struje i napona može se grubo mijenjati po 120° induktivno i kapacitivno, a unutar grubih stupnjeva kontinuirano, te se na taj način može ustanoviti i osjetljivost releja pri faznim pomacima.

Uređaj se priključuje na trofaznu mrežu 380/220 V.

Uređaji IR-1000 A i IR-2000 A i više

Ovi uređaji su dodatni uređajima IR — 2 S 50 A i IR — UZ, pa imaju kontinuiranu regulaciju i mjerenje struja do 1000 A, 2000 A, i više.

Uređaj za mjerenje napona koraka i dodira

Izrađen je uređaj, koji se sastoji iz cijevnog voltmetra, mjernih elektroda i dopunskih zaštitnih sredstava za rukovaoca.

Elektronski voltmetar, osim za mjerenje napona koraka i dodira može se, s obzirom na veliku ulaznu impedanciju, koristiti za snimanje potencijalnih lijevaka, ekvipotencijalnih linija i za mjerenje otpora uzemljenja UI-metodom.

Uređaj je smješten u ukusno izrađenoj kutiji, koja se pomoću remena objesi tako da su ispitivaču slobodne ruke za manipuliranje, pa je uređaj zbog svoje funkcionalnosti i male težine, vrlo pogodan za terenska ispitivanja.

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

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

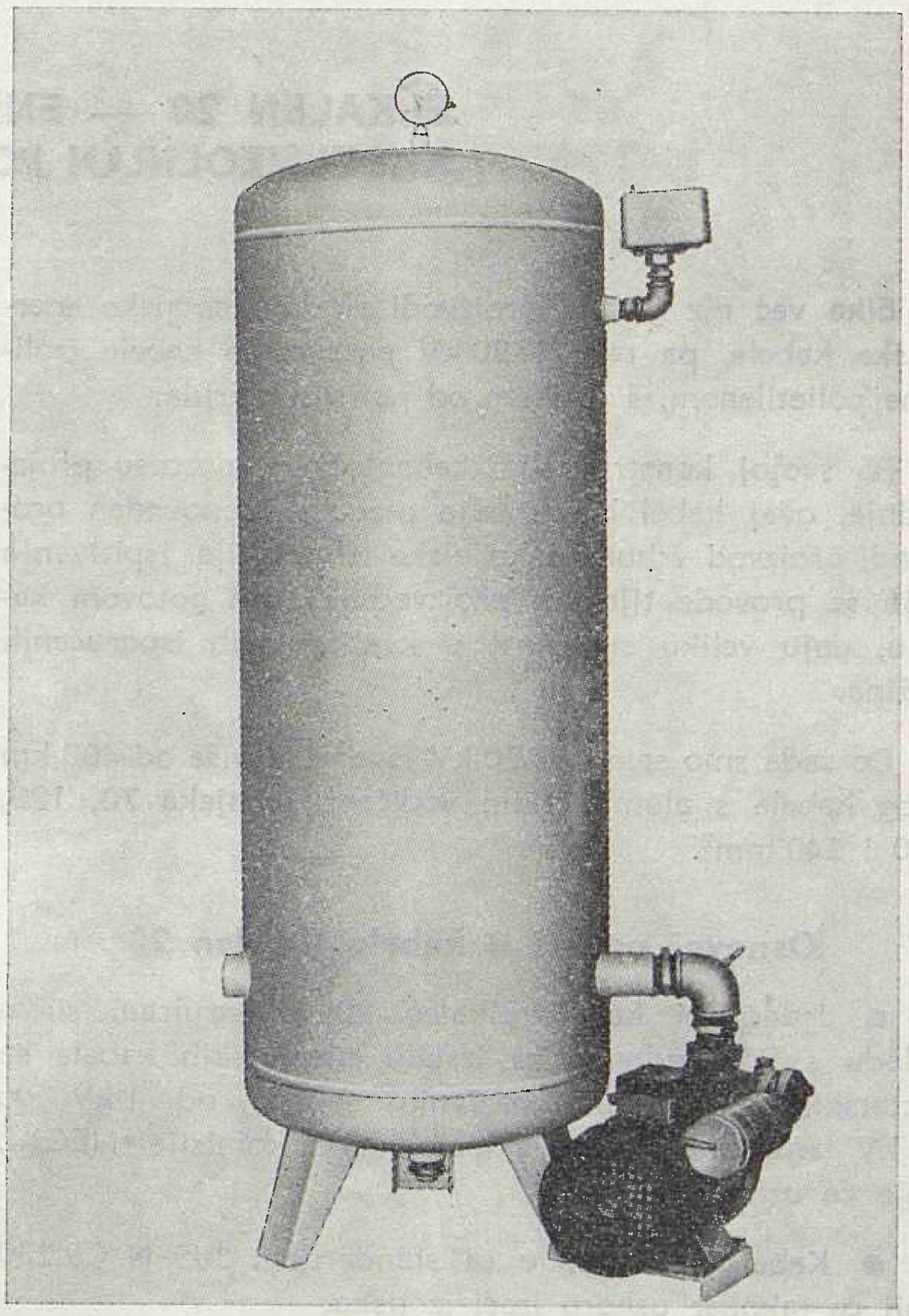
Opis

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

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

Karakteristike agregata su:

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



Izbor hidrofora

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

Tehničke karakteristike hidrofora

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

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

ELKALEN 20 — ENERGETSKI 20 kV KABEL IZOLIRAN POLIETILENOM

Elka već niz godina proizvodi srednjenaponske energetske kabele, pa tako i 20 kV energetske kabele izolirane polietilenom, s plaštem od polivinilklorida.

Po svojoj konstrukciji i tehnološkom procesu proizvodnje, ovaj kabel predstavlja moderan i pouzdan proizvod, proizvod vrhunske kabelske tehnologije. Ispitivanja koja se provode tijekom proizvodnje i na gotovom kabelu, daju veliku sigurnost u kvalitet svih isporučenih dužina.

Do sada smo samo za 20 kV isporučili više od 400 km ovog kabela s aluminijskim vodičem, presjeka 70, 120, 150 i 240 mm^2.

Osnovni podaci o kabelu Elkalen 20

- Jednožilni kabeli Elkalen 20 konstruirani su u skladu s Preporukama za izradu energetskih kabela sa sintetskim izolacijama nazivnih napona od 1 kV do 30 kV »Međunarodne elektrotehničke komisije (IEC)«, koje će uskoro izaći.

- Kabel je u skladu sa standardom JUS N. C5.230 koji će također uskoro izaći iz tiska.

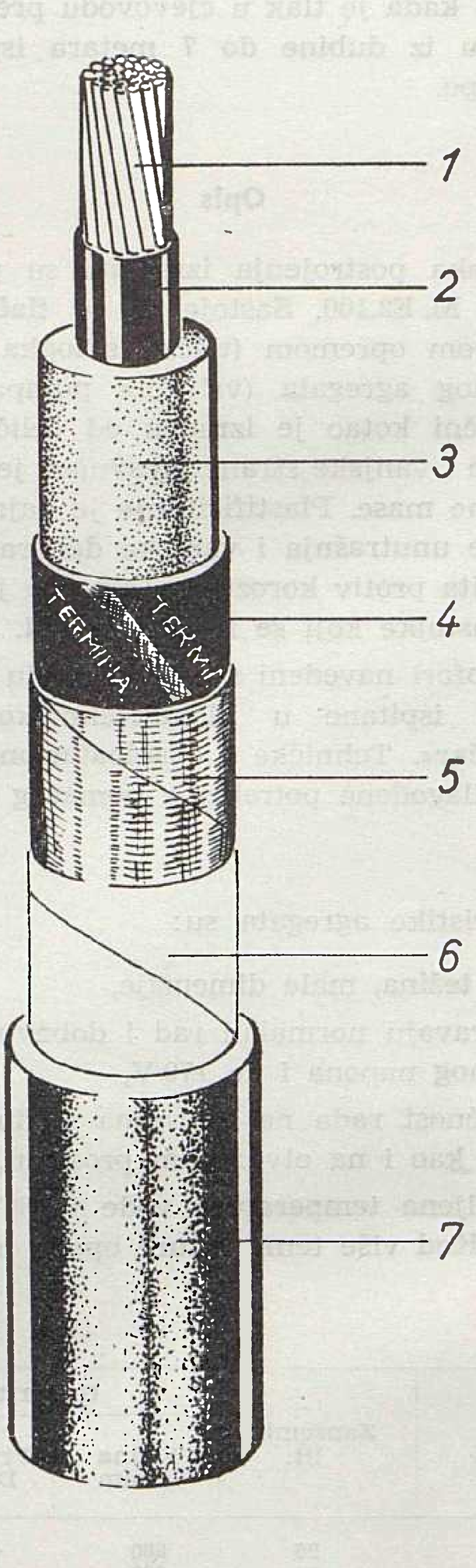
- **Vodič** je izrađen od aluminijskog ili bakrenog užeta standardiziranih presjeka od 25 do 400 mm.

- **Poluvodljivi slojevi** nalaze se na vodiču i u prostoru između izolacije i električne zaštite. Zadaća je tih slojeva da homogeniziraju električno polje, čime se bitno smanjuje naprezanje izolacije, a time produžuje njezin vijek trajanja.

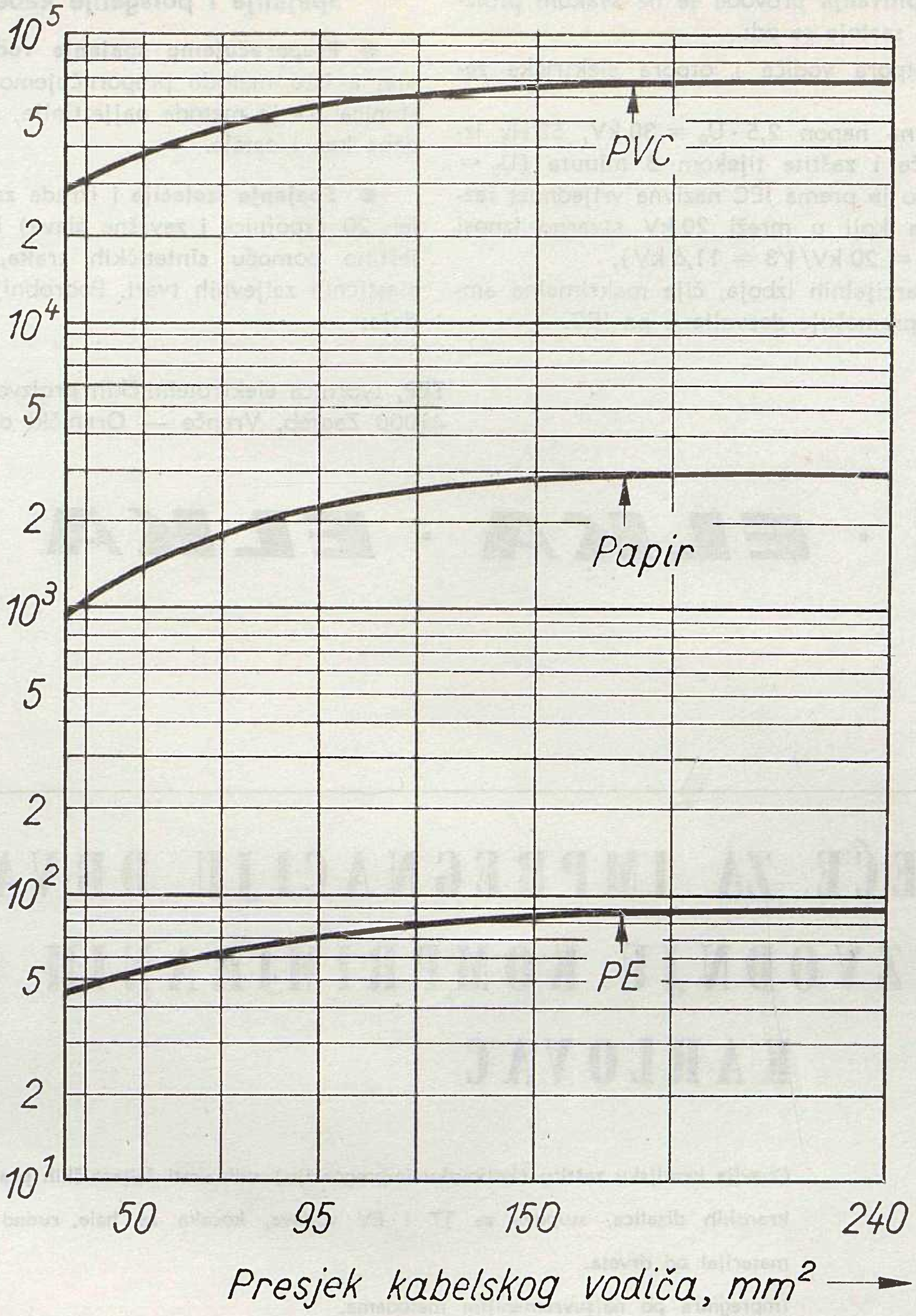
- **Izolacija** od visokokvalitetnog termoplastičnog polietilena debela je 5,5 milimetara.

- **Električka zaštita** ima višestruku namjenu: djeluje kao električki zaslon i služi za odvođenje kapacitivnih struja, i struja dozemnog spoja u slučaju kvara. Zaštita je izrađena od **bakrene** folije helikoidno omotane oko vanjskog poluvodljivog sloja ili od bakrenih žica. Presjek bakrene zaštite iznosi 10, 16, 25 ili 35 mm^2, ovisno o presjeku vodiča i o mreži u koju će se kabel ugraditi.

- **Plašt kabela** izrađen je od polivinilklorida crvene boje, a služi za sprečavanje prodora vlage u kabel, i kao mehanička zaštita pri polaganju kabela i zatrpavanju rova.



Skica konstrukcije termoplastičnim polietilenom izoliranog jednožilnog kabela Elkalen 20 koji je građen za međufazni napon 20 kV, odnosno za dozemni napon $20/\sqrt{3} = 11{,}6$ kV. Brojevi označuju: 1 — aluminijsko ili bakreno uže, 2 — sloj poluvodljiva polietilena, 3 — izolaciju od termoplastičnog polietilena, 4 — sloj grafita i poluvodljive nylonske trake, 5 — ovoj od poluvodljive trake, 6 — električku zaštitu od bakrenih traka ili žica, 7 — plašt od crvene PVC mješavine.



Ispitivanje kabela Elkalen 20

- **Tipska ispitivanja** obuhvaćaju i ova mjerenja:

1. mjerenje parcijalnih izboja prije savijanja,
2. mjerenje parcijalnih izboja nakon savijanja kabela koje se sastoji od trostrukog savijanja za 180^0 na jednu i drugu stranu valjka promjera $20 \cdot (d + D) \pm 5\%$, gdje je d promjer vodiča, a D promjer na kojem leži električka zaštita. Nakon tih savijanja kabel mora udovoljiti zahtjevu 10,
3. mjerenje faktora gubitaka ovisno o naponu pri temperaturi okoline. Pri U_0 faktor $\operatorname{tg}\delta$ ne smije premašiti 10^{-3}, a razlika $\operatorname{tg}\delta$ pri 2 U ne smije biti veća od $2 \cdot 10^{-3}$,
4. mjerenje faktora gubitaka ovisno o temperaturi: tijekom 2 sata kabel se zagrijava na 70^0C, a zatim pri mjerenju sa 2 kV, 50 Hz ne smije $\operatorname{tg}\delta$ premašiti 10^{-3},
5. mjerenje parcijalnih izboja nakon triju cikličkih zagrijavanja vodiča na 80^0C. Jedan ciklus traje 6 sati, zagrijavanje traje po 2 sata, a stanke između grijanja traju 4 sata (nakon triju ciklusa kabel mora udovoljiti zahtjevu 10,
6. ispitivanje udarnim naponom pri 75^0C. Ispituje se sa 10 pozitivnih i 10 negativnih udara 125 kV,
7. ispitivanje na napon $3\,U_0 = 36$ kV, 50 Hz tijekom 4 sata pri temperaturi okoline,
8. ispitivanje na izdržni napon $10 \cdot U_0$, 50 Hz prema internim propisima tvornice Elka.

- Sva mjerenja parcijalnih izboja u kabelima Elkalen 20 obavlja Elektrotehnički institut poduzeća Rade Končar u Zagrebu.

● **Rutinska ispitivanja** provode se na svakom proizvedenom kabelu, a sastoje se od:

9. mjerenja otpora vodiča i otpora električke zaštite,
10. ispitivanje na napon $2{,}5 \cdot U_0 = 30$ kV, 50 Hz između vodiča i zaštite tijekom 5 minuta ($U_0 = 12$ kV; to je prema IEC nazivna vrijednost faznog napona koji u mreži 20 kV stvarno iznosi $U_0 = U/\sqrt{3} = 20\ \text{kV}/\sqrt{3} = 11{,}6$ kV),
11. mjerenja parcijalnih izboja, čija maksimalna amplituda ne premašuje dozvoljenu po IEC.

Spajanje i polaganje kabela Elkalen 20

● **Preporučujemo spajanje vodiča** metodom gnječenja, a istu metodu preporučujemo i za izradu završnih stopica. Ta je metoda najjeftinija, a uz to jednako pouzdana kao i ostale.

● **Spajanje izolacije** i izrada **završetaka** kabela Elkalen 20 (spojnice i završne glave) izvode se brzo, čisto i jeftino pomoću sintetičkih traka, odnosno brzoveznih elastičnih zaljevnih tvari. Podrobnije informacije o tome daje:

TEP, tvornica elektrotehničkih proizvoda,
41000 Zagreb, Vrapče — Oranički odvojak 18

ELKA · ELKA · ELKA · ELK

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. 23 (1974) energija BROJ 7 — 8

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

OPSKRBA ENERGIJOM I ZAŠTITA OKOLINE

Hrvoje Požar, Zagreb

U uvodnom dijelu se razmatra poslijeratni porast potreba za energijom u Jugoslaviji, kao i promjena strukture korištenih izvora energije i raspoloživosti domaćih. Gledajući očekivani porast potreba za energijom izvršena je analiza djelovanja na okolinu u pogledu povećanja topline, zagađivanja pepelom i štetnim plinovima, kao i povećanja radijacije.*

Energija je osnova današnjeg tehnički visoko razvijenog svijeta.

Ugljen je omogućio ulazak u industrijsku epohu razvitka, nafta je revolucionirala transport i smanjila udaljenosti, dok će, prema svemu sudeći, nuklearna energija omogućiti daljnji razvitak.

U 25 godina nakon drugog svjetskog rata korišteno je više energije nego kroz cijelo povijesno razdoblje prije toga, i stalno se dalje povećava. Nema ni jedne zemlje u svijetu, pa ni među najrazvijenijima, u kojoj se pojavilo zasićenje u potrošnji energije. Ali ne samo to, nema ni jedne zemlje u kojoj se ne računa s daljnjim dugogodišnje eksponencijalnim porastom korištenja energije. Procjene stope godišnjeg porasta kreću se između 4 i 7% (razdoblje udvostručenja između 10 i 17 godina). To je posljedica porasta broja stanovnika, porasta industrijske proizvodnje i prometa, te porasta životnog standarda.

Takav porast korištenja energije, pogotovo kad se radi o eksponencijalnom porastu, nužno dovodi do problema granica tog porasta. Korištenje energije u osnovi je ograničeno trima faktorima:

— rezervama primarnih oblika energije,
— neposrednom štetom u ekološkom smislu zbog zagrijavanja
— posrednom štetom u ekološkom smislu zbog onečišćenja zraka, vode i zemljišta.

Štete su u ekološkom smislu ovisne o načinu opskrbe energijom, a način opskrbe energijom ovisi o raspoloživim rezervama primarnih oblika energije i o njihovom korištenju.

Zbog toga je korisno najprije razmotriti mogućnosti zadovoljenja energetskih potreba, a tek onda mogućnosti za eliminiranje, odnosno smanjenje šteta u ekološkom smislu. Pri tom ćemo se ograničiti samo na područje Jugoslavije, jer nas situacija u nas u prvom redu zanima.

Promatrajući razvitak proizvodnje i korištenje oblika energije u Jugoslaviji u neposrednoj prošlosti, konstatirat ćemo:

— da je proizvodnja oblika energije od 1950. do 1970. godine više nego utrostručena (indeks 100 u 1950, a indeks 308 u 1970. godini),

— da je korištenje oblika energije u istom razdoblju skoro učetvorostručeno (indeks 100 u 1950, a indeks 390 u 1970. godini).

To znači, da je korištenje energije brže raslo od proizvodnje, odnosno, da je opskrbljenost iz vlastitih izvora postajala sve manja. U 1950. godini 92% potreba pokriveno je vlastitim izvorima, a u 1970. g. samo 73%. Najveći dio uvoza otpada na naftu, dok je ostatak uglavnom ugljen za koksiranje, jer naši ugljeni nisu pogodni za proizvodnju metalurškog koksa.

Za posljednjih dvadeset godina ostvaren je prosječni godišnji porast korištenja energije od oko 7%, što približno odgovara udvostručenju u 10 godina. U tom dvadesetogodišnjem razdoblju znatno je izmijenjena struktura korištenih oblika energije. Udio ugljena pao je od 88,4% na 56,1%, dok je udio nafte porastao od 9,3% na 33,1%, zemnog plina od 0,4 na 4,4%, a vodnih snaga od 2,0 na 6,4%. Prema tome od dominantnog položaja ugljena u godinama nakon oslobođenja, kad je ugljen iznosio skoro 90% od ukupne potrošnje, kroz dvadeset godina je udio ugljena pao na nešto više od 50% s tendencijom daljeg opadanja. Suprotno tome nafta postaje sve važniji oblik energije, jer je njezin udio porastao od 1/10 na 1/3 ukupne potrošnje.

Rezerve ugljena u Jugoslaviji su znatne, ali je struktura našeg ugljena s obzirom na kvalitetu

* Referat održan na II zasjedanju Jugoslavenskog savjeta za zaštitu i unapređenje čovjekove okoline, Beograd, 1. 3. 1974. 1974.

vrlo nepovoljna, jer nešto više od 90% svih rezervi otpada na lignit s prosječnom ogrjevnom moći od 2000 kcal/kg. Ukupne rezerve ugljena iznose oko $18{,}0 \cdot 10^9$ tona. U te rezerve uključene su vidljive (A rezerve), dokazane (B rezerve) i vjerojatne (C) rezerve. Među C rezervama obično se razlikuju sigurnije (C1) i manje sigurne (C2) rezerve. Prema dosadašnjim procjenama nešto manje od polovine svih rezervi klasificirano je u A, B i C1 rezerve, dok se ostatak ubraja u C2 rezerve. Kada se uzme u obzir da se oko 70% rezervi može iskoristiti, jer će dio ugljena ostati u nalazištima, i kad se tako određene eksploatacione rezerve preračunaju u ekvivalentni ugljen (ogrjevna moć 7000 kcal/kg), dolazi se do ukupnih eksploatacionih rezervi od $4{,}0 \cdot 10^9$ tona ekvivalentnog ugljena.

Ako se uzme u obzir 14 najvećih nalazišta (što predstavlja 95% svih rezervi), dolazi se do slijedeće geografske raspodjele rezerve ugljena:

Crna Gora	1,5%
Bosna i Hercegovina	20,6%
Hrvatska	0,9%
Slovenija	2,8%
Srbija	74,2%

od čega oko polovinu otpada na pokrajinu Kosovo, a oko polovinu na područje Uže Srbije.

Ovdje valja napomenuti, da je na četiri nalazišta koja se nalaze na relativno malom području (Kostolac, Kolubara, Kosovo i Metohija), koncentrirano, s obzirom na količinu ekvivalentnog ugljena, oko 72% svih rezervi ugljena Jugoslavije.

Potrošnja ugljena u Jugoslaviji iznosi posljednjih godina oko $26{,}5 \cdot 10^6$ tona. Za takav nivo potrošnje A, B i C1 rezerve dovoljne su za budućih 240 godina, dok su ukupne eksploatacione rezerve dovoljne za 480 godina. To su tzv. statičke rezerve koje se često navode, a koje, kako ćemo vidjeti, dovode do pogrešnih zaključaka, jer se radi o trajanju rezervi uz pretpostavku da potrošnja ostaje na današnjoj razini.

Pokušajmo stoga sagledati budućnost na temelju jednostavnih pretpostavki. Tom sagledavanju nije svrha donošenje odluka, već samo ukazivanje na ono što je moguće da se dogodi.

Pretpostavimo, najprije, da će potrošnja ugljena u domaćinstvima i industriji stagnirati (2 odnosno 4 milijuna tona godišnje).

Zatim, da će se sve veći dio električne energije proizvoditi u termoelektranama izgaranjem ugljena, te da će proizvodnja električne energije u termoelektranama rasti sa stopom od 7,2% godišnje, što odgovara udvostručenju kroz 10 godina. Ovdje valja napomenuti da je od 1955. do 1965. godine ostvaren porast potrošnje električne energije od 13% godišnje, a da će od 1965. do 1975. taj porast biti najmanje 11% godišnje.

Osim toga je računato da će u 1980. godini započeti proizvodnja plina rasplinjavanjem ugljena, i da će u kasnijim godinama proizvodnja takvog plina rasti po stopi od 10% godišnje. Takav porast predviđen je zbog supstitucije zemnog plina i derivata nafte u kućanstvima i industriji.

Ako se uz navedene pretpostavke odredi potrošnja za svaku godinu u budućnosti, dolazi se do podataka o postupnom smanjenju rezervi, pa i do slijedećih zaključaka:

— sve A, B i C1 rezerve bit će iscrpljene kroz slijedećih 39 godina,

— sve eksploatacione rezerve (dakle i C2 rezerve) bit će iscrpljene kroz slijedećih 47 godina.

Tako provedena računica, međutim, ne odgovara stvarnosti, jer se prema takvom načinu proračuna pretpostavlja da će se povećavati proizvodni kapaciteti rudnika, elektrana i uređaja za rasplinjavanje ugljena, sve dok postoje i male rezerve ugljena. To praktički znači, da će u 47. godini od danas sve termoelektrane i sva postrojenja za rasplinjavanje biti napušteni, a neki od njih su bili izgrađeni prije deset, pa i manje godina. Nitko razuman, međutim, ne bi vodio takvu politiku izgradnje.

Valja prema tome utvrditi trajanje zaliha uz pretpostavku da će i posljednje izgrađeno postrojenje još moći biti u pogonu 30 godina, koliko normalno traje životni vijek takvih postrojenja.

Ako na taj način provedemo proračun, dolazimo do slijedećih rezultata:

— uzevši u obzir A, B i C1 rezerve, posljednje postrojenje će se moći izgraditi u 23. godini od danas,

— a ako se uzmu u obzir sve eksploatacione rezerve (dakle i C2 rezerve) posljednje postrojenje moći će se izgraditi u 32. godini od danas.

To znači da će se rezervama ugljena moći pratiti pretpostavljeni porast potrošnje kroz 23, odnosno 32 godine, ali i da će se izgrađena postrojenja moći koristiti kroz 30 daljnjih godina, naravno bez daljnjeg povećanja potrošnje.

Valja naglasiti da pri određivanju trajanja rezervi ugljena nije uzeta u obzir potrošnja ugljena za kemijsku preradu (karbokemija), jer je danas nemoguće ocijeniti takvu potrošnju. Ako se pojave veće potrebe ugljena za kemjisku preradu, trajanje rezervi još će se skratiti.

Pri razmatranju korištenja rezervi ugljena, kakvo je prikazano, nije se uzeo u obzir geografski raspored rezervi, jer se, kako je već spomenuto, oko 72% rezervi nalazi na relativno malom području Uže Srbije i Kosova. Ta će činjenica dovesti do usporenog tempa korištenja ugljena, jer postoje i tehničke i ekonomske granice prijevoza oblika energije. To će dovesti i do potrebe korištenja drugih oblika energije u područjima s malim rezervama ugljena, a koja su najviše udaljena od od glavnih nalazišta.

Prema do sada izvršenim procjenama geološke rezerve nafte iznose oko $750 \cdot 10^6$ tona, dok su iskoristive količine procijenjene na oko $220 \cdot 10^6$ tona, uključujući sva potencijalna područja u Jugoslaviji, dakle, i područje Jadrana.

Prema dosadašnjem iskustvu, uz intenzitet bušenja od 80.000 m godišnje, dolazi se do prirasta iskoristivih rezervi od oko $3{,}2 \cdot 10^6$ tona nafte. Ako uzmemo u obzir danas utvrđene iskoristive rezerve od oko $80 \cdot 10^6$ tona, ako računamo s prirastom od $3{,}2 \cdot 10^6$ tona godišnje, i s postupnim porastom korištenja od današnjih $3 \cdot 10^6$ tona na $6{,}3 \cdot 10^6$ tona u 1978. godini, kada će, prema pretpostavci, nastupiti stabilizacija proizvodnje, moći ćemo konstatirati da će na kraju 1980. godine ostati iskoristivih rezervi oko $87 \cdot 10^6$ tona, a da smo od 1967. do 1980. potrošili oko $61 \cdot 10^6$ tona. Prema tome rezerve u 1980. godini bile bi dovoljne za slijedećih 14 godina, ali uz uvjet da proizvodnja ostane na razini 1978. godine. Kad računamo s daljnjim bušenjima i s istim prirastom iskoristivih rezervi, sve bi se rezerve iscrpile za još daljnjih 27 godina. Naravno, to vrijedi samo u slučaju stagnante proizvodnje od $6{,}3 \cdot 10^6$ tona godišnje.

Međutim, ukupna potrošnja nafte u Jugoslaviji bit će mnogo veća od vlastite proizvodnje, pa će u 1980. godini biti potrebno uvesti 2/3, a 1985. godine 4/5 od potrebne količine nafte.

Kako će se u nešto daljoj budućnosti razvijati potrošnje nafte u svijetu i u nas, teško je danas kazati, jer će se sigurno tražiti za pogon automobila takva rješenja koja će smanjiti negativan utjecaj na okolinu i koja će takvu vrstu prijevoza učiniti manje ovisnom o derivatima nafte. Na iznalaženje i primjenu novih rješenja u cestovnom prometu imat će sigurno znatan utjecaj i povećanje cijena sirove nafte.

Prema današnjim procjenama iskoristive rezerve zemnog plina iznose oko $90 \cdot 10^9$ nm³.

Ako danas računamo samo s rezervama u sjevernom dijelu zemlje, i postavimo kao kriterij da se tempo korištenja prilagodi zahtjevu prema kojem se rezerve ne smiju iscrpsti u roku kraćem od 30 godina, kako bi se isplatila postrojenja za transport i korištenje plina, dolazimo do godišnje proizvodnje od $2{,}3 \cdot 10^9$ nm³ zemnog plina. To je manje nego dvostruko od današnje godišnje potrošnje. Prema tome u budućnosti može doći najviše do udvostručenja potrošnje zemnog plina. To međutim ne predstavlja neku znatniju količinu energije u odnosu na ukupne potrebe, jer danas zemni plin sudjeluje u opskrbi energijom samo sa nešto manje od 5%.

Osim toga zemni plin bi mogao u neposrednoj budućnosti odigrati veću ulogu nego što odgovara vlastitim rezervama, bez obzira na eventualno otkriće znatnijih količina zemnog plina u Jadranu. Danas, naime, zemni plin postaje sve više predmet međunarodne trgovine. Grade se veliki plinovodi plina iz nalazišta u SSSR-u u zemlje istočne i zapadne Evrope. Nizozemska izvozi godišnje više od $20 \cdot 10^9$ nm³ zemnog plina, zemni plin u tekućem stanju izvozi se iz Libije i Alžira posebnim brodovima u Vel. Britaniju, Francusku i Italiju.

Priključkom na evropsku plinovodnu mrežu koja prolazi u blizini naših granica, i uvozom ukapljenog zemnog plina iz Sjeverne Afrike, bilo bi moguće znatno povećati potrošnju zemnog plina u nas.

Pri razmatranju korištenja zemnog plina, ne smije se zanemariti mogućnost dobivanja sintetičkog zemnog plina iz ugljena, jer se na taj način mogu i nakon smanjenja vlastite proizvodnje, ili uvoza, dalje koristiti plinovodne mreže i postrojenja.

Moguća godišnja proizvodnja svih mogućih hidroelektrana u Jugoslaviji iznosi $66 \cdot 10^9$ kWh. Dosad su izgrađene hidroelektrane s prosječnom godišnjom proizvodnjom od oko $23 \cdot 10^9$ kWh, dakle 35% od mogućih hidroelekrana.

Od preostalih $43 \cdot 10^9$ kWh dio vjerojatno neće biti nikada izgrađen. Izgradnja nekih od tih hidroelektrana zahtijevala bi, naime, tolike troškove da njihova izgradnja ni u kakvim energetskim prilikama ne bi bila opravdana. Drugi dio još neizgrađenih hidroelektrana neće biti izgrađen, jer njihova izgradnja traži potapanje znatnih površina plodnog zemljišta. Može se ocijeniti da će 80% svih vodnih snaga Jugoslavije biti iskorišteno, a to je oko $53 \cdot 10^9$ kWh. Prema tome, cstaje neiskorišteno oko $30 \cdot 10^9$ kWh. Ako bi se za osiguranje opskrbe električnom energijom u slijedećem razdoblju gradile samo hidroelektrane, preostale vodne snage Jugoslavije bi bile potpuno iskorištene kroz slijedećih 6 do 7 godina.

Dosad utvrđene rezerve urana iznose samo oko 6000 tona uranovog oksida, a ako tome dodamo još predvidive rezerve, dolazi se do 10000 tona. Uzevši u obzir još i potencijalne mogućnosti našeg područja, dolazi se do ukupnih potencijalnih rezervi od oko 37.000 tona uranovog oksida.

U usporedbi sa svjetskim rezervama urana, Jugoslavija ne spada u zemlje bogate uranom.

Današnji način korištenja urana kao nuklearnog goriva u tzv. termalnim reaktorima omogućuje iskorištenje do 1% nuklearne energije. Stoga rezerve urana od 10.000 tona predstavljaju u pogledu rezerve energije samo 4% od ukupnih rezervi energije u ugljenu, nafti i zemnom plinu, odnosno oko 15%, ako računamo sa svim potencijalnim rezervama urana.

Kad bi se ostalo na današnjem načinu korištenja nuklearne energije, ona ne bi predstavljala onaj oblik energije koji bi mogao osigurati buduću opskrbu energijom. Stoga je budućnost nuklearne energetike u ostvarenju tzv. oplodnih reaktora, u kojima će se moći skoro u potpunosti iskoristiti energija nuklearnih goriva. To znači, da će se iz rezervi urana moći dobiti i 100 puta više energije nego u današnjim termalnim reaktorima. Budući da će u oplodnim reaktorima biti iskorištena ukupna energija urana, cijene urana će vrlo malo utjecati na proizvodnu cijenu energije, pa se može računati da će biti ekonomično koristiti uran i iz vrlo siromašnih rudača. Prema tome, naše rezerve urana predstavljaju energiju koja je i 15 puta veća od energije akumulirane u ugljenu, nafti i zemnom plinu.

Valja ovdje naglasiti, da uran korišten u današnjim termalnim reaktorima stvara polazno gorivo (plutonij) za buduće oplodne reaktore, pa se smatra da je izgradnja termalnih reaktora najekonomičniji put za pripremu potrebnog polaznog goriva za oplodne reaktore.

Rezerve energetskih izvora u Jugoslaviji nisu dakle, tako velike da bi ih danas mogli koristiti bez obzira na daljnu budućnost. Sigurno je, naime, da će potrebe za energijom kroz dugo razdoblje u budućnosti stalno rasti. O raspoloživim količinama energije ovisi danas razvitak proizvodnje dobara i standarda stanovništva, pa je sigurno opravdano punu pažnju posvetiti sigurnosti opskrbe energijom, ali vodeći računa i o zaštiti okoline i o ekonomičnosti.

Kao što je naglašeno u početku, osim ograničenosti rezerve primarnih oblika energije, mogu se pojaviti ograničenja korištenja energije zbog šteta u ekološkom smislu, zbog zagrijavanja okoline.

Svi primarni oblici energije neovisno o tome na koji su način transformirani u druge oblike energije i neovisno o konačnom načinu korištenja pretvaraju se u toplinu koja se predaje okolini. Termičko opterećenje vodotoka rashladnom vodom iz termoelektrana samo je dio tog problema. Samo korištenje vodnih snaga, energije vjetra, energije vrućih izvora i sunčeve energije ne dovodi, globalno promatrano, do povećanja termičkog opterećenja, ali to ne znači da njihovo korištenje neće izazvati lokalna zagrijavanja na mjestima konačnog korištenja.

Promatrajući svijet u cjelini, dodatna toplina koja nastaje korištenjem svih primarnih oblika energije na današnjoj razini iznosi tek 0,07% od energije sunca koja godišnje dopire do površine zemlje. To, naravno, ne može utjecati na klimatske prilike na zemlji.

Suprotno tome gradovi predstavljaju znatnu koncentraciju postrojenja za transformacije oblika energije, u kojima se svi gubici pojavljuju u obliku topline, i koji predstavljaju još veću koncentraciju korisnika energije u svim oblicima.

Budući da do danas nemamo analizu za naše gradove, pokušajmo ilustrirati stanje na primjeru Münchena, za koji su dostupni potrebni podaci. Na površini od 310 km^2 u 1969. godini korišteno je energije oko $28000 \cdot 10^9$ kcal, od čega je $24000 \cdot 10^9$ kcal predano zraku, a ostatak je preuzela rashladna voda ili je ostalo kao latentni gubitak izgaranja, ugljični monoksid, ugljikovodici, čađ ili neizgoreno u pepelu). Tolika količina topline odgovara toplinskom opterećenju od 10 kcal po m^2 i satu, a to je 17% od prosječne godišnje dozračne topline sunca na površinu zemlje. U sedam mjeseci grijanja termičko opterećenje naraste na 12,5 $kcal/m^2h$, a u ostalih 5 mjeseci iznosi 8,6 $kcal/m^2h$. Termičko je opterećenje, dakle, u suprotnom godišnjem ritmu od sunčane dozračene topline, što utječe na lokalne klimatske prilike, pogotovo zimi.

Kakav će utjecaj na mikroklimu imati daljnje povećanje korištenja energije teško je reći, ali je sigurno, da će se stvoriti toplinski otoci koji će izazvati znatne lokalne klimatske promjene sa znatnim vertikalnim strujanjem, povećanom naoblakom i povećanim oborinama.

Sniženje termičkog opterećenja okoline u gradovima moguće je, što je na prvi pogled evidentno, dislokacijom energetskih i industrijskih postrojenja koja koriste velike količine energije, u području s malom gustoćom stanovništva. Ali i uz takve mjere ostaje u gradovima velika potrošnja energije. Tako se, da ostanemo na primjeru Münchena, za grijanje prostorija koristi $13.700 \cdot 10^9$ kcal, odnosno 49% od ukupno korištene energije. Interesantno je napomenuti da se za opskrbu pitkom vodom koristi $1200 \cdot 10^9$ kcal, odnosno 4,3% od ukupno korištene energije.

Veći je dio tog termičkog opterećenja posljedica energetskih gubitaka, jer se može ocijeniti da kod malih potrošača gubici iznose 55%, u industriji 45%, a u prometu čak 80% od energije dovedene potrošačima. U te gubitke nisu, dakle, uključeni gubici i vlastiti potrošak energetskih transformacija (elektrane, rafinerije i sl.). Naravno, da je utopija da se može ostvariti korištenje energije bez gubitaka. Sigurno je međutim, da je moguće poboljšanom tehnologijom smanjiti potrebnu količinu korisne energije, da se u mnogim slučajevima proizvodi korisna energija bez prave potrebe, da se ne koriste sve mogućnosti korištenja energije, a pogotovo tzv. otpadne topline, te da korisni efekt nije u skladu s upotrebljenom energijom (to naročito vrijedi za individualna prometna sredstva), itd.

Zagrijavanje prostorija je tipičan primjer. Način građenja, a pogotovo toplinska izolacija zgrada, ne uzima u obzir energetske zahtjeve. Pomanjkanje odgovarajućih regulacijskih sistema za centralna grijanja i grijanja iz toplana (praktički preostaje regulacija otvaranjem prozora), nezadovoljavajući sistemi grijanja i obračuna dovode do razbacivanja energije. Sa stanovišta toplinskog opterećenja okoline, za grijanje prostorija u gradovima najpovoljnija je upotreba električne energije, jer se sva dovedena energija pretvara u toplinu bez gubitaka, naravno uz pretpostavku da se elektrane nalaze izvan područja gradova. Takav način grijanja prostorija traži, međutim, visoka ulaganja, dok upotreba akumulacionih peći zahtijeva povećane količine energije zbog potrebnih dodatnih količina energije, jer se peći zagrijavanju tokom noći.

Dosad se težilo, da se za svaki slučaj pronađe optimalno rješenje, ali danas je potrebno postaviti pitanje, nije li moguće naći neko ukupno optimalno rješenje. Navedimo samo primjer iz svakidašnje prakse. Iz stroja za pranje rublja ispumpava se vrela voda da bi se uz dodatak hladne pitke vode (zbog zaštite cijevi za odvod vode) odvela u kanalizaciju. Radi se o količini topline, koja se predaje okolini, a ona je skoro dovoljna da pokrije sve potrebe za toplom vodom u domaćinstvu. Naravno,

za to je potrebno pronaći adekvatna tehnička rješenja. Mnogo takvih mogućnosti postoji u industriji i u drugim djelatnostima.

Danas se takve mogućnosti koriste samo u malom broju slučajeva i to u prvom redu zbog toga, jer se u ekonomskim računima ne vrednuje zaštita okoline.

Poseban problem predstavlja odavanje topline iz kondenzatora termoelektrana, ali ta toplina ne utječe na opterećenje okoline toplinom u gradovima. Svakako je najekonomičnije sa stajališta termoelektrane, za hlađenje kondenzatora upotrijebiti uvijek svježu vodu (povratno hlađenje) s tim da se ista količina ponovno vraća u vodotok, jezero ili more, ali s povišenom temperaturom obično za 8 do 10°C. Takvim hlađenjem kondenzatora postiže se najbolje moguće iskorištenje goriva uz najniže potrebne investicije. Potrebna količina vode iznosi između 115 i 150 l/kWh (ovisno o parametrima pare) za konvencionalne termoelektrane, a oko 180 l/kWh za nuklearne termoelektrane. To odgovara protoku od 32 do 42 m^3/s za 1000 MW u konvencionalnim, odnosno protoku od 50 m^3/s za 1000 MW u nuklearnim termoelektranama. Ovdje valja naglasiti, da je neophodno da se osigura potrebna voda za hlađenje kondenzatora i u doba najmanjih voda, jer je baš i najveća proizvodnja termoelektrana potrebna kad su protoci u rijekama najniži. S obzirom na potrebne količine vode za protočno hlađenje ne postoje u Jugoslaviji velike mogućnosti za izgradnju termoelektrana velikih snaga s protočnim hlađenjem (a u budućnosti će se praktički graditi samo takve termoelektrane).

Međutim, ta je mogućnost izgradnje još više ograničena, jer povišenje temperature vode dovodi do smanjenja topivosti kisika u vodi, a baš je sadržaj kisika uvjet za održanje života u vodotocima. U nekim industrijaliziranim zemljama danas se uopće ne dopušta primjena protočnog hlađenja kondenzatora termoelektrana, a negdje su postavljene oštre granice za korištenje vode za protočno hlađenje. Tako je u Švicarskoj propisano:

a) temperatura rashladne vode na izlazu iz kondenzatora ne smije imati temperaturu višu od 30°C, a u posebnim slučajevima najviše 35°C,

b) povišenje temperature vode u vodotoku ne smije nakon potpunog miješanja biti veća od 3°C,

c) najviša temperatura vode nakon potpunog miješanja ne smije prijeći gornju granicu od 25°C (pri tome se ne može računati s naknadnim hlađenjem vode unutar granica Švicarske),

d) navedeni zahtjevi vrijede i za čiste i za onečišćene vode, dok se za znatno onečišćene vode moraju navedeni zahtjevi još pooštriti.

Prihvaćanje takvih, ili sličnih ograničenja, znatno sužava mogućnost primjene protočnog hlađenja pogotovo kad se uzme u obzir zagrijavanje u gornjem dijelu vodotoka. Nizvodno sniženje temperature vode naime sigurno neće biti znatno, jer su razlike između temperature vode i okolnog zraka malene.

Zbog svega toga danas se sve više koristi postupak povratnog hlađenja, u kojem se rashladna voda hladi djelomičnim isparavanjem. Na taj se način potrebna količina vode smanjuje na 3 do 5% od potrebne vode za protočno hlađenje. Korištena voda ne vraća se u vodotok, pa ne utječe na povišenje temperature vode, već se pojavljuje u obliku pare iznad rashladnih tornjeva. Povratno hlađenje traži izgradnju rashladnih tornjeva koji dosižu velike dimenzije. Tako je, na primjer, za nuklearnu elektranu snage 1300 MW potreban rashladni toranj visine 170 m i promjera 120 m u osnovici. Izgradnja rashladnih tornjeva utječe na klimatske prilike u neposrednoj okolini, kao i na zaleđivanje tokom zime. Dalje, upotrebom povratnog hlađenja postiže se nepovoljniji stupanj djelovanja termoelektrane, jer je temperatura tako ohlađene vode viša od temperature vode iz vodotoka. Negativna strana povratnog hlađenja je osim toga i povećanje potrebnih investicija.

U mnogo slučajeva, a pogotovo u rudnicima ugljena, nužno je primijeniti povratno hlađenje, jer u blizini nema većih vodotoka. Bilo bi korisno proučiti prilike na većim rijekama u nas, i odrediti potencijalne lokacije novih termoelektrana uvažavajući ekološke odnose dopuštene maksimalne temperature i dopušteno povišenje temperature, te utjecaj uzvodnih postojećih ili potencijalnih termoelektrana. Pri tom bi, čini mi se, bilo pogodno uzeti u obzir kombinaciju protočnog (za vrijeme većih protoka) i povratnog hlađenja (za vrijeme malih protoka), jer bi se na taj način smanjili negativni utjecaji povratnog hlađenja na užu okolinu, protočnog hlađenja na vodotoke, ali i smanjila potrošnja goriva u termoelektranama zbog djelomičnog protočnog hlađenja.

Prilikom razmatranja mogućnosti termičkog opterećenja vodovoka nužno je uzeti u obzir već postojeće onečišćenje voda i analizirati nije li povoljnije naknadno ugraditi uređaje za pročišćavanje otpadnih voda nego potpuno spriječiti, ili znatno ograničiti, protočno hlađenje termoelektrana.

Konačno, postoji tehnička mogućnost zračnog hlađenja rashladne vode iz termolektrana. Takvi uređaji, međutim, imaju znatno veće dimenzije od »vlažnih« rashladnih tornjeva, jer su potrebne količine zraka vrlo velike, a osim toga je temperatura ohlađene vode još viša. Takav način hlađenja traži još veće investicije i još veći potrošak goriva, ali nema drugog djelovanja na okolinu osim ugrijavanja zraka. Zračno hlađenje do danas je izvedeno za termoelektrane snage do 250 MW, pa je potreban još daljnji rad na razvoju, da bi se došlo do povoljnih rješenja za elektrane još većih snaga.

Osim toga postoji mogućnost korištenja morske vode za hlađenje kondenzatora parnih turbina, naravno za termoelektrane izgrađene uz morsku obalu. U sklopu proučavanja termičkog opterećenja okoline bilo bi potrebno utvrditi da li su i za ta-

kva postrojenja potrebna odraničenja s obzirom na povišenje temperature, koje su lokacije pogodne s obzirom na pojave morskih struja, itd. Valja napomenuti, da se već danas pojavljuju termoelektrane izgrađene na platformama udaljenim od obale e da bi se spriječilo zagrijavanje morske vode uz obalu.

Sve navedeno odnosi se na termoelektrane s kondenzacionim parnim turbinama, koje će u budućnosti predstavljati najveći dio kapaciteta za proizvodnju električne energije.

Znatno je jednostavniji problem odvođenja otpadne topline, kada se kao pogonski strojevi u elektranama upotrijebe plinske turbine s otvorenim procesom. Najveći dio otpadne topline pojavljuje se tada u obliku plinova izgaranja koji se odvode u atmosferu, dok je rashladna voda u maloj količini potrebna samo za hlađenje zraka između dva stupnja kompresije. Upotreba takvih turbina danas je vrlo ograničena, jer je za njezin pogon potreban ili zemni plin ili derivati nafte koji ne sadržavaju ni pepela ni sumpora.

Poteškoće s odvođenjem topline iz termoelektrana dovode na pomisao da bi bilo korisno graditi toplane iz kojih se izlazna toplina može iskoristiti, kao toplina za niskotemperaturne procese u industriji, za grijanje prostorija i za pripremu tople vode. Takva toplina, međutim, mora imati određenu kvalitetu. Nije, naime, moguće u tu svrhu upotrijebiti rashladnu vodu iz kondenzatora zbog njezine niske temperature (red veličine jednak temperaturi okolnog zraka). Da bi se na izlazu iz turbine postigle više temperature, koristi se tzv. protutlačni pogon, ali u tom slučaju postoji vremenska ovisnost između proizvodnje električne energije i topline koja se može koristiti. To znači, da bez korištenja topline nema ni proizvodnje električne energije. Budući da je toplina za grijanje prostorija potrebna samo u zimskim mjesecima, potreban je dodatni kondenzacioni dio, koji će omogućiti proizvodnju električne energije u prelaznim i ljetnim mjesecima. Na taj se način eliminira kruta ovisnost proizvodnje električne energije i potrošnje topline. Osim toga, domet transporta topline (u obliku vodene pare ili vrele vode) ograničen je samo na nekoliko kilometara, pa je nužno toplane što više približiti centrima toplinskog konzuma, dakle, unutar gusto naseljenog područja, uvaživši pri tom da mogu toplinom opskrbljivati relativno malo područje, pa će zbog toga takva postrojenja imati i relativno male snage. Takva toplana za svoj kondenzacioni pogon nužno će tražiti protočno hlađenje, jer je nezamislivo da bi se u gusto naseljenim područjima gradili rashladni tornjevi. Zbog svega toga čini se da ne treba očekivati da će u budućnosti toplane igrati neku znatniju ulogu u ukupnoj proizvodnji električne energije. Vjerojatno će biti u mnogo slučajeva pogodnije, i s obzirom na ekonomičnost i s obzirom na zaštitu okoline, opskrbu toplinom povjeriti kotlovnicama (bez proizvodnje električne energije), a proizvodnju električne energije velikim kondenzacionim termoelektranama.

Onečišćenju zraka osim pojedinih industrijskih grana najviše pridonosi korištenje energije i to termoelektrane, industrijska ložišta u domaćinstvima, te prometna sredstva. Na onečišćenje zraka najviše utječu pepeo i čađ, sumporni dioksid, dušični dioksid i ugljični monoksid.

Ako promatramo samo energetska postrojenja, pojavu pepela i čađi uzrokuju ložišta u termoelektranama, u industriji i u domaćinstvima. Ložišta u termoelektranama najveći su potencijalni proizvođači pepela, jer danas sve termoelektrane lože ugljenu prašinu, tj. koriste ugljen s visokim postotkom pepela. Radi ilustracije o kojim se količinama pepela radi, navedimo primjer termoelektrane snage 1000 MW (što će u neposrednoj budućnosti biti ostvareno u nekoliko velikih rudnika), koja koristi lignit s 25% pepela. Količina pepela koju će »proizvoditi« takva termoelektrana iznosit će godišnje oko $1{,}25 \cdot 10^6$ tona pepela, od čega se najveći dio može pojaviti u plinovima izgaranja koji se odvode u dimnjak.

Danas se može smatrati, da je problem otprašivanja plinova izgaranja iz velikih ložišta tehnički riješen. Pomoću elektrostatskih filtera moguće je zadržati i do 99,5% pepela. Naravno da je to povezano s povećanjem investicija, koje su to veće što je postotak otprašivanja veći. Ako kao bazu za usporedbu uzmemo troškove s postotkom otprašivanja od 90%, dvostruke troškove trošit će postotak otprašivanja od 99%, a četverostruke postotak od 99,5%.

Mala ložišta u domaćinstvima, pogotovo ako su slabo konstruirana i neodržavana, i kad kao gorivo koriste loživo ulje, postaju proizvođači čađi i neizgorenih dijelova ulja. Nema praktičnih efikasnih rješenja kojima bi se ta vrsta onečišćenja mogla eliminirati bez promjene vrste goriva.

Poseban problem predstavlja pojava sumpornog dioksida u zraku, kao posljedica izgaranja sumpora u gorivu. Proizvodnja sumpornog dioksida ovisna je, dakle, o sadržaju sumpora u gorivu. Ako sa 1 označimo sadržaj sumpora u 10^6 kcal topline u zemnom plinu, moći ćemo utvrditi da benzin ima oko 100 jedinica sumpora, ekstra lako loživo ulje 1000 jedinica, teško loživo ulje oko 3000 jedinica, a u prosjeku isto toliko ugljen. Prema tome, glavni uzročnici pojave sumpornog dioksida su loživo ulje i ugljen.

S obzirom na zaštitu okoline bilo bi najjednostavnije odstraniti sumpor iz samog goriva prije upotrebe. Ne postoji međutim ni jedan postupak za odstranjivanje sumpora iz ugljena, dok su postupci za smanjenje sadržaja sumpora u sirovoj nafti i u derivatima nafte vrlo komplicirani i skupi. Preostaje praktički samo postupak pročišćavanja plinova izgaranja nakon što je sumpor prešao u sumporni dioksid. Budući da ta tehnika još nije dovoljno razvijena, danas se nastoji smanjiti koncentracija sumpornog dioksida u blizini velikih

ložišta izgradnjom visokih dimnjaka (i do visine od 250 m). Prilikom izgradnje jedne termoelektrane snage 600 MW projektiran je dimnjak visine 400 metara, koji bi imao u bazi promjer 32, a na vrhu promjer 10 m. Troškovi izgradnje takvog dimnjaka iznosili bi oko $420 \cdot 10^6$ d ili više od 1/5 ukupnih investicija za elektranu. U nekim slučajevima, prilikom izdavanja dozvole za gradnju termoelektrana koje koriste loživo ulje, propisuje se upotreba loživog ulja s manjim sadržajem sumpora u slučaju nepovoljnih vremenskih prilika (inverzija temperature zraka). Tada je potrebno imati stalno na skladištu potrebne količine takvog loživog ulja.

Do sada je poznato oko 50 postupaka za odstranjivanje sumpornog dioksida iz plinova izgaranja, ali nijedan nije dostigao takav stupanj razvitka da bi bio osposobljen za praktičnu upotrebu. Izgrađeno je više eksperimentalnih postrojenja. Danas se ocjenjuje da će neki od tih postupaka za nekoliko godina biti spremni za praktičku primjenu, i da će biti sposobni da odstrane 90% sumpornog dioksida iz plinova izgaranja. Prema današnjim procjenama potrebne investicije iznosit će 10 do 15% od potrebnih investicija za termoelektranu, dok će se pogonski troškovi kretati između 25 i 70 d po toni ugljena ovisno o prihvaćenom postupku i o instaliranoj snazi termoelektrane. Valja naglasiti da su svi postupci za odstranjivanje sumpornog dioksida prilagođeni velikim postrojenjima, jer se stvarno radi o kemijskim tvornicama. Stoga danas nema tehničkog rješenja za odstranjenje sumpornog dioksida proizvedenog u malim ložištima, a pogotovo u ložištima domaćinstava.

Dušični dioksid nastaje pri izgaranju, s jedne strane od dušika koji se nalazi u gorivu, a s druge strane od dušika iz zraka. Količina dušičnog dioksida raste s povišenjem temperature i s povećanjem pretička zraka. Najveće količine dušičnog dioksida nastaju pri izgaranju ugljena (potreban relativno veliki pretičak zraka) i u motorima s unutrašnjim izgaranjem (visoke temperature). Međutim utjecaj dušičnog dioksida na okolinu je različit, jer se plinovi izgaranja ispuštaju kroz dimnjake, a iz velikih ložišta i kroz vrlo visoke dimnjake, pa se na taj način znatno smanjuje koncentracija, dok se dušični dioksid iz motornih vozila ispušta neposredno među prolaznike.

Za odstranjivanje dušičnog dioksida nema danas razvijenih postupaka, ali se smatra da je visina dimnjaka koja je dovoljna za raspršivanje sumpornog dioksida i više nego dovoljna za raspršavanje dušičnog dioksida. Zbog toga se ne smije računati da će se moći eliminirati izgradnja visokih dimnjaka, kad se uvede odstranjivanje sumpornog dioksida iz plinova izgaranja.

Ugljični monoksid se praktički ne pojavljuje u plinovima izgaranja iz ložišta, bilo da se radi o velikim ili o malim ložištima, jer gorivo izgara uz dovoljno visok pretičak zraka. Suprotno tome motori s unutrašnjim izgaranjem proizvode znatne količine ugljičnog monoksida zbog nepotpunog izgaranja. Interesantno je napomenuti da takav motor u praznom hodu (za vrijeme stajanja) proizvodi 3 puta više ugljičnog monoksida nego za vrijeme vožnje. Mjerenja u gradovima pokazuju da je koncentracija ugljičnog monoksida u ulicama za vrijeme maksimalnog prometa nekoliko puta veća nego za vrijeme slabog prometa.

Danas se pokušava naći rješenja za cestovni promet sa smanjenjem onečišćenja okoline. Prvi korak ka poboljšanju izgleda da će biti postignut ugradnjom uređaja za naknadno izgaranje i upotrebom benzina bez dodatka olova (dodatak olova je potreban za postizanje dovoljno visokog oktanskog broja). Prva mjera dovest će do poskupljenja motora s unutrašnjim izgaranjem, a druga do poskupljenja benzina. U nešto daljoj budućnosti valja očekivati nova tehnička rješenja za lokalni cestovni promet vjerojatno najprije na bazi električnih akumulatora, a zatim na bazi gorivih ćelija. Primjenu takvih rješenja, kojima se smanjuje upotreba derivata nafte, vjerojatno će se ubrzati stalna tendencija porasta cijena sirove nafte.

Sve analize pokazuju da će u budućnosti brže rasti potrošnja električne energije nego ukupno korištenje svih oblika energije. Taj porast će biti naročito znatan, ako dođe do upotrebe automobila na bazi električnih akumulatora. Na porast potrošnje električne energije utjecat će i korištenje nuklearne energije, jer je električna energija najpogodniji oblik u koji se može transformirati nuklearna energija. Transformacija u toplinsku energiju kao oblik energije koji se stavlja na raspolaganje potrošačima bio bi energetski i ekonomski vrlo povoljan kad ne bi postojalo ograničenje zbog malog transportnog dometa toplinske energije. Osim toga, nuklearne elektrane su već danas konkurentne termoelektranama koje koriste ugljen, pogotovo u slučaju kad se radi o ugljenu iz rudnika s jamskom eksploatacijom i kad se radi o područjima koja su udaljena od nalazišta.

Utjecaj na okolinu konvencionalnih i nuklearnih termoelektrana bitno je različit. Dok se izgaranjem goriva u konvencionalnim termoelektranama u okolini pojavljuju dioksidi ugljika, sumpora i dušika, te krute čestice u obliku pepela, nuklearne elektrane nisu uzročnici takvih onečišćenja okoline, ali su nuklearne elektrane potencijalni izvor radioaktivnih zračenja. S obzirom na toplinsko opterećenje okoline današnje su nuklearne elektrane nepovoljnije od konvencionalnih, jer je uz jednaku proizvodnju električne energije otpadna toplina u nuklearnim elektranama veća, budući da je zbog ograničene temperature u reaktorima stupanj djelovanja u nuklearnim elektranama slabiji.

Kako postoji vrlo nejasna predodžba o opasnosti zbog izgradnje nuklearnih elektrana, o ispuštanju tekućih i plinovitih radioaktivnih tvari iz nuklearnih elektrana, o odstranjivanju i uskladištenju krutih radioaktivnih tvari, te o riziku koji se pojavljuje, potrebno je nešto reći o da-

našnjem stanju zaštite okoline u vezi s izgradnjom nuklearnih elektrana.

Ne postoji opasnost od eksplozije nuklearnog reaktora, jer reaktor ima negativni temperaturni koeficijent, a to znači da s povišenjem temperature slabi raspadanje jezgara, pa se proces u reaktoru u slučaju pobjega sam od sebe obustavlja. Opasnost međutim postoji od zatrovanja okoline produktima raspadanja koji se stvaraju za vrijeme pogona. Da bi se dobila slika o redu veličine problema, izvršimo usporedbu proizvodnje klora s proizvodnjom izotopa stroncija u gorivim elementima reaktora. U reaktoru snage 600 MW proizvodi se godišnje oko 28 kg stroncija. S tom količinom moglo bi se zatrovati od $2000 \cdot 10^9$ m³ zraka, tako da bi jedan udisaj takvog zraka izazvao smrt. Da bi se ista količina zraka zatrovala klorom, do koncentracije s istim djelovanjem, potrebno je oko 6200 t klora. Godišnja svjetska produkcija klora iznosi danas oko $20 \cdot 10^6$ tona. Ta proizvodnja predstavlja dakle istu opasnost kao godišnja proizvodnja stroncija iz 3200 reaktora spomenute snage.

Osnovni problem sastoji se u sprečavanju prodora produkata raspadanja iz reaktora u svim pogonskim slučajevima (u normalnom pogonu, u slučaju kvarova i u slučaju velikih defekata). Valja odmah naglasiti, da manje od 5% svih produkata raspadanja u reaktoru ne ostaje u gorivu, dok ostatak više od 95% ostaje u samom gorivu. Prodoru produkata raspadanja postavljene su tri barijere, i to: a) zavarene nepropusne košuljice gorivih elemenata, b) zatvoreni krug rashladnog sredstva i c) radioaktivna zaštita (tzv. containment). Kad se uzmu u obzir faktori redukcije spomenutih barijera i uređaja, može se utvrditi da razlika između proizvodnje produkata raspadanja i prodora tih produkata u okolinu iznosi više od osam redova veličine, odnosno da taj omjer iznosi manje nego $1 : 10^{-8}$.

U reaktorskoj tehnici se prilikom projektiranja i izvedbe proračunavaju utjecaji u slučaju zakazivanja djelovanja pojedinih dijelova, analiziraju pojave pri različitim zamišljenim kvarovima, te se izvode uređaji kojima je jedini zadatak zaštita okoline u slučaju kvara, odnosno smanjenje djelovanja kvara na okolinu. To se postiže cijelim nizom specijalnih uređaja dvostrukih izvedaba rezervnim izvorima energije, itd.

Današnji tehnički postupci omogućuju i takav pogon nuklearnih elektrana bez ikakvog onečišćenja okoline plinovitim i tekućim radioaktivnim tvarima. Takav način izgradnje i pogona ne samo da je vrlo skup, nego je i bez svrhe, jer je prirodna radioaktivnost okoline mnogo puta veća od one koja se može očekivati neposredno uz nuklearnu elektranu. Opterećenje zračenjem danas iznosi između 180 i 350 milirema godišnje (ovisno o nadmorskoj visini, geološkom sastavu tla, učestalosti rentgenskih pregleda, itd.), dok prema vrlo kritičkim mišljenjima (kriterij Gofman-Templin) dopuštena doza zračenja u neposrednoj blizini nuklearne elektrane iznosi 17 milirema godišnje. Danas se nuklearno postrojenje projektira tako, da godišnje zračenje uz ogradu elektrane ne bude veće od 3 milirema, dok mjerenja na izvedenim postrojenjima pokazuju da stvarno zračenje ne prelazi godišnju dozu od 0,1 milirema.

Za otklanjanje krutih otpadaka odabiru se takvi postupci rukovanja i odlaganja, kojima je stanovništvo osigurano i danas i u budućnosti od radioaktivnog zračenja. Stoga se kruti ostaci pretvaraju u netopive oblike (utaljivanje u staklo, adsorpcija u silikatne minerale, ionska izmjena, miješanje sa cementom i asfaltom), zatvaraju u specijalne nepropusne posude, te se odlažu u posebno izgrađene prostore u koje ne može prodrijeti voda (podzemni rezervoari s dvostrukim zidovima s odvođenjem topline i automatskim javljanjem pojave propusnosti, kaverne u napuštenim rudnicima soli, i sl.). Pri izboru mjesta za odlaganje radioaktivnih otpadaka, uzimaju se u obzir seizmološke, hidrološke, geološke, meteorološke i hidrografske prilike.

U okviru projekta nuklearne elektrane analiziraju se kvarovi, pa se pomoću statističkih metoda i iskustvenih vrijednosti, a uz pretpostavku najtežeg vjerojatnog kvara, izračunavaju različiti rizici. Pokazuje se, da se rizici ne mogu potpuno isključiti. Ostaje, naime, neki preostali riziko za slučaj u visokom stupnju nevjerojatnog zakazivanja djelovanja sigurnosnih uređaja. Valja, naime, naglasiti, da je iluzija da se uz bilo kakvo tehničko rješenje može ostvariti stopostotna sigurnost.

Prema jednom proračunu, koji je načinjen za prilike u Zapadnoj Njemačkoj, broj oboljenih od raka na milijun stanovnika (oboljenja prouzrokovana prirodnim i medicinskim zračenjem, dodacima hrani, pušenjem i onečišćenjem zraka) iznosi 3254 godišnje, dok će se izgradnjom nuklearne elektrane broj oboljelih povećati za 0,090 odnosno za 0,0025%, što odgovara jednom oboljenju na 10 milijuna stanovnika.

Interesantni su rezultati proračuna o trajnom riziku u slučaju izgradnje nuklearne elektrane u središtu stambenog područja. Broj smrtnih slučajeva u godini na milijun stanovnika iznosi: 10000 od prirodnih bolesti, 250 od prometnih nesreća, 200 od samoubojstva, 20 od upotrebe električne energije, 3 djelovanjem konvencionalnih termoelektrana, a manje od 0,1 od djelovanja nuklearnih elektrana.

Konačno, mogu se navesti podaci o riziku za vrijeme neke djelatnosti. Učestalost unesrećenja po osobi za vrijeme leta avionom za 1 sat iznosi $2{,}5 \cdot 10^{-6}$, za vrijeme vožnje automobilom za 1 sat $0{,}6 \cdot 10^{-6}$, dok za vrijeme od 1 godine provedeno u okolini nuklearne elektrane učestalost unesrećenja iznosi manje od $0{,}1 \cdot 10^{-6}$.

Takve rezultate potvrđuje i dosadašnje iskustvo, koje međutim nije veliko, ali su mnoga postrojenja u dosadašnjem razdoblju bila prototipovi i izgrađena bez dovoljno iskustva. Prema tome na

pitanje o sigurnosti ljudi, koji žive u neposrednoj blizini nuklearnih elektrana, može se za prošlost pozitivno odgovoriti. Može se dalje, s dobrim razlozima, kazati, da će pozitivna bilanca ostati i nadalje, jer ona iz prošlosti nije posljedica slučajeva, već znalački korištene tehničke zaštite. Ta tehnika međutim ne smije ostati na dostignutoj razini, već se mora dalje poboljšavati, to više, što će se, nužno, lokacije nuklearnih elektrana približavati sve gušće naseljenim područjima. Strogi zakonski propisi, stroge procedure preuzimanja i kontrole moraju osigurati da proces poboljšanja zaštite ide u nepovratljivom smislu. Također je potrebno stalno razvijati istraživanja u pogledu sigurnosti pogona od defekata, kako bi se razvile nove tehničke i organizacione mjere, da se još dalje smanji riziko kvara.

Hidroelektrane ne utiču na širu okolinu, pa se one mogu smatrati »čistim« oblikom energije. Pri tome ne valja zaboraviti na mogući znatan utjecaj hidroelektrana na neposrednu okolinu (oduzimanje vode iz prirodnog korita, stvaranje umjetnih jezera, plavljenje obradivog zemljišta).

S obzirom na tehničke mjere, koje se prema današnjim saznanjima mogu poduzeti da bi se zaštitila okolina od štetnog djelovanja korištenja energije, nužno je razlikovati veća (elektrane, ložišta u industriji i sl.) od malih energetskih uređaja i postrojenja (centralna grijanja, individualna ložišta, prometna sredstva).

U većim postrojenjima već je danas moguće, a u neposrednoj budućnosti još i više, postaviti takve uređaje koji će štetno djelovanje takvih velikih postrojenja svesti na najmanju moguću mjeru. Uz uvjet da se već pri izgradnji o tom vodi računa. Svakako da će to tražiti povećanje potrebnih investicija i povećanje pogonskih troškova, ali će to opterećenje po jedinici proizvedene energije biti to manje što je veće postrojenje.

Suprotno tome u malim ložištima nije tehnički izvedivo, a da ne govorimo o negativnim ekonomskim efektima, postavljanje uređaja za prečišćavanje plinova izgaranja (otklanjanje čađi, sumpornog dioksida). U tom slučaju, po mom mišljenju, jedina je efikasna mjera promjena oblika korištene energije. Prema današnjem stanju razvitka tehnike za male potrošače topline, pogotovo takve u velikim stambenim aglomeracijama, a uz pretpostavku da se želi efikasna zaštita okoline, dolaze u obzir samo zemni plin (u što su uključena i druga raspoloživa plinovita goriva), i električna energija. Vjerojatno je eoknomski povoljnije za velike urbane cjeline predvidjeti korištenje zemnog plina iz plinovodne mreže, ako se ne radi o velikim udaljenostima između nalazišta, odnosno uvoznih mjesta i centara konzuma. U manjim urbanim cjelinama vjerojatno bi bilo povoljno predvidjeti kombinaciju upotrebe električne energije i ukapljenog plina. Pri tome valja imati u vidu da se najveći dio energije u kućanstvima koristi za grijanje prostorija (oko 70% od ukupne energije), pa je potrebno tražiti pogodna tehnička rješenja da se spriječi razbacivanje energije, (regulacija grijanja, grijanje samo potrebnih prostorija) kao i iznalaženje optimalnog načina građenja i toplinske izolacije koje će voditi računa o potrebama energije. Kad se govori o upotrebi električne energije za grijanje prostorija važno je napomenuti i mogućnost upotrebe akumulacionih električnih peći, koje će povećati korištenje kapaciteta elektrana i povećati njihovu mogućnost proizvodnje bez dodatnih investicija. Pri tome se međutim ne smije zaboraviti da se upotrebom akumulacionih peći povećava ukupna potrebna količina energije, jer nije moguće akumulirati topline bez gubitaka energije. Zbog toga je za takve peći potrebno naći takvo tehničko rješenje koje će uvažavati i energetske zahtjeve.

Poseban problem predstavlja zaštita okoline od ispušnih plinova iz prometnih sredstava s motorima s unutrašnjim izgaranjem. I pored momentanih poteškoća oko opskrbe naftom i nastojanja da se smanji onečišćenje zraka, čini mi se da nema izgleda da se brzo nađe zadovoljavajuće rješenje za cestovni promet. Tu se sigurno pojavljuju i tehničke poteškoće, ali su tu u pitanju i interesi velikih kompanija (petrolejske kompanije, automobilska industrija i niz pratećih industrijskih grana). Prema raspoloživim podacima najveće onečišćenje zraka u velikim urbanim cjelinama posljedica je baš cestovnog prometa. Ako uzmemo u obzir da su u gradskom prometu vozila vrlo slabo iskorištena (po jedan čovjek u automobilu), ako uzmemo u obzir da je zbog zagušenosti prometa potrebno često stajanje (uz povećanu proizvodnju ugljičnog monoksida), lako dolazimo do zaključka da bi brzi i dobro organizirani gradski promet u znatnoj mjeri smanjio onečišćenje zraka, pa i u slučaju kad bi se za takav promet upotrijebila vozila i s motorima s unutrašnjim izgaranjem. A što bi još značilo kad bi se umjesto autobusa uveo frekventni i brzi gradski promet tramvajima i trolejbusima. Uz efikasan unutargradski promet bilo bi opravdano i administrativnim mjerama spriječiti cirkulaciju sve većeg broja automobila u gradovima.

Pri svemu tome važno je, istovremeno za zadovoljenje sve većih potreba za energijom, bilo za proizvodnju dobara bilo za poboljšanje kvalitete življenja, ostvariti takav tehnički napredak da se potrebe zadovolje sa što manjom količinom energije. To znači poboljšanje energetskih procesa, smanjenje gubitaka, kako u fazi transformacije i transporta, tako i u fazi konačnog korištenja. Na taj način smanjit će se korištenje ograničenih količina primarnhi oblika energije, smanjit će se toplinsko opterećenje okoline, i konačno, smanjit će se onečišćenje zraka, vode i zemljišta.

Ovom članku nije bila svrha da predloži neka konkretna rješenja, već da ukaže na probleme koji se pojavljuju u energetici naše zemlje, kakve su naše energestke rezerve, te kakve su mogućnosti zaštite okoline i pored povećanja korištenja energije. Bit će potrebno još mnogo rada da se nađe optimalno rješenje opskrbe energijom, uva-

žavajući pri tom ne samo zadovoljenje potreba uz minimalne izdatke, već vodeći računa o ograničenjima koja postavljaju rezerve energetskih oblika, toplinska i ostala opterećenja okoline i mogućnosti njezine regeneracije.

Prilikom rasprava o zaštiti okoline pojavljuju se često shvaćanja da zaštita okoline ne stoji ništa i da se mogu postavljati maksimalni zahtjevi i da ispunjenje tih zahtjeva ovisi samo o dobroj volji pojedinaca. Istina je, međutim, da zaštita čovjekove okoline traži, a u budućnosti će tražiti još veća sredstva. Usko gledano, sa stajališta one proizvodnje za koju se gradi postrojenje, ta su sredstva neproduktivna, pa će se sigurno pojaviti i suprotno shvaćanje, da zaštita okoline sprečava razvitak proizvodnih snaga i onemogućuje progres. Međutim, zaštita čovjekove okoline ne znači slijepu opoziciju progresu, već je ona opozicija slijepom progresu.

Prof. dr H. P o ž a r, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Zagreb

Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

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

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

ZAGAĐIVANJE ATMOSFERE KAO POSLJEDICA SPALJIVANJA GORIVA U STACIONARNIM OBJEKTIMA

Vilim Boranić, Zagreb

Analogijom prema emisiji kontaminanata na stacionarnim agregatima u industriji i širokoj potrošnji u Zapadnoj Evropi, koja iznosi godišnje oko 25 mln. tona, ona bi u našoj zemlji iznosila gotovo 1,2 mln. tona, od čega bi oko 900.000 tona bio sumporni dioksid, a otprilike po 135.000 tona dušični oksid i fini pepeo. U ukupnoj kontaminaciji kruta goriva učestvovala bi s više od 80%, tekuća goriva s 18%, a plinovita otprilike s 1%.
S obzirom na razvoj potrošnje električne energije u industriji i u širokoj potrošnji, ukoliko se u međuvremenu ne bi poduzele potrebne mjere, ukupna kontaminacija zraka u osamdesetim godinama dosegla bi oko 1,5 mln. tona.

I.

Spaljivanje goriva kao uzrok zagađivanja zraka može biti dvojako:
— stacionarno u industrijskim pećima i u agregatima u širokoj potrošnji,
— pokretno u svim saobraćajnim objektima, koja troše gorivo.

Kontaminanti iz industrijskih peći odlaze u atmosferu kroz dimnjake raznih visina, uglavnom iznad 20 metara, dok je zagađivanje zraka kod široke potrošnje redovito niže. Kod saobraćaja zagađivanje zraka se zbiva u prizemnim slojevima, osim, naravno, emisije kontaminanata u zračnom saobraćaju i donekle u pomorskom.

Po svom karakteru kontaminacija može biti trojaka:
— sumporni dioksid nastao spaljivanjem sumpornih spojeva u gorivu,
— dušićni oksidi nastali spaljivanjem raznih spojeva dušika u gorivu,
— krute čestice — nesagorivi i neizgoreni dijelovi goriva.

I konačno, samo gorivo može biti:
— kruto: drvo, ugljen, lignit, koks, treset
— tekuće: benzin, petrolej, gorivo za mlazne motore, dizel gorivo, ulje za loženje za domaćinstvo i ostalo ulje za loženje
— plinovito: prirodni plin, gradski plin, kokerijski plin, grotleni plin, ukapljeni plinovi.

Promatrajući problem kontaminacije sa stanovišta ukupne količine kontaminanata valja istaći, da ni u inozemstvu ni u nas nema mjerenja ukupne kontaminacije za cijelu zemlju, nego samo za izabrane reprezentante i za određeno vremensko razdoblje, koje se tada proširuje na cijelu zemlju.

Ograničavajući se samo na kontaminaciju nastalu uslijed rada industrijskih peći i trošila u širokoj potrošnji valja spomenuti, da se je s problemom nedovoljnih podataka suočavala i posebna komisija OECD, razlatrajući dosadašnju situaciju, kako bi na temelju nje ukazala na očekivanu situaciju u budućnosti, kao i na mjere ograničavanja emisija.

Analiza kontaminacije načinjena je za 1968. godinu kao zbir podataka, doduše nepotpunih i načinjenih uz izvjesnu rezervu, za pojedine zemlje — članice OECD za Zapadnu Evropu. Naime, u toj godini potrošnja goriva u industrijskim pećima i trošilima u širokoj potrošnji iznosila je 647,7 mln. tona u ekvivalentu nafte (1 kg = = 10.000 kcal), i u odnosu na ukupnu potrošnju energije bila je slijedeća (tablica 1):

Ukupna potrošnja energije u zemljama — članicama OECD u Zap. Evropi u 1968. godini[1]

Tablica 1

Nosilac energije	Ukupna potrošnja		Potrošnja u industriji i šir. potrošnji		Odnos 3 : 1
	mln t	%	mln t	%	%
	1	2	3	4	5
Kruta goriva	319	39,2	265,0	41,0	83,0
Tekuća goriva	421,6	52,0	279,2	43,1	66,2
Plinovita goriva	40,4	4,9	92,3	14,2	—
Ostalo	31,9	3,9	11,2	1,7	35,1
Ukupno	813,2	100,0	647,7	100,0	79,6

Kod tih podataka valja istaknuti, da je kod ukupne potrošnje energije iskazana samo potrošnja prirodnog plina, dok je pri potrošnji energije u industriji i u širokoj potrošnji iskazana potrošnja svih plinovitih goriva, dakle i gradskog plina, kokerijskog i grotlenog plina.

U svakom slučaju, vidi se da je od ukupne potrošnje energije u 1968. godini u evropskim članicama OECD od oko 813 mln. tona u ekvivalentu nafte gotovo 650 mln. tona ili gotovo 80% bilo potrošeno u stacionarnim potrošnim objektima u industriji i širokoj potrošnji.

Spaljivanjem u tablici 1. iskazanih količina energije u spomenutim sektorima potrošnje bile su emitirane ove količine kontaminanata (tablica 2):

Kao što se vidi, ukupna emisija kontaminanata bila je u 1968. godini 23,6 mln. tona, ili 3,6% od ukupno korištenog goriva. Od toga je sumpornog dioksida bilo gotovo 16 mln. tona, ili 2,5%, dušičnih oksida nešto više od 4 mln. tona ili 0,6%, a ostalih kontaminata 3,6 mln. tona, ili 0,5%. Kada se ne bi uračunala tzv. ostala goriva (11,2 mln. tona), tada bi postotak kontaminacije bio 3,7%.

U ukupnoj kontaminaciji kruta goriva daju 51,4% kontaminata, tekuća goriva 46,1% i plinovita 2,5%, a u kontaminaciji sumporni dioksid učestvuje s više od 67%, dušični oksidi s gotovo 18% i ostali kontaminanti (nesagorivo i neizgoreno) s 15%.

Emisija kontaminanata radom stacionarnih potrošnih mjesta u industriji i širokoj potrošnji u Zapadnoj Evropi u 1968. godini[2]

Tablica 2

Gorivo	mln. t u ekv. nafte	Sumporni dioksid mln. t	%	Kontaminanti Dušični oksidi mln. t	%	Nesagorivo (pepeo) mln. t	%	Ukupno mln. t	%
Kruta goriva	265,0	6,96	43,7	2,01	48,2	3,18	89,6	12,15	51,4
učešće	—	—	57,3	—	16,5	—	26,2	—	100,0
Tekuća goriva	279,2	8,80	55,4	1,73	41,5	0,37	10,4	10,90	46,1
učešće	—	—	80,7	—	15,9	—	3,4	—	100,0
Plinovita goriva	92,3	0,15	0,9	0,43	10,3	—	—	0,58	2,5
učešće	—	—	25,9	—	74,1	—	—	—	100,0
Ostalo	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno	647,7	15,91	100,0	4,17	100,0	3,55	100,0	23,63	100,0
Učešće — %		67,3	2,5	17,7	0,6	15,0	0,5	100,0	3,6

Učešće kontaminanata nastalih spaljivanjem pojedinih goriva

Tablica 3

Gorivo	mln. t u ekv. nafte	Sumporni dioksid mln. t	%	Dušični spojevi mln. t	%	Nesagorivo (pepeo) mln. t	%	Ukupno mln. t	%
Kruta goriva	265,0	6,96	2,6	2,01	0,8	3,18	1,2	12,15	4,6
Tekuća goriva	279,2	8,80	3,2	1,73	0,6	0,37	0,1	10,90	3,9
Plinovita goriva	92,3	0,15	0,1	0,43	0,5	—	—	0,58	0,6
Ostalo	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Ukupno	647,7	15,91	2,5	4,17	0,6	3,55	0,5	23,63	3,6

Pojedinačno, kruta goriva kontaminiraju s 12,2 mln. tona, i to 57,3% sumpornog dioksida, 16,5% dušičnih oksida i 26,2% nesagorivih dijelova. Tekuća goriva daju gotovo 11 mln. tona kontaminata od čega na sumporni dioksid otpada 81%, na dušične okside 16%, a neizgorenog više od 3%. Plinovita goriva emitiraju 580.000 tona, od čega je 26% sumpornog dioksida i 74% dušičnih oksida.

U tablici 3 je iskazano učešće pojedinih kontaminata u odnosu na korišteno gorivo.

Prema navedenom, kruta goriva svojim sagorijevanjem emitiraju više od 12,2 mln. tona kontaminanata ili 4,6% od spaljenih 265 mln. tona, od toga je 2,6% sumpornog dioksida, 0,8% dušičnih oksida i 1,2% nesagorenog i neizgorivog (pepeo). Tekuća goriva od ukupno 279,2% mln. tona daju 3,9% kontaminanata ili 10,9 mln. tona, od toga je 3,2% sumporni dioksid, 0,6% dušični oksidi i samo 0,1% nesagorivo. Plinovitih goriva spaljeno je 93,2 mln. tona i time emitirano 580.000 tona kontaminanata ili 0,6%, sumpornog dioksida bilo je 0,1% i dušičnih oksida 0,5%. Ostala goriva u količini od 11,2 mln. tona nisu dala kontaminante.

Konačno, u vezi s iskazanim podacima, valja spomenuti da je u tekstu spomenutog elaborata OECD zaokruživanjima kao ukupna količina emisije iskazana količina od 25,2 mln. tona ili 3,9% od ukupno korištenog goriva. Od tih 3,9% bilo je 2,6% sumpornog dioksida, 0,7% dušičnih oksida i 0,6% neizgorenog i nesagorivog.

Iz tablice 1 se vidi, da je u 1968. godini u Zapadnoj Evropi (OECD) od ukupne potrošnje goriva gotovo 80% bilo korišteno na stacionarnim potrošačkim mjestima, a iz tablice 2 i 3 da su ta goriva dala 3,6% kontaminanata.

Ako se radi simplifikacije, i jer nema odgovarajućih podataka za ostale godine, uzmu ti odnosi za razdoblje od 1965. do 1970. godine, tada se računski dobivaju količine emisije iskazane u tablici 4. Naime, za učešće krutih goriva potrošenih na stacionarnim potrošačkim mjestima uzeto je 83,0%, za tekuća goriva 66,2%, a za plinovita goriva uzeto je učešće od 100% jer se suponira da je to gorivo korišteno samo na stacionarnim potrošačkim mjestima, dok se za tzv. ostala goriva ne predviđa emisija kontaminanata. Od tako dobivenih količina uzeta je kontaminacija prema tablici 3.

Kako se vidi, računom dobivena kontaminacija porasla bi od 22,3 mln. tona u 1965. godini na gotovo 26 mln. tona. Naravno, da te brojke valja uzeti samo kao informativne. Padaci za 1968. godinu se nešto razlikuju od onih u tablici 2. radi zaokruživanja pri računanju.

II.

Isto kao i za Zapadnu Evropu, mogla bi se izračunati i kontaminacija zraka nastala uslijed rada stacionarnih potrošnih mjesta u našoj zemlji.

Međutim, dok su za Zapadnu Evropu objavljeni podaci za emisiju za jednu, 1968., godinu, to za Jugoslaviju takvih podataka nema, jer kompleksna mjerenja nisu obavljena. Doduše, sistematska mjerenja u nizu godina izvršio je u Zagrebu Institut za medicinska istraživanja i medi-

Izračunata emisija u Zapadnoj Evropi uslijed rada stacionarnih potrošnih mjesta od 1965. do 1970. godine

mln tona u ekvivalentu nafte

Tablica 4

	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.
Ukupna potrošnja						
Kruta goriva	360,2	340,0	321,3	319,3	319,5	309,0
Tekuća goriva	324,5	362,8	385,2	421,6	464,2	527,4
Plinovita goriva	19,7	23,0	38,7	40,4	55,7	75,8
Ostalo	27,4	30,0	30,5	31,9	32,0	33,5
U K U P N O	731,8	755,8	765,7	813,2	871,4	945,7
Potrošnja u stacionarnim agregatima goriva, koja emitiraju kontaminante						
kruta goriva						
Kruta goriva						
— 83,0%	299,0	282,2	266,7	265,0	265,2	256,5
Tekuća goriva						
— 66,2%	214,8	240,2	255,0	279,2	307,3	349,1
Plinovita goriva						
— 100,0%	19,7	23,0	28,7	40,4	55,7	75,8
Kontaminacija	mln tona					
Kruta goriva						
sump. dioksid						
— 2,6%	7,77	7,34	6,93	6,89	6,90	6,67
dušič. oksidi						
— 0,8%	2,39	2,26	2,13	2,12	2,12	2,05
ostalo (pepeo)						
— 1,2%	3,59	3,39	3,20	3,18	3,18	3,08
Ukupno	13,75	12,99	12,26	12,19	12,20	11,80
Ukupno	13,75	12,99	12,26	12,19	12,20	11,80
Tekuća goriva						
sump. dioksid						
— 3,2%	6,87	7,68	8,16	8,93	9,83	11,17
dušič. oksidi						
— 0,6%	1,29	1,44	1,53	1,68	1,84	2,09
ostalo (pepeo)						
— 0,1%	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31	0,35
Ukupno	8,37	9,36	9,95	10,89	11,98	13,61
Plinovita goriva						
— sump. dioksid						
— 0,15%	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11
duš. oksidi						
— 0,50%	0,11	0,12	0,14	0,20	0,28	0,38
ostalo (pepeo) —	—	—	—	—	—	—
Ukupno	0,14	0,15	0,18	0,26	0,36	0,49
UKUPNO						
— sump. dioksid	14,67	15,05	15,13	15,88	16,81	17,95
— duš. oksidi	3,79	3,82	3,80	4,00	4,24	4,52
— ostalo (pepeo)	3,80	3,63	3,46	3,46	3,49	3,43
Sveukupno	22,26	22,50	22,39	23,34	24,54	25,90

cinu rada JAZU na utvrđivanju koncentracije sumpornog dioksida i dima na određenim mjestima u Zagrebu, ali ukupna godišnja emesija nije bila izračunata.[4] Slična mjerenja izrvšena su i u Beogradu i Sarajevu i nekim drugim mjestima, ali podaci o godišnjoj količini emisije nisu objavljeni. U dnevnom tisku je bilo objavljeno da se u Beogradu godišnje emitira u zrak oko 162.000 tona svih kontaminanata, a od toga 17.000 tona sumpornog dioksida.[5]

Pretpostavivši, da su uvjeti rada na stacionarnim potrošnim mjestima jednaki onim u Zapadnoj Evropi, i da goriva emitiraju isti postotak kontaminanata, mogla bi se i za Jugoslaviju izračunati količina zagađenja atmosfere.

Prema raspoloživim podacima potrošnja goriva u industriji i širokoj potrošnji bila je slijedeća:

Potrošnja goriva u industrijskim poduzećima Jugoslavije[6]

000 tona

Tablica 5

Gorivo	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Antracit	148	165	143	132	161
Koks	1.279	1.274	1.360	1.454	1.681
Kameni ugljen	1.880	1.951	2.110	2.200	2.130
Mrki ugljen	6.598	6.746	7.065	6.496	6.436
Lignit	11.210	10.627	12.829	15.253	16.661
Tekuća goriva	486	545	555	678	646
Ulje za loženje	1.443	1.603	1.952	2.237	2.549
Ukapljeni plinovi	27	45*	60*	77	86

* Sve brojke označene * (zvijezdicom) dobivene su ocjenom, interpolacijom i ekstrapolacijom, pa se u seriji podataka moraju uzimati samo informativno kao mjerilo reda veličine.

Potrošnja električne energije nije u prethodnoj tablici iskazana, jer pri njezinoj potrošnji nema kontaminacije, a slično je i s drvetom.

Potrošnja goriva u širokoj potrošnji u Jugoslaviji na stacionarnim potrošnim mjestima[7]

000 tona

Tablica 6

Gorivo	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Kameni ugljen	—	18	—	73	—
Mrki ugljen	1.306	1.263	1.276	1.528	1.780*
Lignit	4.245	4.688	4.522	4.549	4.600*
Ulje za loženje za domaćinstva	250	300	375	753	830*
Ulje za loženje	70	79	88	93	112*
Ukapljeni plinovi	24	40*	55*	72	92

I u ovoj oblasti potrošnje nije iskazana, iz već spomenutih razloga, potrošnja električne energije i drveta.

Potrošnja prirodnog plina u Jugoslaviji[8]

mln. kub. metara

Tablica 7

Namjena	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Kao sirovina	—	—	—	493	564
U industriji	—	—	—	546	547
U širokoj potrošnji	—	—	—	107	120
Ukupno	584	730	977	1.146	1.231

* Sve brojke označene * (zvijezdicom) dobivene su ocjenom, interpolacijom i ekstrapolacijom, pa se u seriji podataka moraju uzimati samo informativno, kao mjerilo reda veličina.

Podataka o potrošnji ostalih plinova nema, ali se može prihvatiti da je sav proizvedeni kokerijski plin potrošen u industriji, a rafinerijski suhi plin u rafinerijama. Potrošnju gradskog plina valja zanemariti, jer je zahvaćena već kod prirodnog plina i ukapljenog plina, a na bazi ugljena se gradski plin više ne proizvodi.

Proizvodnja ostalih plinova u Jugoslaviji[9]

Tablica 8

	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
a) Kokerijski plin — mln. m^3	895	930	900	950*	1.000*
b) Rafin. suhi plin — 000 t	21	105	215	274	300*

Radi izračunavanja kontaminacije potrebno je potrošnju svih goriva — krutih, tekućih i plinovi-

tih — iskazati u istim mjerama, tj. u tonama u ekvivalentu nafte (1 kg = 10.000 kcal), kao što je slučaj kod podataka za Zapadnu Evropu.

Međutim, pri tome se suočavamo s problemom različitih kaloričnih vrijednosti naših krutih goriva, dok statistički podaci daju potrošnju samo u zbiru, a ne i po provenijenci, pa se mora računati s postocima.

U konkretnom slučaju korišteni su slijedeći podaci o kaloričnim vrijednostima pojedinih goriva:

Antracit, ako se radi o uvoznom gorivu, kalorična je vrijednost uzeta 7.000 kcal/kg, kako se računa u međunarodnoj statističkoj službi[10]

Koks — kako se on ili uvozi ili proizvodi u našim koksarama pretežno iz uvoznog ugljena, i kod ovog je goriva uzeta kalorična vrijednost od 6.300 kcal/kg prema citiranoj publikaciji.[10]

Kameni ugljen. Prema objavljenim podacima[11] kaloričnе vrijednosti naših kamenih ugljena se kreću od 5.273 do 6.800 kcal/kg, pa je za daljnje računanje uzet prosjek od 6.100 kcal/kg.

Mrki ugljen ima kaloričnu vrijednost s obzirom na provencijenciju[11] između 2.989 do 4.768 kcal/kg, a kao prosjek je uzeta vrijednost 3.850 kcal/kg.

Lignit ima kaloričnu vrijednost s obzirom na provencijenciju[11] između 1.712 do 3.737 kcal/kg, a kao prosjek je uzeta vrijednost 2.590 kcal/kg, makar neki autori računaju i sa samo 2.100 kcal/kg.

Za tekuća i plinovita goriva uzete su kaloričnе vrijednosti onako kako su iskazane u međunarodnoj statističkoj službi.[12]

Tekuća goriva i ulje za loženje za domaćinstva 10.500 kcal/kg
Ulje za loženje 9.500 kcal/kg
Ukapljeni plinovi 11.000 kcal/kg
Prirodni pinovi 8.400 kcal/m³
Kokerijski plin 4.200 kcal/m³
Rafinerijski suhi plin 12.250 kcal/kg.

Prethodno iskazanim prosječnim kaloričnim vrijednostima za pojedina goriva izračunata je ukupna potrošnja na stacionarnim potrošnim mjestima u ekvivalentu nafte (1 kg = 10.000 kcal). Ta je situacija prikazana u tablici 9.

Za izračunavanje kontaminacije valjalo bi operirati sa sadržajem kontaminanata u sagorjelim plinovima, koji dolaze u atmosferu. Međutim, kako je već prije bilo spomenuto odgovarajućih kompleksnih podataka nema. Doduše, za izračunavanje kontaminacije sumpornim dioksidom moglo bi se poslužiti s podacima o sadržaju sumora u nekim gorivima. No, sadržaj sumpora u našem ugljenu vrlo je različit, tako npr. kameni ugljen iz Raše ima 9,3 do 10,6% sumpora, ibarski 4,5 do 5,5%. Mrki ugljen iz Kaknja oko 2,5%, iz Banovića 1,3%, iz Trbovlja 1,8 do 2,4%, iz Zagorja oko 1,0%, dok resavsko-moravski mrki ugljen ima 1.1 do 1,3% sumpora. Lignit iz Kolubare sadrži oko 0,5% sumpora, iz Kreke oko 0,3%, a iz Velenja do 1,5%, a toliko ima i lignit iz Ivanca.[13]

Osim toga, kao dio sumpora, koji ostaje vezan na neizgoreni anorganski dio (pepeo) trebalo bi se kod svakog ugljena, s obzirom na njegovu kaloričnu vrijednost, posebno računati prema formuli.[14]

$$F = \frac{95 \cdot 2}{100 \cdot n} = \text{m}$$

U toj formuli je »n« faktor konverzije ugljena prema ekvivalentu nafte (1,0) ili uvjetnom ugljenu (0,7).

Kako ne raspolažemo podacima o potrošnji ugljena iz pojedinih rudnika, možemo uzeti da u prosjeku kod svih krutih goriva u pepelu ostaje 5% od sumpora sadržanog u gorivu, dok se kod tekućih i plinovitih goriva može pretpostaviti, da sav sumpor odlazi u atmosferu u vidu sumpornog dioksida.

Prema spomenutim rasponima sadržaja sumpora u gorivu računato je da je njegov sadržaj u prosjeku:

— antracit i koks	1,0 %
— kameni ugljen	4,5 %
— mrki ugljen	1,5 %
— lignit	0,7 %

I kod tekućih goriva moraju se uzeti prosječne vrijednosti za sadržaj sumpora s obzirom na različitu provencienciju nafte, odnosno gotovog proizvoda iz uvoza (SSSR, Bliski Istok, Afrika, domaća proizvodnja), i to

— ulje za loženje za domaćinstva i tekuća goriva (potrošnja u industriji)	0,85%
— ulje za loženje	3,00%

Prirodni plin, a radi se o plinu domaće proizvodnje, ne sadrži sumporne spojeve, dok rafinerijski suhi plinovi i ukapljeni plinovi sadrže 0,003% sumpora, a kokerijski plin 0,01%.

O količini stvaranja ostalih kontaminanata — dušičnih oksida i finog pepela (neizgorivo) — za naše prilike nema odgovarajućih podataka, pa će se »per analogiam« uzeti podaci korišteni u Zapadnoj Evropi, tj. pojedina goriva daju svojim spaljivanjem ove postotke.

	Dušični oksidi	Nesagorivo — neizgoreno (pepeo)
Kruta goriva	0,8 %	1,2 %
Tekuća goriva	0,6 %	0,1 %
Plinovita goriva	0,5 %	—

U tablici 10. izračunat je, prema prethodnim koncepcijama i upotrebom tablica 5, 6. 7 i 8., sadržaj sumpora u pojedinim gorivima i emitirani sumporni dioksid.

Upotrebom tablice 9. i prosječnog sadržaja kontaminacije dušičnim oksidima i nesagorenim dijelovima (finim pepelom) u tablicnma 11 i 12 izračunate su količine tih kontaminanata.

Konačno, u tablici 13 je iskazana ukupna kontaminacija zraka spaljivanjem goriva na stacionarnim potrošnim mjestima, a prema zbiru emisija pojedinih kontaminanata.

Potrošnja goriva u stacionarnim agregatima u SFRJ (industrijska i široka potrošnja)

000 tona u ekvival. nafte

Tablica 9

Gorivo	Kalorična vrijednost	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
KRUTA GORIVA						
Antracit	7.000 kcal/kg	103,6	115,5	100,1	92,4	112,7
Koks	6.300 ,,	805,8	802,6	856,8	916,0	1.059,0
Kameni ugljen	6.100 ,,	1.146,8	1.201,1	1.287,1	1.386,5	1.299,3
Mrki ugljen	3.850 ,,	3.043,0	3.083,5	3.211,3	3.089,2	3.163,2
Lignit	2.590 ,,	4.002,8	3.966,6	4.493,9	5.128,7	5.506,6
Ukupno		9.102,0	9.169,3	9.949,2	10.612,8	11.140,8
TEKUĆA GORIVA						
Tekuća goriva	10.500 kcal/kg	510,3	572,3	582,8	711,9	678,3
Ulje za loženje za domaćinstva	10.500 ,,	262,0	315,0	393,8	790,7	871,5
Ulje za loženje	9.500 ,,	1.437,4	1.597,9	1.938,0	2.213,5	2.528,0
Ukupno		2.210,2	2.485,2	2.914,6	3.716,1	4.077,8
PLINOVITA GORIVA						
Ukapljeni plinovi	11.000 kcal/kg	56,1	93,5	126,5	163,9	195,8
Prirodni plin	8.400 kcal/m³	490,6	613,2	820,7	962,6	1.034,0
Kokerijski plin	4.200 ,,	375,9	390,6	378,0	399,0	420,0
Suhi raf. plin	12.250 kcal/kg	25,7	128,6	263,4	335,7	367,5
Ukupno		948,3	1.225,9	1.588,6	1.861,2	2.017,3
Sveukupno		12.260,0	12.888,4	14.452,4	16.190,1	17.235,9

Sadržaj sumpora u gorivima spaljenim u stacionarnim agregatima u SFRJ i emitirani sumporni dioksid

u tonama

Tablica 10

Gorivo	Prosječni sadržaj sumpora	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Antracit i koks	1,0 %	14.270	14.390	15.030	15.860	18.420
Kameni ugljen	4,5 %	84.600	88.605	94.950	102.285	95.850
Mrki ugljen	1,5 %	118.560	120.135	125.115	120.360	123.240
Lignit	0,7 %	108.185	107.205	121.457	138.614	148.827
Ukupno — S		325.615	330.335	356.552	377.119	386.337
— 5 %		16.280	16.517	17.828	18.856	19.317
Sagoreno		309.335	313.818	338.724	358.263	367.020
Sumporni dioksid		618.670	627.636	677.448	716.526	734.040
Ulje za loženje za dom. i tekuća goriva	0,85 %	6.256	7.183	7.905	12.160	12.546
Ulje za loženje	3,00 %	45.390	50.460	61.200	69.900	79.830
Ukupno — S		51.646	57.643	69.105	82.060	92.376
Sumporni dioksid		103.292	115.286	138.210	164.120	184.752
Ukapljeni plinovi	0,003 %	2	3	3	4	5
Prirodni plin	—	—	—	—	—	—
Kokerijski plin	0,010 %	48	39	38	40	42
Suhi raf. plin	0,003 %	1	4	8	10	11
Ukupno — S		41	46	49	54	58
Sumporni dioksid		82	92	98	108	116
Sveukupno — SO_2						
— kruta goriva		618.670	627.636	677.448	716.526	734.040
— tekuća goriva		103.292	115.286	138.210	164.120	184.752
— plinovita goriva		82	92	98	108	116
Ukupno		722.044	743.014	815.756	880.754	918.908

Emisija dušičnih oksida spaljivanjem goriva u stacionarnim agregatima SFRJ

u tonama

Tablica 11

Gorivo	Prosječni sadržaj dušičnih oksida	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Kruta goriva	0,8 %	72.816	73.354	79.594	84.902	99.126
Tekuća goriva	0,6 %	13.494	15.162	17.820	22.566	24.822
Plinovita goriva	0,5	4.742	6.330	7.943	9.306	10.087
Ukupno		86.182	94.846	105.357	116.774	134.035

Emisija nesagorivih dijelova (pepela) spaljivanjem goriva na stacionarnim agregatima u SFRJ

u tonama

Tablica 12

Gorivo	Prosječni sadržaj neizgorenog	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Kruta goriva	1,2 %	109.224	110.032	119.390	127.354	133.690
Tekuća goriva	0,1 %	2.249	2.527	2.970	3.761	4.137
Plinovita goriva	—	—	—	—	—	—
Ukupno		111.473	112.559	122.360	131.115	137.827

Kontaminacija zraka u Jugoslaviji spaljivanjem goriva u stacionarnim potrošnim mjestima

Tablica 13

Kontaminant	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.
Sumporni dioksid	722,0	743,0	815,8	880,7	918,9
Dušikovi oksidi	86,2	94,8	105,3	116,8	134,0
Nesagoreno i neizgogorivo (pepeo)	111,5	112,6	122,4	131,1	137,8
Ukupno	919,7	950,4	1.043,5	1.128,6	1.190,7

Kako se vidi, u razdoblju od 1968. do 1972. godine ukupna kontaminacija u nas je porasla od oko 920.000 tona na gotovo 1,2 mln. tona. Od toga oko 77% otpada na sumporni dioksid, 11% na dušične okside i 12% na fini pepeo.

Udio pojedinih goriva u ukupnoj kontaminaciji i u emisiji pojedinih kontaminanata prikazan je u tablici 14.

Učešće pojedinih goriva i kontaminanata u emisiji kod spaljivanja na stacionarnim agregatima u SFRJ

Tablica 14

	Ukupna kontaminacija	Sumporni dioksid	Dušični oksidi	Pepeo
Kruta goriva	81,3 %	79,9 %	74,0 %	97,0 %
Tekuća goriva	17,9 %	20,1 %	18,5 %	3,0 %
Plinovita stanja	0,8 %	—	7,5 %	—
Ukupno	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
od kontaminanata	100,0 %	77,2 %	11,21 %	11,6 %
od goriva	6,9 %	5,4 %	0,7 %	0,8 %

Dakle, u ukupnoj kontaminaciji kruta goriva učestvuju s više od 81% i imaju vrlo visoka učešća u emisiji pojedinih kontaminanata — sa 80% učestvuju u kontaminaciji sumpornim dioksidom, sa 74% s dušičnim oksidima i s 97% kod finog pepela. Tekuća goriva daju 18% u ukupnoj kontaminaciji, dok kod sumpornog dioksida učestvuju s oko 20%, s 18,5% kod dušičnih oksida i sa samo 3% kod pepela. Najmanje učešće u ukupnoj kontaminaciji — tj. samo 0,8% imaju plinovita goriva, dok u kontaminaciji sumpornim dioksidom i pepelom ne učestvuju, a u kontaminaciji s dušičnim oksidima učešće je 7,5%.

Uzevši u obzir dosadašnje tendencije u potrošnji goriva na stacionarnim potrošnim mjestima u industriji i širokoj potrošnji i u emisiji kontaminanata, mogli bismo pretpostaviti da bi ukupna emisija u osamdesetim godinama mogla doseći oko 1,5 mln. tona, prema 1,2 mln. tona u 1972. godini.

Međutim, na učešće pojedinih kontaminanata utjecat će situacija razvoja pojedinih grupa goriva:

— prema sadašnjoj situaciji u pogledu nabavke i cijene nafte valja očekivati da će potrošnja tekućih goriva, a naročito ulja za loženje, stagnirati,
— opće tendencije u pogledu što većeg oslanjanja na vlastite izvore energije uvjetovat će pojačanu potrošnju domaćih ugljena i lignita,
— krajem osadmesetih godina vjerojatno će doći do planiranog uvoza prirodnog plina i njegova većeg udjela u općoj potrošnji energije.

U svakom slučaju, a prema dosadašnjoj situaciji može se pretpostaviti, da će u ukupnoj kontaminaciji pretežni dio, tj. oko 80% otpadati na sumporni dioksid, a po 10% su dušični oksidi i nesagorivi dio (pepeo). Dakle, u okviru mjera za sprečavanje zagađivanja zraka osobita će se pažnja morati usmjeriti na smanjenje emisije sumpornog dioksida.

Mjere za smanjenje ukupne emisije mogu se svrstati u slijedeće grupe:

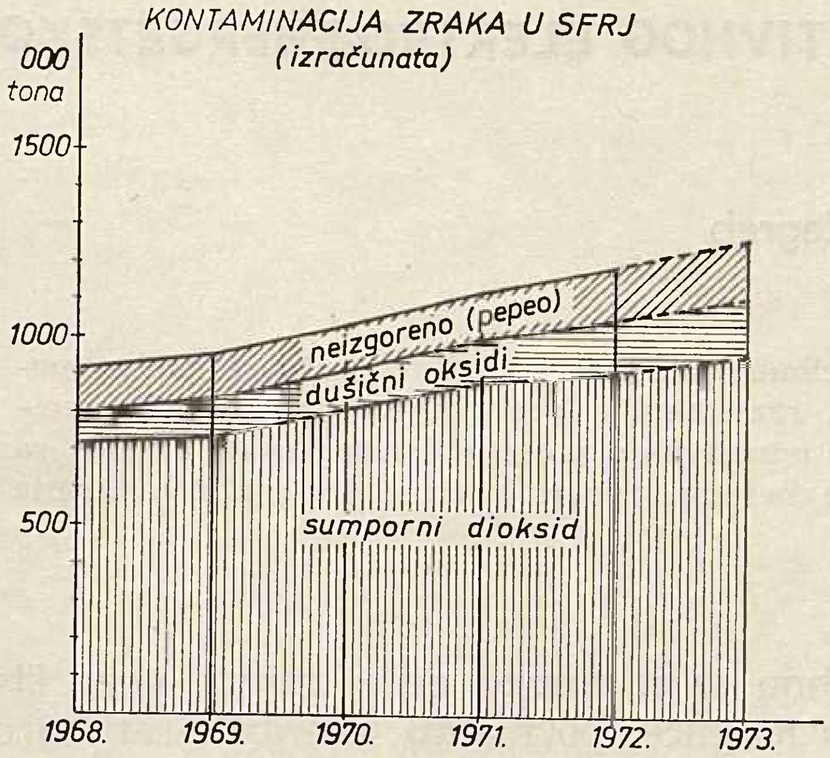
— supstitucija goriva
— desulfuracija ulja za loženje — u bližoj perspektivi destilatnog, a u daljoj i rezidualnog
— desulfuracija i čišćenje sagorjevnih plinova
— mehanička desulfuracija ugljena s visokim sadržajem sumpora
— elektrostatička precipitacija sagorjevnih plinova
— kontrola i pravilno vođenje sagorijevanja
— visoki dimnjaci
— plinifikacija ugljena
— plinske turbine
— poboljšanja u tehnici sagorijevanja
— ubrzano korištenje nuklearne energije
— prijelaz sa spaljivanja od »žutog plamena« na »modri plan«
— štednja u potrošnji energije.

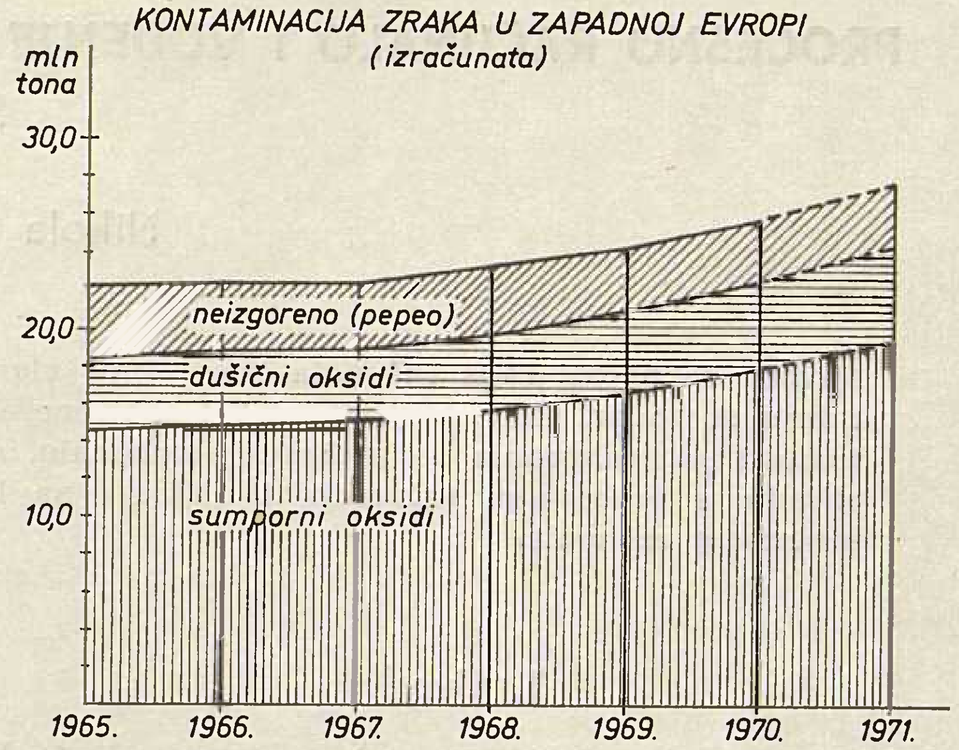
Sve te mjere mogle bi se podijeliti na one, koje bi se mogle provesti odmah i bez većih tehničkih zahvata vezanih za financijske izdatke ili barem u bližoj perspektivi — kao što je štednja energije, poboljšanje tehnike sagorijevanja, substitucija goriva, a dio mjera mogao bi se provesti tek u daljoj perspektivi i uz znatna financijska ulaganja, kao što bi bila izgradnja visokih dimnjaka, desulfuracija sagorjevnih plinova i sl., dok se neke u našim prilikama ne bi mogle ni provesti s obzirom na moguće ekonomski opravdane kapacitete, kao desulfuracija ugljena.

Spaljivanjem goriva na stacionarnim potrošnim mjestima u industriji i u širokoj potrošnji zahvaćena je samo jedna grupa izvora zagađivanja zraka, druga bi grupa bila potrošnja pogonskog goriva, u prometu, gdje se pretežno troše tekuća goriva, i električna energija. Kod potrošnje tekućih goriva u prometu dolazi do kontaminacije naročito dušičnim oksidima, nesagorenim dijelovima goriva (kod neispravnog rada motora), te kod motornog benzina olovnim spojevima koji potječu od dodatnih olovnih alkilata.

Zagađivanje zraka u prometu koncentrirano je u prizemnom dijelu atmosfere (osim kod zračnog i pomorskog prometa), naročito u naseljima s gustim prometom.

Treću grupu kontaminanata nastalih ljudskom aktivnošću čine razne štetne supstance, koje u zrak puštaju neke industrije, kao što su npr. topionice sulfidnih rudača ili cementare i sl. Zagađivanja iz ove grupe redovno imaju uski lokacioni karakter.





Literatura:

1. a) *World Energy Supplies* 1961—1970; United Nations, Statistical Papers — Series J No 15. New York 1972. (tab. 2).
   b) Report of joint ad hoc Group on Air Pollution from Fuel Combustion in stationary Sources; OECD, Paris, 18. V 1972. (tab. 2).
2. Item 1 b) (tab. 10.)
3. Item 1 a) (tab. 2.)
4. M. Fugaš, *Sedam godina mjerenja onečišćenja atmosfere na području grada Zagreba.* Savjetovanje o rješavanju problema onečišćavanja atmosfere grada Zagreba sagorijevanjem goriva, Zagreb, 19. — 20. XI 1970.
5. Vjesnik, Zagreb, 27. V 1973.
6. *Statistički godišnjak SFRJ* 1973. Tabela 109 - 23.
7. a) *Godišnjak o radu rudnika uglja u 1971. godini,* Rudarski institut, Beograd, 1972, str. 98.
   b) Nafta, *23* 453—456 (IX. 1972).
   c) Nafta, *24* 279—291 (VI 1973).
8. Item 7 c)
9. a) *World Energy Supplies,* 1961—1970. Statistical Papers Ser. J. No 15 United Nation, New York 1972 (tab. 17).
   b) Interna dokumentacija Sav. Privredne komore
10. Item 9 a) — str. 4
11. Item 7 a) tabela 13/1, str. 227. i 228.
12. Item 9 a) — str. 4
13. Interni podaci Privredne komore SR Hrvatske, dipl. ing. F. Sapač
14. Item 1 b), str. 8
15. Interni podaci INA - Industrija nafte, Zagreb, Pogon Prerade

Naslov pisca: Vilim Boranić, dipl. ing., Zagreb

PROCESNO RAČUNALO I VOĐENJE DISTRIBUTIVNOG ELEKTRO-ENERGETSKOG SISTEMA

Nikola Čupin, Zagreb

Navode se načini rada računala kao bitnog elementa informacionog procesa u EES. U radu se zatim spominju se zadaci koji se mogu rješavati procesnim računalom, razvrstani u pet grupa. Spominju se specifičnosti programiranja na procesnom računalu, navodi primjer određivanja potrebnih informacija iz EES za obradu u procesnom računalu, i ukazuje na bitne probleme koji se trebaju uzeti u obzir kod uvođenja procesnog računala.

1. Uvod

Procesno računalo je posebna vrsta digitalnog elektroničkog računala koje je, za razliku od ostalih digitalnih računala, procesnim elementima direktno povezano s materijalnim procesom.

Procesima u elektroenergetskom sistemu (EES) upravlja se, kako je poznato, iz dispečerskog centra (DC) u kojemu čovjek-dispečer, raspolažući informacijama iz EES nastoji što ekonomičnije zadovoljiti osnovnu funkciju EES — osigurati u svako doba kvalitetnu električnu energiju potrošačima.

Tehničkim napretkom EES, koji je vezan za razvoj civilizacije, došlo se u većini srednje razvijenih EES do takvog stupnja automatizacije, da je moguće iz DC daljinski upravljati materijalnim procesima u EES (što u distributivnom EES znači upravljati prekidačima, rastavljačima i regulacionim sklopkama transformatora — lociranim u transformatorskim stanicama). Isto tako se daljinski u vremenskim intervalima ili, prema važnosti — trenutno, šalju informacije u DC o stanju u EES. U tom smislu predstavlja uvođenje procesnog računala viši stupanj automatizacije, jer ono zajedno s čovjekom, kao sistem čovjek — računalo omogućuje optimalno vođenje pogona.

Čovjek i računalo se međusobno dopunjuju. Dok je čovjek sposoban uočiti opće probleme nekog zadatka, dotle računalo mnogo brže izvodi rutinske zadatke nižeg nivoa. Dok čovjek posjeduje sposobnost rasuđivanja, intuicije i kreativnosti, računalo može samo učestvovati u tim aktivnostima i to na pojedinačnim zadacima posebno priređenim za računalo.

Reakcije čovjeka su veoma fleksibilne i ovisne o problemu. Reakcije (operacije) računala su unaprijed poznate i definirane. Dok čovjek prilikom komuniciranja primjenjuje veoma slobodan i redundantan jezik, jezik računala je veoma ograničen.

Čovjek je sklon zaboravu i pogreškama, a računalo je u normalnim uvjetima praktički nepogrešivo, itd.

Međutim, kombinacijom čovjek — računalo mo gu se voditi uspješnije i na višem nivou veoma komplicirani procesi u koje spadaju i procesi u velikim suvremenim elektroenergetskim sistemima.

Za potpuno iskorištenje procesnog računala, koje se već nalazi u pogonu najrazvijenijih EES, potrebno je u mnogo većoj mjeri, nego što je to danas moguće, poznavati (identificirati) procese u EES. Stoga potpuno automatsko vođenje pogona (sl. 3), što znači potpuno isključenje čovjeka iz procesa, nije danas moguće ni kod najrazvijenijih EES.

Općenito možemo kazati, da je za bilo koji nivo korištenja računala u vođenju procesa potrebno mnogo više poznavati proces nego što je to potrebno kod vođenja pogona bez računala, u čemu leži i jedna od bitnih koristi, što je uvođenje računala sa sobom donosi.

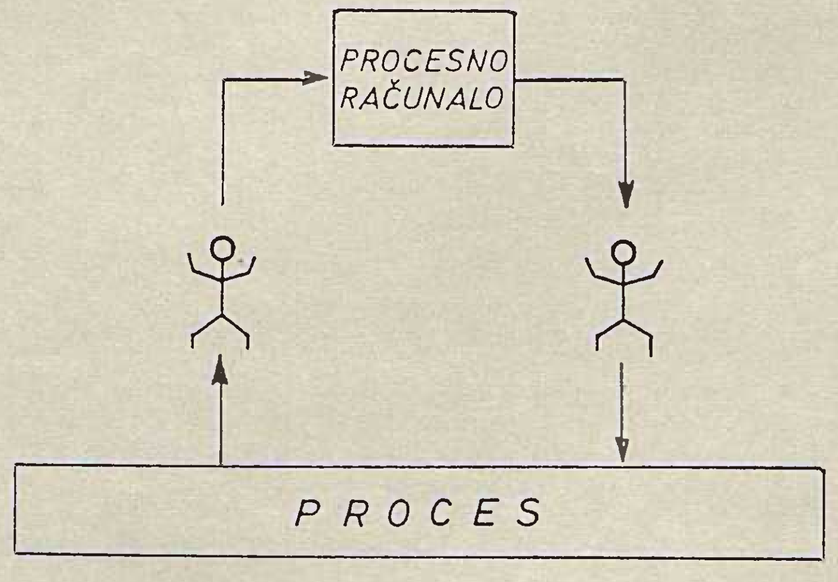
Procesno računalo je, s gledišta aktivnosti elektrodistributivnog poduzeća, samo jedan dio *informacionog sistema* koji u sebi sadrži obradu podataka potrošača (komercijalna obrada) i obradu podataka iz tehničke problematike poduzeća (planiranje, projektiranje, održavanje pogona, izgradnja postrojenja i tehničke dokumentacije). Tako koncipiran informacioni sistem zahtijeva povezivanje procesnog računala s običnim digitalnim računalom, na kojem se obavljaju posljednje dvije obrade, o čemu pri uvođenju procesnog računala valja voditi računa.

2. Načini rada procesnog računala

2.1. Indirektan način (off line)

Kako je prikazano na sl. 1, čovjek je potpuno uključen u izmjenu informacija između procesa i procesnog računala. Preko njega idu informacije koje dolaze iz procesa prema procesnom računalu, kao i one, što idu iz računala u proces.

Računalo se u ovom načinu vođenja procesa upotrebljava za rješavanje problema u kojima



Sl. 1 Indirektan način vođenja procesa

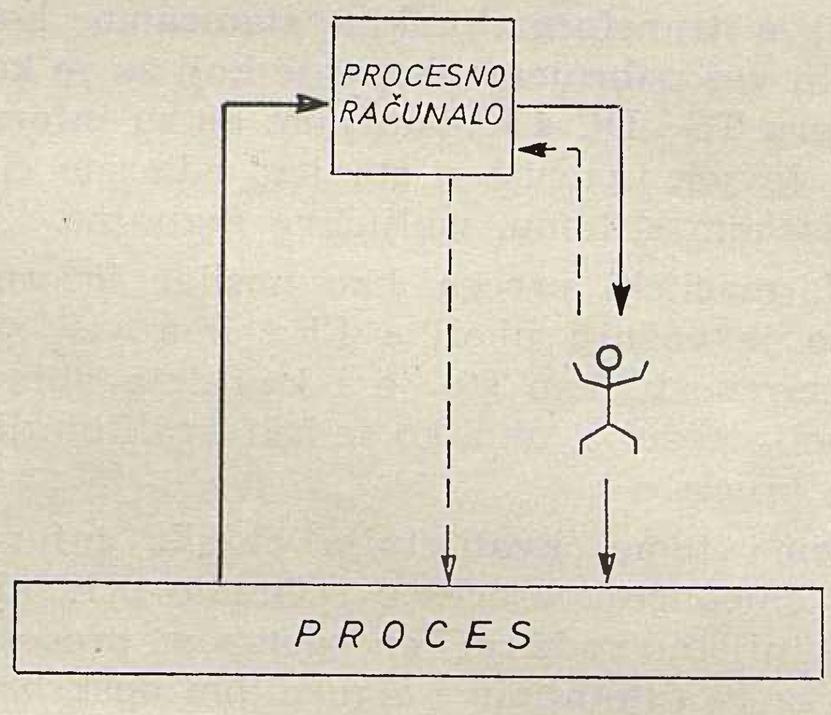
nije važna brzina obrade, jer kontrola informacija u oba smjera (koju vrši čovjek) zahtijeva relativno mnogo vremena. I obično, komercijalno računalo, može se koristi u ovakvom, najčešće prijelaznom, slučaju korištenja računala u vođenju pogona, kada dobivene informacije iz procesa čovjek mora u pogodnoj formi zadati računalu.

Komunikacija s računalom se doduše ubrzava upotrebom ulazno-izlaznih jedinica (točka 5). Ovakav način upotrebe računala može u početnoj fazi biti veoma koristan, jer se mogu razvijati i testirati mnogi programi koji se, kao i tehničko osoblje, pripremaju za višu fazu uključenja računala u proces.

Za još brže komuniciranje s računalom može se u DC uvesti priključak (terminal) na računalo što omogućuje da aparati za dijalog, dispečer-računalo, budu smješteni u samom DC.

2.2. Direktan otvoreni način (on-line open loop)

Ovaj se način (sl. 2) upotrebljava kad su informacije iz procesa već u dovoljnoj mjeri pouzdane, pa nije potrebna kontrola čovjeka. Međutim, proces još nije u tolikoj mjeri identificiran da bismo se u potpunosti mogli osloniti na programe i odluke koje se pomoću njih donose, te je nužna kontrola rezultata obrade u računalu. Radeći na taj način (u otvorenoj petlji) procesno računalo služi dispečeru kao savjetnik i pomoćnik u odlukama. Realizacija tih odluka se može provesti pomoćnim elementima (npr. komandno-potvrdnim sklopkama) ili povjeriti procesnom računalu (crtkana linija na sl. 2).



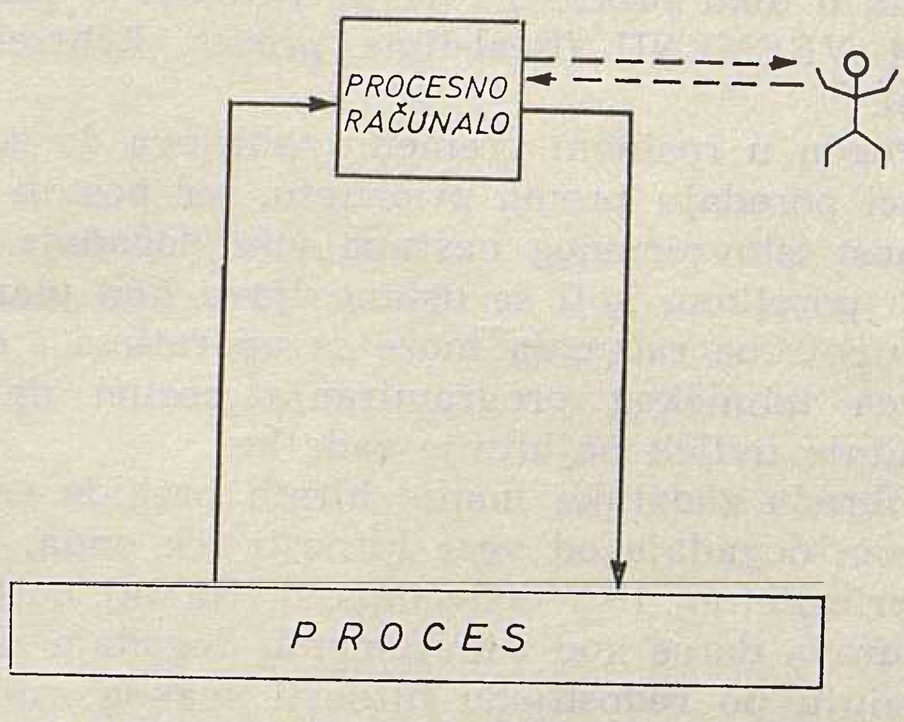
Sl. 2 Direktan otvoreni način vođenja procesa

Rad računala u otvorenoj petlji je nužan prijelazni stadij do konačnog cilja, kada računalo samostalno donosi i provodi odluke. Rad u otvorenoj petlji je danas najčešći.

Kontrolirajući dobivene, obrađene informacije iz procesnog računala, čovjek mora svakoj uočenoj pogreški, nelogičnosti, i sl., pronaći uzrok i time usavršavati informacioni put proces — procesno računalo — proces, kako bi se postupno proces mogao voditi bez učešća čovjeka. Takav način dovodi do postupnog stvaranja modela procesa koji se stavlja u računalo, ili do stvaranja algoritma, tj. strategije dovoljno točne za vođenje procesa.

2.3. Direktan zatvoreni način (on-line closed loop)

Ovakav način možemo smatrati potpuno automatskim vođenjem procesa, jer se kontrola procesa odvija bez direktnog učešća čovjeka (sl. 3),



Sl. 3 Direktan zatvoreni način vođenja procesa

iako postoje mogućnosti za indirektno praćenje i zahvate ukoliko iz bilo kojeg razloga (npr. ispad procesnog računala) dođe do poremećaja u vođenju procesa.

Direktan, zatvoreni način moguće je ostvariti bilo da procesno računalo upravlja procesom prema određenom algoritmu i strategiji, bilo da je u procesnom računalu spremljen model procesa na osnovi kojega se donose zaključci i odluke za upravljanje procesom.

Moramo odmah napomenuti, da se ovaj način zasad ne upotrebljava u kompleksnom vođenju EES radi prevelikog rizika kojemu se izlažemo, ako računalo donese neku nepredviđenu odluku i izda naredbu da se ona provede.

2.4. Rad računala u realnom vremenu

Vodeći proces u direktnom, bilo otvorenom ili zatvorenom načinu, procesno računalo ustvari izvodi određene zadatke na osnovi programa koji su u tu svrhu spremljeni u računalu. Naloge za izvođenje zadataka može u računalu inicirati:

1. Čovjek, naredbom izvana
2. Digitalni sat unutar računala
3 Događaj u procesu.

U prvom slučaju iniciraju se oni zadaci koji su od interesa za čovjeka koji vodi proces. Trajanje izvođenja tih zadataka je uglavnom poznato.

U drugom slučaju, do iniciranja zadataka dolazi u određenim vremenskim razmacima o kojima vodi računa digintalni sat. Tu spadaju najčešće zadaci koji se ponavljaju u poznatim vremenskim intervalima.

Nasuprot tome, u trećem se slučaju zadaci iniciraju ovisno o događajima u procesu koji se ne mogu unaprijed predvidjeti. Osim toga, brzina izvođenja tih zadataka je od primarne važnosti za proces, pa se traže ekstremna odzivna vremena računala i, naravno, početak izvođenja mora uslijediti odmah nakon iniciranja.

Takav pogon procesnog računala, kod kojega je rad računala relativno ili apsolutno vremenski ovisan o toku procesa, zove se POGON U REALNOM VREMENU (Real-time proces, Echtzeitbetrieb).

Pogon u realnom vremenu zahtijeva da se svi zadaci poredaju prema prioritetu, jer postoji mogućnost istovremenog nastupa više događaja. Takvim poretkom koji se ustanovljava kod planiranja upotrebe računala može se aparatima i sredstvima tehničkog programiranja postići da PR obrađuje uvijek najhitnije zadatke.

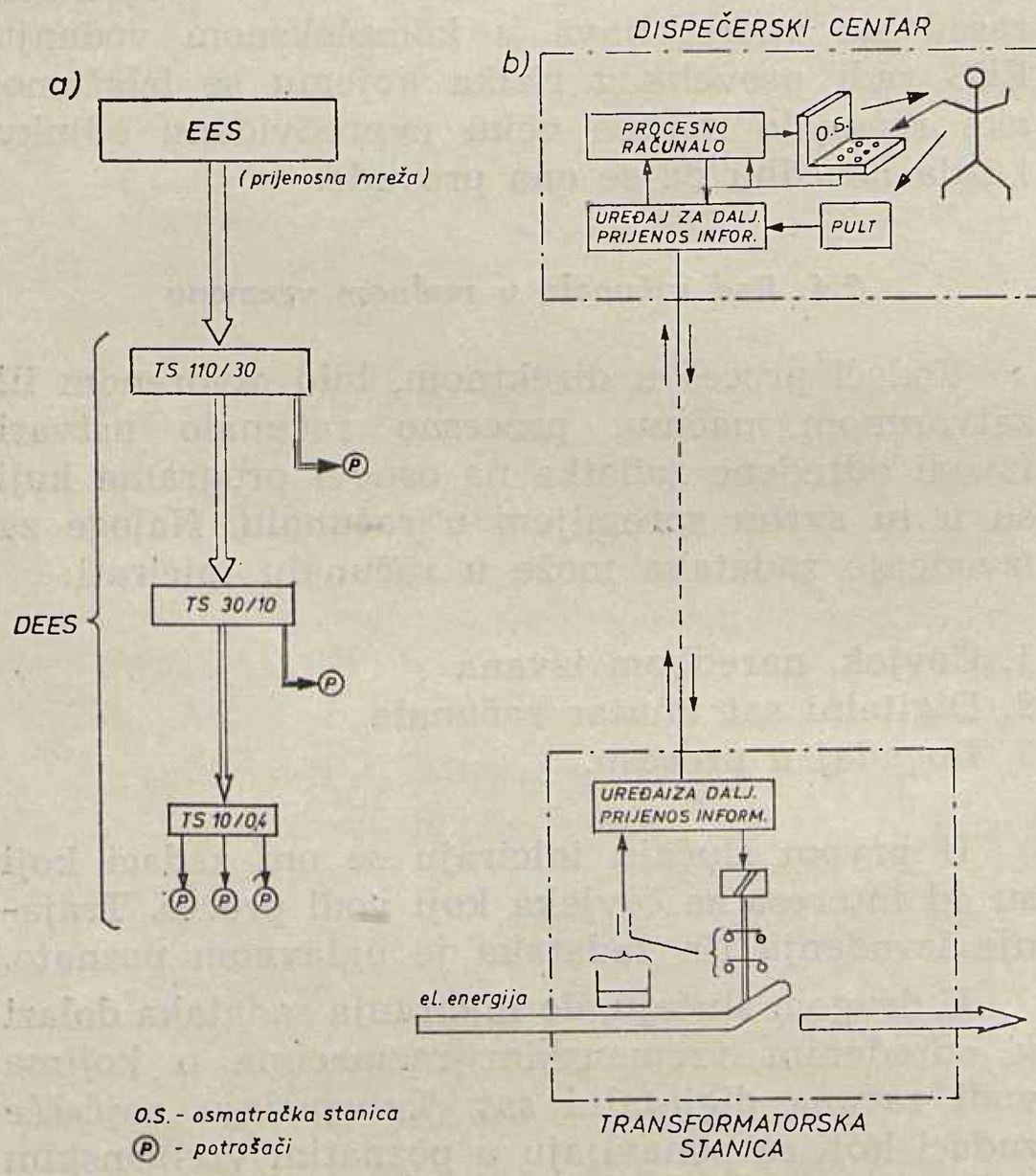
Obrada zadataka manje hitnih prekida se nastupom događaja od veće hitnosti tek onda, kada po prioritetnoj listi dođe na red. Na taj način se osigurava da se kod istovremenih događaja zadaci obrađuju po redoslijedu hitnosti svakog zadatka.

3. Energetski i informativni proces

Karakteristika DEES, u odnosu na ostale EES, jeste ta što u takvim sistemima nema većih izvora električne energije — generatora.

Zbog toga osnovni *energetski proces* ne »počinje« od generatora već od mjesta na kojima se preuzima električna energija od prijenosne mreže, a »završava« na priključcima potrošača (sl. 4a).

Prema tome, u energetskom procesu ovako definiranog DEES »ne učestvuju« u procesu generatori, već samo vodovi i transformatori, kao osnovni elementi EES. Vođenje takvih sistema je jednostavnije, jer se ne mora voditi računa o dosta kompleksnim problemima optimalnog korištenja i uključenja izvora u sistem, regulacije frekvencije sistema, itd.



Sl. 4 a) energetski i b) informacijski proces

Osim energetskog procesa, što smo ga nazvali osnovnim, odvija se u EES gotovo jednako važan *informacijski proces.*

Za razliku od energetskog procesa, koji se odvija samo u jednom smjeru: k potrošačima, informacijski proces se odvija u oba smjera: od transformatorskih stanica k DC i od DC prema transformatorskim stanicama (sl. 4b).

U EES s procesnim računalom počinje informacijski proces od *mjernih strujnih i naponskih transformatora* (analogne informacije) ili od *pomoćnih kontakata* prekidača, rastavljača, regulacionih sklopki, zaštitnih releja, itd.

Analogne informacije pretvaraju se u *mjernim pretvaračima* u pogodne istosmjerne struje (obično 0—20 mA), a zatim u analogno-digitalnim pretvaračima u digitalne informacije.

Sve informacije (sada digitalne) skupljaju se u transformatorskim stanicama u tzv. *uređajima za daljinski prijenos,* gdje se priređuju za linijski prijenos najčešće *kabelima* u odgovarajući sličan uređaj, u DC. U njemu se informacije pripremaju za obradu bilo u *procesnom računalu* ili niže organiziranim uređajima (Data loggeri) i prezentiraju čovjeku (sl. 4b), kod kojega informacijski proces u smjeru TS—DC završava.

U obrnutom smjeru: DC—TS, proces počinje od *čovjeka* i završava na *izvršnim organima* (relejima) u transformatorskim stanicama, koristeći na putu već nabrojene elemente koji su se koristili u smjeru TS—DC s napomenom da su informacije što ih čovjek upućuje u stanicu, odnosno elektroenergetskom sistemu, isključivo digitalne.

Informacijski proces, kao nosilac informacija, utoliko je važniji ukoliko EES ima viši stupanj organiziranosti, kao što je i kvaliteta obrade informacija važnija, ukoliko se želi kvalitetniji energetski proces.

Prema tome, kvalitetnija obrada informacija što je omogućuje procesno računalo pridonijet će kvalitetnijem vođenju energetskog procesa, što rezultira kvalitetnijom i sigurnijom opskrbom potrošača električnom energijom.

4. Mogućnost upotrebe procesnog računala u vođenju pogona DEES

Sve zadatke što ih procesno računalo može rješavati u vođenju DEES, svrstat ćemo u pet grupa:

1. Zadaci u indirektnom radu
2. Prikupljanje i zapisi informacija
3. Nadzor energetskog procesa
4. Programsko upravljanje
5. Zadaci u zatvorenoj petlji.

Takva je podjela zadataka u skladu s načinima rada procesnog računala (točka 2). Tako 1. grupa odgovara potpuno prvom načinu (točka 2.1.), 5. grupa trećem načinu (točka 2.3)), a grupa 2, 3 i 4 drugom načinu (točka 2.2).

Osim toga ova podjela i logički odgovara redoslijedu kojim se upotrebljavaju računala u vođenju pogona EES.

Nabrojimo neke zadatke iz pet spomenutih grupa:

1. grupa:
   Dugoročne, tjedne i kratkoročne analize potrošnje električne energije
2. grupa:
   — prikupljanje i zapis informacija o promjeni stanja (prekidača, rastavljača itd.)
   — prikupljanje i zapis informacija o energetskom procesu (snage, struje, energije)
3. grupa:
   — nadzor graničnih veličina (stanje napona, snage unutar obračunskog razdoblja, i sl.)
4. grupa:
   — ukapčanja i prekapčanja po zadanom programu, npr. prebacivanje odvoda s jednog sistema sabirnica na drugi
5. grupa:
   — regulacija napona na mreži
   — nadređena zaštita.

5. O programima u procesnom računalu

Svaki zadatak koji je predviđen za rješavanje u procesnom računalu, tj. svaka aktivnost koju računalo obavlja, zahtijeva poseban program što je potrebno u tu svrhu izraditi. Za niz aktivnosti postoji dakle »paket programa« spremljenih u memoriji računala, koji se pozivaju informacijama (alarmima) iz postrojenja ili davačem vremena (digitalnim satom). Npr. ako iz postrojenja dođe informacija — alarm o promjeni stanja nekog prekidača, poziva se program za zapis te informacije, a ako je do te promjene došlo zbog kvara u EES, program inicira i čujnu signalizaciju.

Davač vremena, kao sastavni dio računala, može npr. svakih 30 min pozivati program za zapis mjernih vrijednosti.

Ako u isto vrijeme dođe nalog za izvođenje više programa (npr. više alarma istovremeno), tada poseban organizacioni program određuje prioritet, jer se istovremeno na jednom računalu može izvoditi samo jedan program. Vanjskom promatraču može izgledati da računalo istovremeno obavlja više zadataka zbog simultanog rada perifernih izlaznih jedinica.

Programi iz »programskog paketa« mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe:

— sistemski programi računala
— programi za primjenu.

Sistemske programe radi proizvođač računala. Svrha im je unutrašnja organizacija u računalu, a karakteristika da se mogu koristiti za vođenje različitih procesa.

Programe za primjenu izrađuje korisnik računala ili, uz njegovo učešće, proizvođač. Svrha im je rješavanje pojedinih zadataka u procesu, a karakteristika da se mogu primijeniti samo u određenom procesu. Stoga je razumljivo što se preporuča da takve programe rade korisnici računala koji najbolje poznaju tehnološke specifičnosti procesa.

Nastoji se da sistemski programi budu što univerzalniji, kako bi se sa što manje dodatnih zahvata riješilo što više specifičnih problema korisnika. U tome proizvođači nalaze svoj ekonomski interes.

Osim toga, izradom pojedinačnih programa za primjenu, kojima se nastoji riješiti što više pojedinačnih zadataka što se pojavljuju u vođenju i planiranju EES, te pronalazeći pogodne metode za njihovo rješavanje, dolazi se sve više do znanja koja će u budućnosti omogućiti izradu općeg kompleksnog programa za vođenje procesa, u ovom slučaju programa za vođenje energetskog procesa i upravljanja EES.

Problemi pri izradi programa za procesno računalo sastoje se u pronalaženju odgovarajućeg algoritma, dovoljno »brzog« za rad računala u realnom vremenu. Stoga se programi pišu u nižim jezicima (npr. ASEMBLER-u), a samo kod većih računala u višim jezicima (FORTRAN-u ili PL 1) ili, što je češći slučaj, u mješovitim jezicima, tako da se u ASEMBLER-u pišu programi koji služe za prikupljanja, ulaz i izlaz podataka (oni se zato pretežno nalaze u radnoj memoriji), a u višim jezicima programi koji služe za obradu podataka gdje se koriste opsežniji proračuni. Takvi programi su pretežno smješteni u vanjskoj memoriji računala.

Težnja za pisanjem programa u višim jezicima (naročito programa za primjenu) opravdava se time što se takvi jezici brže nauče. Osim toga programi se rade 3—4 puta brže i s manje pogrešaka a programske liste brže i lakše čitaju. Compileri su bolji, pa se formalne pogreške lakše uočavaju, a mogu se upotrebljavati, bez velikog prilagođavanja, programi pisani za obična računala koja rade u indirektnom (off-line) radu. Na kraju spomenimo da se programiranjem na višim jezicima rješava i problem programera, jer se relativno lako može nadoknaditi odlazak programera koji je programirao na višim jezicima, a teže onog koji je programirao na nižim jezicima. U današnje vrijeme velike fluktuacije radne snage ovaj se problem također treba uzeti u obzir.

6. O informacijama između procesnog računala i DEES

Jedan od važnih problema kod uvođenia procesnog računala jeste izbor informacija koje daljinskim putem valja dovoditi procesnom računalu. Tome problemu je potrebno u principu pristupiti tako da se pođe od definiranih, tj. poznatih zadataka koje će računalo raditi. Na osnovi toga moguće je provesti analizu potrebnih informacija za rješenje pojedinog zadatka, kao i, ovisno o mogućnostima uređaja za daljinski prijenos,

potrebne brzine prijenosa informacija. Kod analize treba poštovati i ekonomski kriterij pa ne dovoditi one informacije koje su potrebne samo jednom u godini. Da ilustriramo postavljeni princip provedimo analizu informacije za zadatak 4.3. 10., tj. poznavanje aktualnog uklopnog stanja.

Uzmimo za prvi čas da želimo prikupiti sve informacije koje određuju uklopno stanje. U tu svrhu nužno je poći od jednopolne sheme postrojenja, u našem slučaju neka to bude transformatorska stanica 30/10 kV. Za uklopno stanje mjerodavan je položaj prekidača i rastavljača. Informaciju o položaju prekidača nužno je dovoditi u DC, bez obzira na mjesto prekidača u postrojenju. Nasuprot tome, informaciju o položaju rastavljača nije u svakom slučaju nužno dovoditi u DC budući di je uloga rastavljača u postrojenju različita. Kada se npr. ta uloga svodi samo na vidljivo odvajanje strujnog kruga, tada položaj rastavljača nije od interesa za uklopno stanje EES, jer su tada prekidač i spomenuti rastavljač spojeni u seriju.

Transformatorska stanica ima na strani 30 kV jednoktruke i pomoćne, a na strani 10 kV dvostruke i pomoćne sabirnice.

Analiza potrebnih informacija o položaju rastavljača stanice, s obzirom na poznavanje uklopnog stanja EES, prikazana je u tab. 1.

Tablica 1

Red. br.	Mjesto	Naziv	Potreba	Obrazloženje:
1	Trafo--vodno polje 30 kV	izlazni	da	— informira da je vod spojen bilo na sabirnice ili na transformator.
		sabirnički za	da	— sabirnice su spojene na vod ili na transformator.
		uzemljenje	ne	— ne informira o uklopnom stanju sistema
		transformatorski		— dovoljno je znati položaj prekidača.
2	Vodno polje 30 kV	pomoćnih sabirnica	ne	— za uklopno stanje nije od interesa da li je vod spojen na sabirnice preko sklopke ili preko spojnog polja.
		ostali	ne	— dovoljno je znati položaj prekidača.
3	Spojno polje 30 kV		ne	— dovoljno je znati položaj prekidača u spojnom polju.
4	Mjerno polje 30 kV		ne	— ne daje informaciju o uklopnom stanju sistema.
5	II trafo polje 10 kV	I sabirnički	da (ne)	— informacije o stanju jednog (bilo kojeg) sabirničkog rastavljača kažu koje su sabirnice (vodovi) priključeni na transformator II. (slučaj odvojenog pogona transformatora)
		II sabirnički	ne (da)	
6	Trafo polje 10 kV	kao 5.	kao 5.	— kao 5.
7	Polje rez. komp.	I sabirnički	ne	— ne daje informaciju o uklopnom stanju sistema.
		II sabirnički	ne	
8	Vodno polje 10 kV	pomoćnih sabirnica	ne	— isto kao pod red. br. 2
		za uzemljenje	ne	— ne informira o uklopnom stanju sistema.
		izlazni	ne	— dovoljno je znati položaj prekidača.
			da	
		I sabirnički	(ne)	— isto kao pod red. br. 5
		II sabirnički	ne (da)	
9	Mjerno polje 10 kV		ne	— isto kao red. br. 4
10	Polje 10 kV uzdužnog spajanja sabirnica	I uzdužni	da	— informira o vezi vodova na lijevom i desnom sektoru.
		II uzdužni	da	
11	Spojno polje 10 kV		ne	— isto kao pod red br. 3
12	Kućni trafo		da	— nije interesantno za uklopno stanje EES i, osim toga, dovoljno je znati položaj prekidača.
13	Uzemljenje zvjezdišta		da	— informira o vezi EES sa zemljom

Kod ove analize poštovao se samo jedan kriterij — poznavanje uklopnog stanja. Razmatrajući neki drugi zadatak i potrebne informacije za njegovo rješenje na procesnom računalu poštivao bi se drugi kriterij, pa postoji mogućnost da se za isti elemenat postrojenja donese druga odluka. Analizirajući tako potrebne informacije za rješavanje svih predviđenih zadataka došlo bi se do ukupnog broja i vrste informacija koje je potrebno prikupiti iz DEES.

Za konačnu odluku potrebno je informacije podvrći još i analizi s obzirom na ekonomičnost.

7. O uvođenju procesnog računala u DC distributivnog elektroenergetskog sistema

Kao i svaki drugi tehnički pothvat, tako i uvođenje procesnog računala mora imati opravdanje u očekivanim ekonomskim i drugim (nemjerljivim) koristima.

Ovo napominjemo stoga što se u svim razmatranjima o uvođenju procesnog računala ta činjenica mora stalno imati na umu, kako bi se u potpunosti iskoristile mogućnosti procesnog računala. Dakako da su koristi od uvođenja procesnog računala specifične za svakog korisnika.

Za ilustraciju spomenimo ekonomske aspekte uvođenja računala u poduzeće »Badenwerk« iz Karlsruhe-a (L 7) koje ima maksimalnu snagu od 1700 MW i godišnju potrošnju energije od 10 TWh.

To poduzeće je za vođenje pogona mreže, razdiobu snage i obračun energije za veće potrošače i za obračun razmjene s ostalim EES, instaliralo procesno računalo Siemens 305 za koje, zajedno s pripadnim uređajima, iznose godišnji troškovi 950.000 DM.

Računalo obavlja slijedeće zadatke:

1. Prikupljanje i osnovnu obradu informacija iz uređaja za daljinski prijenos;
2. Zapis pogonskih stanja, zapis smetnji (kvarova), zapis pogrešaka mjernih vrijednosti i vrijednosti digitalnih brojača;
3. Memoriranje modela mreže;
4. Pomoć u analizi kvarova;
5. Nadzor sigurnosti mreže i praćenje tokova snaga;
6. Automatsko uklapanje (izmjena sabirnica);
7. Obračun energije i pripremanje statističkih podataka za rad na računalu Siemens 4004 s kojim je procesno računalo Siemens 305 vezano;
8. Optimiranje korištenja energetskih izvora (offline);
9. Regulaciju frekvencija — snaga.

Za obavljanje spomenutih zadataka dobije se u ovom konkretnom slučaju mjerljiva ušteda od 210.000 DM/god. zamjenom 7 osoba (30.000 DM/ /god., čovjek). Prema tome, uzevši u obzir samo uvjerljive uštede, ne bi bilo opravdano uvođenje procesnog računala, jer nastaje manjak od: DM/god. odnosno čisti odbitak od

950.000 DM/god.
—210.000 DM/god.
740.000 DM/god.

Pod pretpostavkom da će se primjenom računala optimalnije voditi pogon i uštedjeti samo 1% troškova prijenosa i razdiobe električne energije, tada se u navedenom slučaju dobije ušteda od 3,000.000 DM/god. odnosno čisti odbitak od

3,000.000 DM/god.
— 740.000 DM/god.
2,260.000 DM/god.

što u potpunosti opravdava uvođenje računala.

Za cjelovitu ekonomsku analizu trebalo bi još uzeti u obzir uštedu od smanjenja trajanja beznaponskog stanja koje se može izračunati iz poznate cijene izgubljenog kWh/min. za cijeli sistem a također i nemjerljive koristi.

Prije ekonomske analize koja treba pokazati da li postoji opravdanje za uvođenje procesnog računala, potrebno je za svaki konkretan slučaj analizirati:

1. Stupanj poboljšanja procesa koji se postiže uvođenjem računala, što je relativan pojam jer stupanj poboljšanja ovisi o nivou automatizacije prije uvođenja računala.
2. Postojanje realnih mogućnosti optimiranja u vođenju procesa ili, drugim riječima, da li je proces toliko kompleksan da se otpimiranje vrši prema više kriterija što se bez računala ne može provesti, te da li stoje na raspolaganju svi parametri potrebni za optimiranje.
3. Mogućnost provedbe s vlastitim kadrom opsežnih i dugotrajnih analiza procesa, kao pripremne faze, i na osnovu toga izradu i testiranje programa za primjenu.

Naglasimo još jednom, a to je očito i na primjeru poduzeća Badenwerk, da uvođenje procesnog računala, za razliku od uvođenja drugih uređaja, zahtijeva izvanredne pripreme bez kojih se ono ne može iskoristiti, dakle može predstavljati mrtvi kapital ili čak samo smetnju u pogonu.

Na primjer u poduzeću Badenwerk iznosili su personalni troškovi više od polovine cijene računala s kompletnom periferijom, a taj omjer je kod poduzeća s nižom razinom eksploatacije još veći u korist ljudskog rada.

Prema tome uvođenje procesnog računala u pravilu ne dovodi do smanjenja ljudi nego, nasuprot tome, traži i veći i kvalitetniji stručni rad.

Literatura

1. Anke, Kaltenecker, Cetker: *Prozessrechner, Wirkungsweise und Einsatz,* R. Oldenburg, München, Wien 1971.
2. P. Dragojlović: *Informatika,* Školska knjiga, Zagreb 1971.
3. D. Rumpel: *Einsatz von Prozessrechnen im Netzbetrieb der Elektrizitätsversorgungsunternehmen* Elektrizitätswirtschaft 1968 H. 20.
4. Gubernić, Matajić, Miloić, Petrović: *Sistemi, upravljanje sistemima, sistemske discipline, tehnike i metode,* Institut »Mihajlo Pupin« Beograd 1970.
5. G. Klaus: *Wörterbuch der Kybernetik,* Fischer Bücherei, Frankfurt, Hamburg 1969
6. R. J. Pomberger: *On-line kontrola električne mreže,* JUREMA Zagreb, 1973
7. EDV — *Anlagen im elektrischen Netzen* (VDE — Fachtagung 1972. in Stuttgart), ETZ-A, Bd. 93 (1972) H. 5
8. UCPTE — Untergruppe: *Rechenanlagen im Betriebsdienst,* 1973.
9. *Equete relative a la telecomande des postes de transformation haute tension / moyenne tension et des postes de couplage a moyenne tension.* Comite d'Etudes de la Distribution, UNIPEDE 50/D. 5 1973.
10. P. 6. Harhammer: *Der Einsatz des Prozessdatenverabeitungssystem IBM 1800 in der Elektrizitätswirtschaft,* ÖZE H. 1 1966.

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

NEKI ASPEKTI ORGANIZIRANOG PRISTUPA RACIONALNOJ POTROŠNJI I ŠTEDNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

J. Bubnjević — M. Šicel, Zagreb

Ukratko je prikazan razvoj proizvodnje i potrošnje, kao i sadašnje stanje nestašice električne energije u Hrvatskoj. Općenito su prikazane mogućnosti štednje električne energije, a posebno za naše konkretne prilike aspekti organiziranog pristupa racionalnoj potrošnji, što je rezultat dosadašnjih iskustava.

1. Uvod

Analize elektroenergetskih prilika u Jugoslaviji i SR Hrvatskoj ukazuju na dosta nepovoljnu situaciju u bliskoj budućnosti, jer se nalazimo u doba stalne oskudice električne energije, što postavlja sve oštrije zahtjeve pri izbooru tehnike i tehnologije u području proizvodnje električne energije.

Usporedno s izgradnjom i razvojem savršenijih izvora električne energije nastoji se smanjiti gubitke energije.

Razvoj ukupnih svjetskih potreba za energijom ovisan je uglavnom o ovim faktorima:

1. porastu stanovništva,
2. sve većim potrebama za energijom srazmjerno privrednom razvoju i poboljšanju životnog standarda razvijenih zemalja,
3. o skokovitom porastu potreba zemalja u razvoju.

Prema podacima (Lit. 1), ukupna potrošnja primarne energije u svijetu rasla je u posljednjih 20 godina u prosjeku za 3,9%.

Za pokrivanje potreba za energijom stoje u svijetu na raspolaganju iscrpljivi i obnovljeni izvori primarne energije. Pod iscrpljivim rezervama podrazumijevaju se ugljen, nafta, prirodni plin i nuklearna energija, a pod obnovljenim, hidroenergija.

Prema postojećim podacima poznati energetski izvori će se iscrpsti, uz sadašnji trend energetske potrošnje vrlo brzo, tako da se već u doglednoj budućnosti može računati s općom energetskom krizom.

U perspektivi ukupne potrošnje energije za proizvodnju električne energije udio uljena i hidroenergije se smanjuje zbog iskorištenosti, a ostalih izvora energije raste (nafta, plin, nuklearna).

Električna energija ima prednosti koje ju čine vrlo privlačnom za potrošače (jednostavnost upotrebe, lakoća transporta i transformacije, odsutnost zagađivanja okoline, relativno niska cijena koštanja, i dr.), dakle prednosti koje bez sumnje igraju veliku ulogu u smislu poticaja potrošnje električne energije u odnosu na ostale oblike energije.

Ovdje je bitno spomenuti jednu od specifičnih karakteristika, koja se odnosi na proizvodnju i potrošnju električne energije, a to je da se tehnički ne može izvršiti uskladištenje električne energije, zbog čega proizvodnja treba biti istodobna i jednaka potrošnji.

Prema tome, izgradnja kapaciteta elektroenergetskih postrojenja mora prethoditi razvoju potrošnje električne energije, kako bi se u času postavljenog zahtjeva potrošača za drugom energijom mogla staviti na raspolaganje potrebna količina.

U ovom slučaju važnu ulogu ima racionalna potrošnja električne energije, koja u pravilu isključuje ograničenje potrošnje (redukcije), te je glavna svrha racionalizacije, težnja za optimalnim korištenjem sredstava za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije u skladu s njihovim karakteristikama.

Nesklad razvoja proizvodnje i potrošnje, a na štetu proizvodnje električne energije, došao je u našoj zemlji do punog izražaja u nemogućnosti zatvaranja elektroenergetske bilance za 1974. godinu. U takvim uvjetima neminovne su i mjere ograničavanja potrošnje električne energije.

Nije isključeno da bi u ovakvim uvjetima racionalnija potrošnja u cijeloj Jugoslaviji ublažila postojeću nestašicu električne energije na pojedinim područjima.

2. Kratak prikaz razvoja elektroprivrede u Hrvatskoj i Jugoslaviji

Promatrajući razvoj elektroprivrede u SR Hrvatskoj i SFR Jugoslaviji, u posljednjih deset godina, od 1963. — 1973. godine, može se zaključiti da je porast instalirane snage u Hrvatskoj u zaostatku (porast 2,13 puta), prema prosječnom porastu u SFR Jugoslaviji (porast 2,62 puta).

Vrlo indikativno je promatranje porasta ostvarene proizvodnje, koji je u Hrvatskoj 1,7 puta, a u SFR Jugoslaviji 2,28 puta, što ukazuje na veliko zaostajanje u razvoju SR Hrvatske. S druge pak strane, porast potrošnje zaostaje mnogo manje u SR Hrvatskoj za 2,29 puta, a u SFR Jugoslaviji 2,67 puta.

Na osnovi toga zaključujemo, da u SR Hrvatskoj porast proizvodnje nije pratio naglu ekspanziju potrošnje, pa se je razlika morala nadoknađivati uvozom iz drugih područja i inozemstva.

Tablica 1

	Hrvatska			Jugoslavija		
	1963.	1973.	73:63	1963.	1973.	73:63
a) *Instalirana snaga (MW)*						
Hidroelektrane	505	1.023	2,025	1.777	4.306	2,423
Termoelektrane	241	568	2,357	1.304	3.784	2,902
U k u p n o	746	1.591	2,132	3.081	8.090	2,625
b) *Ostvarea proizvodnja (GWh)*						
Hidroelektrane	2.212	2.560	1,157	5.507	15.829	2,874
Termoelektrane	580	2.208	3,807	8.028	15.082	1,879
U k u p n o	2.792	4.768	1,707	13.535	30.911	2,284
c) *Ostvarena potrošnja (GWh)*						
Direk. potrošači	577	1.197	2,074	2.730	7.793	2,855
Distribucija	2.207	5.183	2,348	8.258	21.575	2,613
U k u p n o	2.784	6.380	2,292	10.988	29.368	2,673

3. Struktura proizvodnje u Hrvatskoj i režim rada proizvodnih kapaciteta u nepovoljnim hidrološkim uvjetima

Mnogobrojne analize su pokazale da u SR Hrvatskoj postojeća struktura proizvodnih kapaciteta ne garantira porast potrošnje, pa u slučajevima vrlo loših hidroloških prilika, kao što su bile prošle godine, dolazi u pitanje izvršenje bilančne proizvodnje. Nadalje, smanjenje proizvodnje hidroelektrana povlači za sobom povećanje, naprezanje i produljenje rada termoelektrana, što se također negativno odražava na sigurnost pogona i stabilnost cijelog elektroenergetskog sistema.

Stabilnost elektroenergetskog sistema u takvim uvjetima, kad nedostaje rezervnih proizvodnih kapaciteta, odražava se u osjetljivosti. Nagle promjene opterećenja mogu pri tom izazvati slom ili raspad sistema, ili pak u povoljnijim prilikama da sistem raspolaže vrlo lošom kvalitetom električne energije.

Stoga su kod nastupa nestabilnih uvjeta rada energetskog sistema nužna adekvatna ponašanja potrošača od najmanjih do najvećih. Potrebno je propisati i utvrditi pravila ponašanja svakog od sudionika u zajedničkom radu. Na taj bi se način izbjegle teže posljedice kako za elektroprivredu tako i za ostalu privredu, odnosno društvo u cjelini.

4. Varijacije opterećenja sistema i vršna opterećenja u dnevnom dijagramu

Varijacije opterećenja između dnevnih i noćnih sati, te karakteristični vrh opterećenja navečer, temelj su za utvrđivanje problema koji treba riješiti u vezi s korištenjem elektroenergetskih postrojenja, a s tim u vezi i izgradnju novih proizvodnih kapaciteta.

Za predviđanje potrebne snage proizvodnih kapaciteta za podmirenje konzuma naročito je važan dnevni maksimum, ako se ne želi taj problem rješavati drugim načinom na uštrb kvalitete isporučene električne energije potrošačima.

Tjedni dijagram pokazuje varijacije dnevnih vršnih opterećenja koja su tokom radnih dana, od ponedjeljka do petka, uglavnom jednaka, dok se subota a naročito nedjelja znatno razlikuju od radnih dana.

Godišnja promatranja razvoja mjesečne potrošnje u cjelokupnom elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske pokazuju da se minimalne potrošnje ostvaraju ljeti, a maksimalne potrošnje zimi, što nije pravilo za sva područja (konkretno priobalno područje) Tab. 2.

Maksimalna dnevna opterećenja za zimsko i ljetno razdoblje od 1969—1973. godine

Tablica 2

		1969.	1970.	1971.	1972.	1973.
P_{max}	Zima	911	1.004	1.126	1.208	1.227
(MWh/h)	Ljeto	825	928	988	1.077	1.134

Porast vršnog opterećenja od 1969. do 1973. u zimskom razdoblju iznosi 316 MW ili 25,75%, a u ljetnom 309 MW ili 27,25%.

Za ilustraciju su dani uporedni dijagrami dnevnog opterećenja za radni dan, subotu i nedjelju kad nije bilo redukcija (studeni 1973. godine) i kada su redukcije bile u toku (prosinac 1973. godine).

Posebno ćemo promotriti radni dan, subotu i nedjelju.

Radni dan: treća srijeda u XI i XII mjesecu)

Iz dijagrama opterećenja u danu kad nije bilo redukcije vidljivo je, da postoje dva karakteristična vršna opterećenja u 8 sati (1040 MW) i u 18 sati (1227 MW) te dva minimalna opterećenja u 4 sata (635 MW) i u 15 sati (920 MW).

Paralelno se može promatrati treća karakteristična srijeda za vrijeme trajanja redukcije, pa se iz dijagrama vidi da dolazi do pomaka dnevnih vršnih opterećenja, koja se sada pojavljuju u 15 sati (860 MW) i u 21 sat (915 MW) i do pomaka minimalnih opterećenja u 5 sati (495 MW) i u 19 sati (700 MW), što je posljedica pomaka radnog vremena u radnim organizacijama i provedbe obaveznog smanjivanja opterećenja. Također se može konstatirati da su opterećenja za vrijeme redukcije bila znatno manja u apsolutnom smislu.

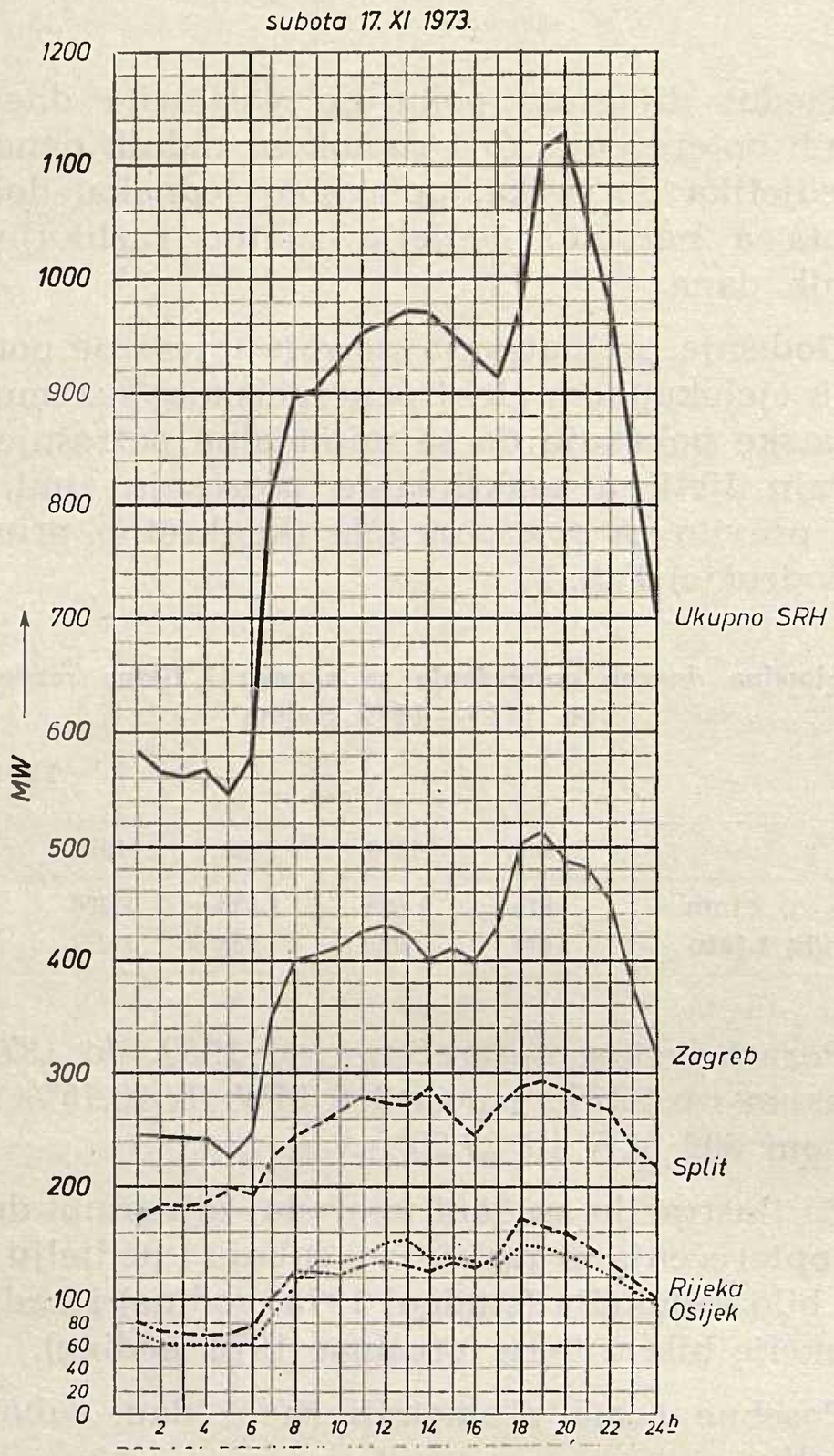
Subota:

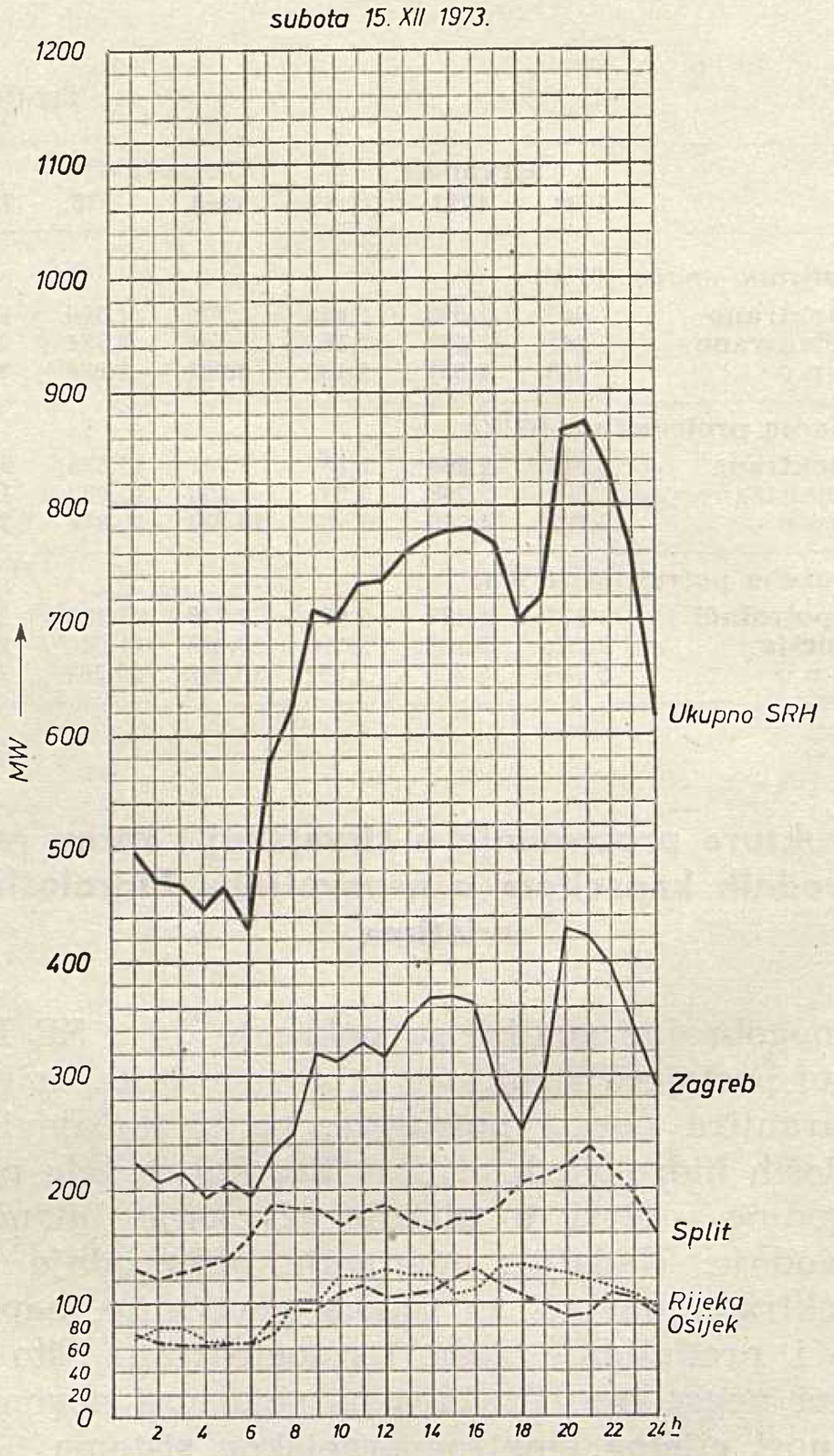
Promatrajući dnevni dijagram opterećenja od subote 15. XII 1973. za vrijeme redukcije, primjećuje se da dijagram dobiva sličan oblik kao i u radnom danu.

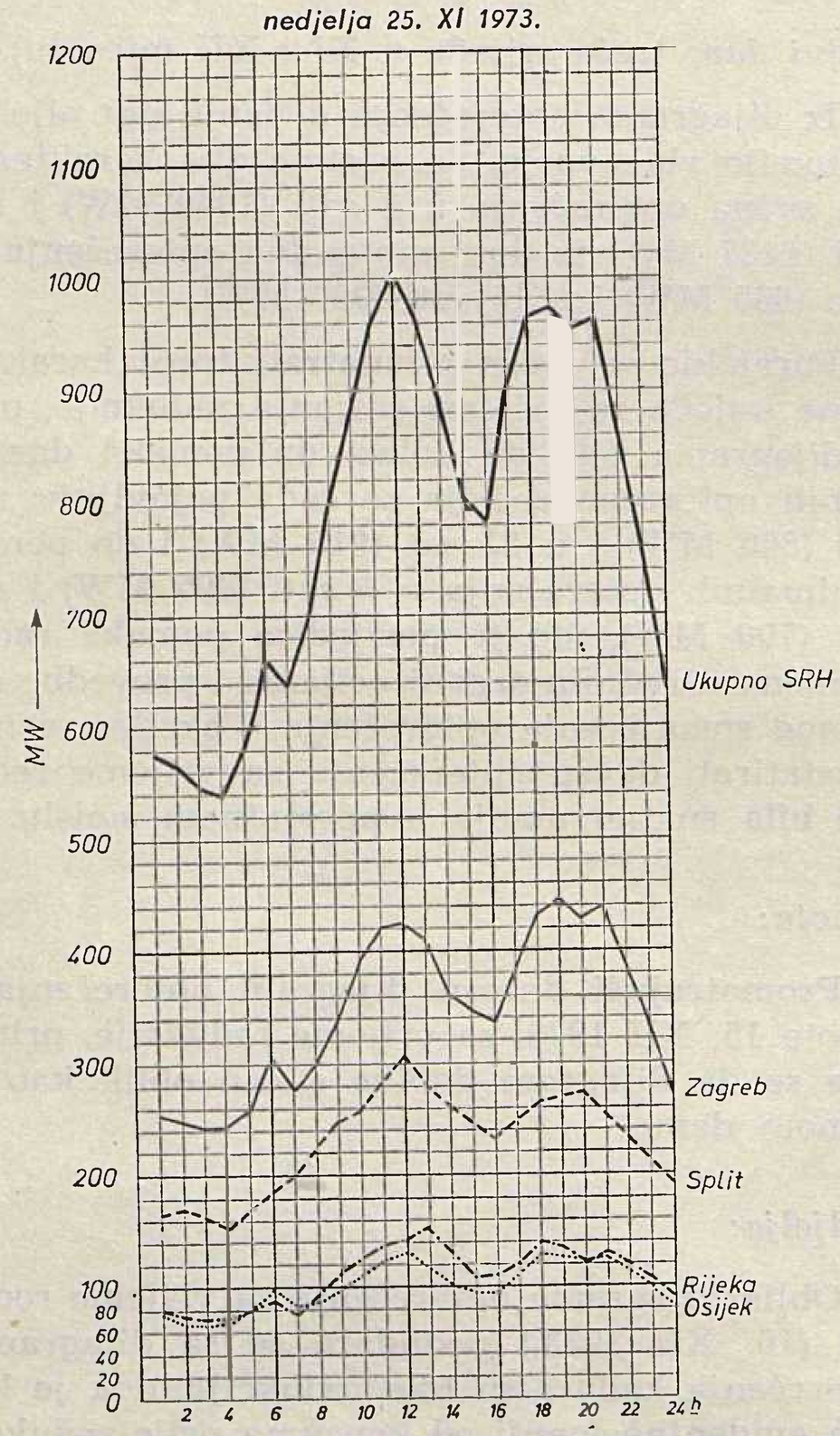
Nedjelja:

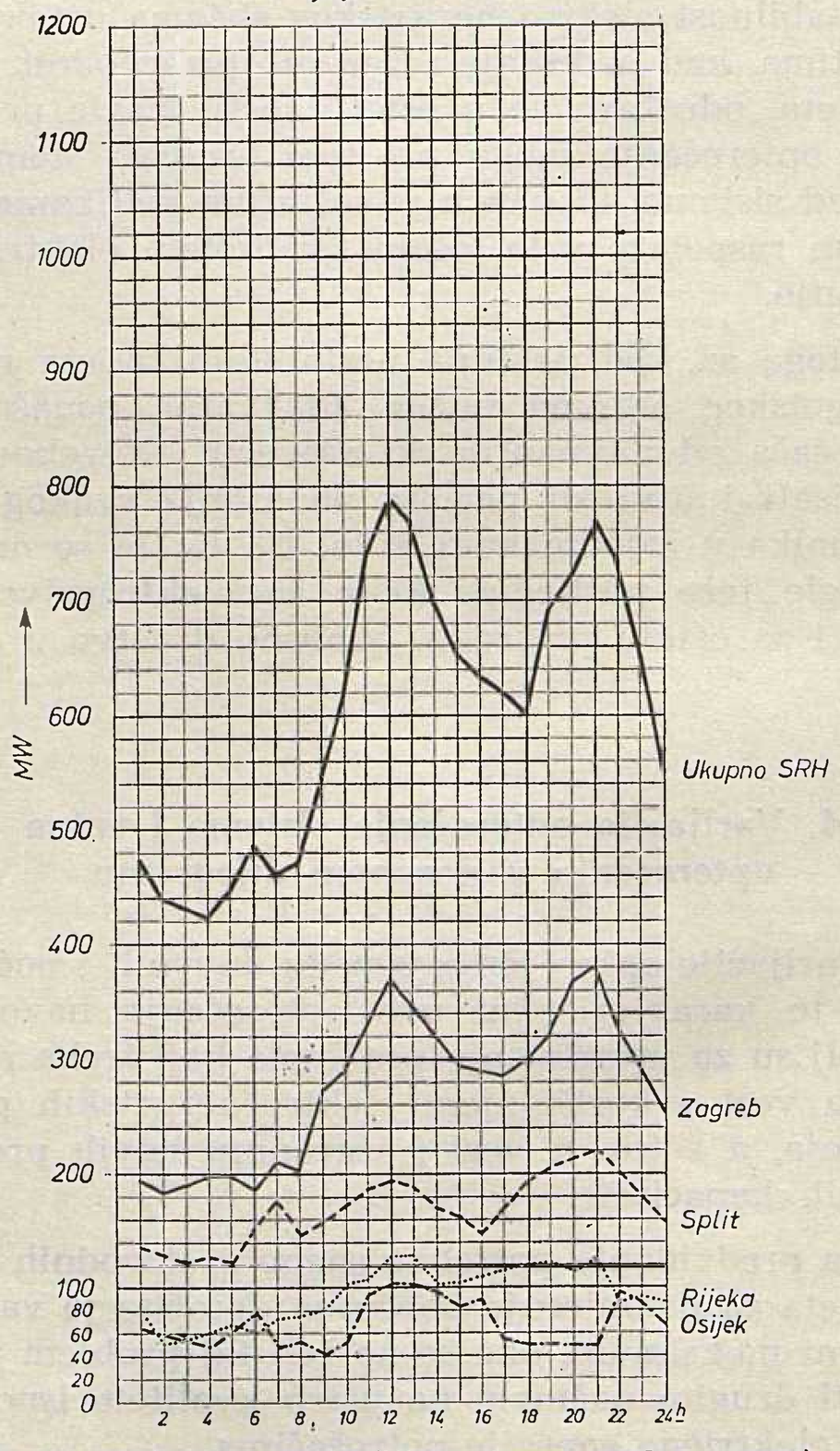
Oblik dijagrama opterećenja za vrijeme redukcije (16. XII 1973.) podudara se sa dijagramom opterećenja kada nisu bile redukcije, dok je konzum evidentno manji od konzuma prije redukcije.

SREDNJE SATNO OPTEREĆENJE SR HRVATSKE



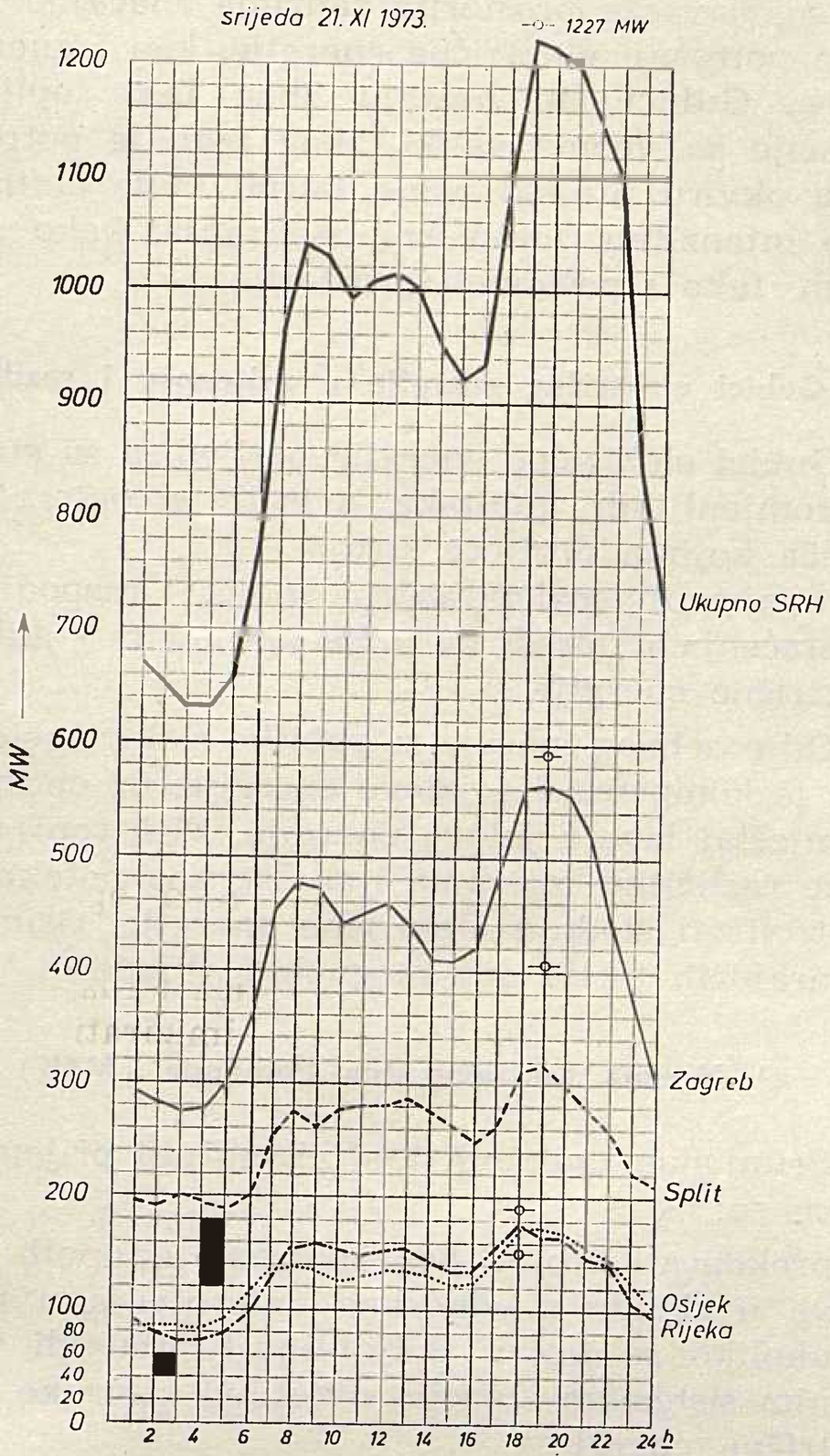


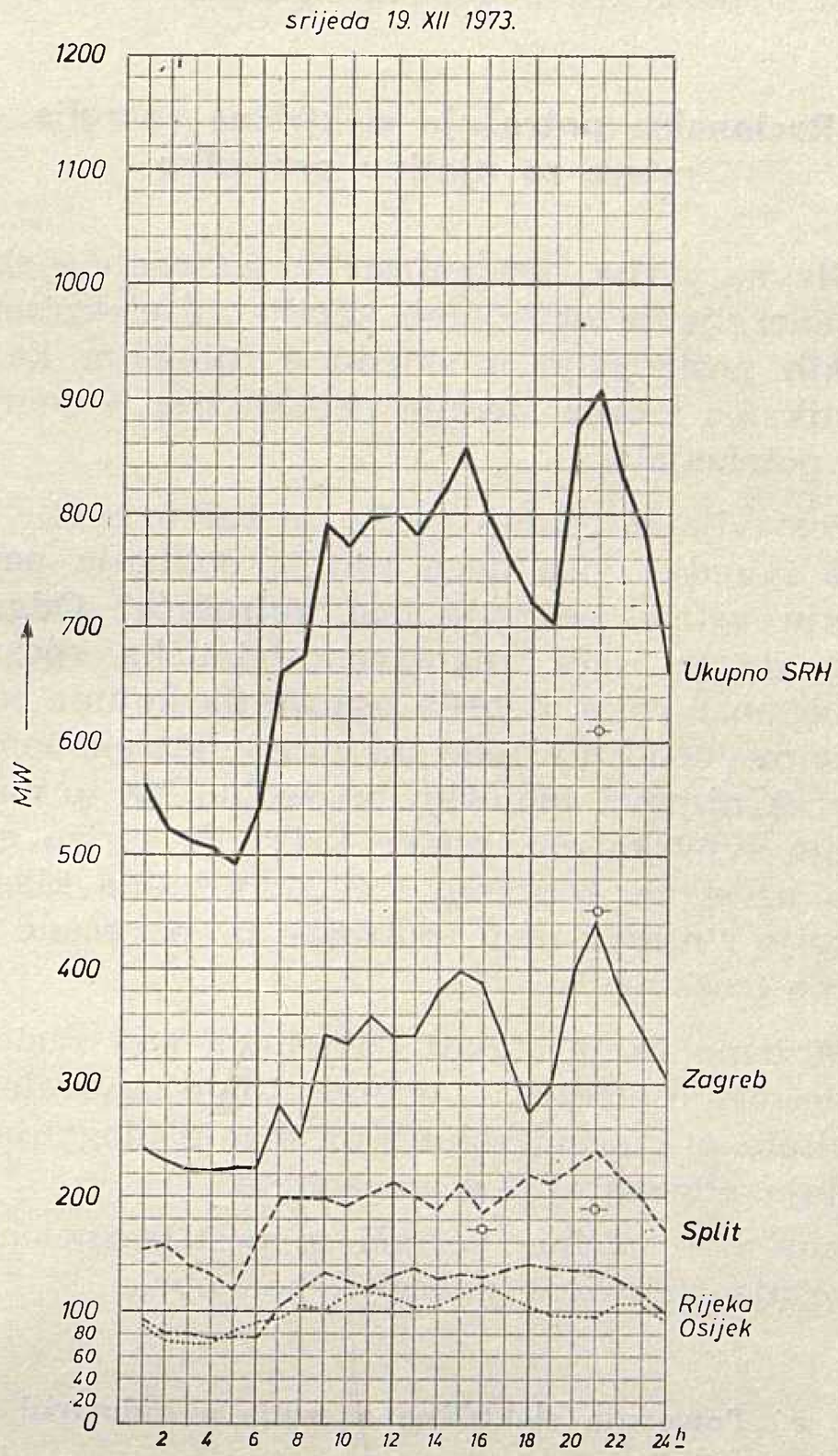




Podaci dobiveni na bazi opterećenja generatora i razmjene sa susjednim područjima (—— radna snaga)

SREDNJE SATNO OPTEREĆENJE SR HRVATSKE





5. Poželjno oblikovanje dijagrama opterećenja s obzirom na racionalnu proizvodnju električne energije

Proizvodni kapacitet svakog elektroenergetskog sistema treba biti dimenzioniran tako, da može podmiriti i zadovoljiti potražnju za snagom i energijom.

Radi optimizacije troškova izgradnje elektroenergetskih kapaciteta, a time i troškova jednostavne reprodukcije, nužno je postići što veće izravnanje dijagrama opterećenja.

Iz tog nastojanja proizlazi unapređenje ekonomike na širem planu, ne samo u interesu elektroprivrede, nego i interesu ekonomije društvene zajednice kao cjeline.

Primjenom agregata velike jedinične snage u suvremenim termoelektranama, nastaju dodatne poteškoće kod smanjivanja snage takvih agregata zbog visokogo tehničkog minimuma, posebno kod potpunih obustava.

Pogonski troškovi kao i troškovi uzdržavanja takvih pogonskih jedinica zbog toga rastu do te mjere, da dovode u pitanje održavanje ravnoteže između troškova proizvodnje potrebne za pokrivanje vršnih opterećenja i troškova koji se pojavljuju kod potrošača kao posljedica mjera za smanjenje vršnog opterećenja.

Nepoduzimanje odgovarajućih mjera u tom smislu i daljnje toleriranje nesklada proizvodnje i potrošnje električne energije, koji se djelomično očituje u niskom omjeru minimalnog prema maksimalnom opterećenju u dijagramu dnevne potrošnje, imalo bi za posljedicu nesrazmjerno povećanje investicionih troškova za zadovoljenje takve potrošnje a s druge strane bi se smanjilo racionalno korištenje proizvodnih kapaciteta.

6. Povezivanje elektroenergetskih sistema na širem području radi veće sigurnosti i optimizacije proizvodnje električne energije

Radi optimalnog rada proizvodnih kapaciteta i veće sigurnosti opskrbe potrošača s obzirom na varijacije dnevnog opterećenja i karaktera potrošnje kroz duže vremensko razdoblje, od posebnog je značaja povezivanje elektroenergetskog sistema na širem evropskom planu.

S obzirom na rasprostranjenost evropskog područja u smjeru istok — zapad, nije isključeno da bi koristeći prednosti neistodobnih vršnih opterećenja raznih sistema još više optimizirali rad proizvodnih kapaciteta u manjim sistemima čiji je dijagram dnevnog opterećenja nepovoljan.

Na taj način bi se omogućio i plasman viškova tzv. prelivne energije kojeg ograničeni konzum ne

može u doba velikih voda iskoristiti. Povezivanjem se bitno povećava pogonska sigurnost sistema.

7. Racionalna potrošnja električne energije — mjere za njezinu provedbu

Glavna svrha racionalizacije potrošnje električne energije je optimalno korištenje elektroenergetskih postrojenja u skladu s njihovim karakteristikama i opća štednja neobnovljenih energetskih potencijala.

Postavlja se pitanje, zašto se baš u novije vrijeme svugdje, više nego ranije, poklanja pažnja pitanju uštede energije kod potrošača? Odgovor glasi, da je veća znanstveno-tehnička spoznaja raznih postupaka stvorila osnove na kojima se temelje mogućnosti uštede energije i dala ekonomsku bazu za njihovu tehničku provedbu. Na to nas upućuje svjetska energetska kriza ili »kriza energije« uz signal o stanju svjetskih zaliha klasične energije i njihov nagli potrošak uz povećane specifične troškove.

Možemo pretpostaviti da ušteda kod racionalne potrošnje električne energije daje ekvivalentne rezultate u kraćem roku i uz manje ulaganja od gradnje odgovarajućeg kapaciteta.

Ima više načina kojima se postiže racionalna potrošnja električne energije, kao npr.

a) Potrošnja električne energije u industriji

Kod upotrebe električne energije u industriji potrebno je učiniti posebne napore u štednji električne energije tamo gdje je potrošnja intenzivna, tj. kod elektro-peći u željezarama, u postrojenjima za elektrolizu metala, a posebno aluminija, cementnoj industriji i industriji stakla, i sl. Razvoj moderne petrokemijske industrije također pruža mogućnosti štednje energije. Pri tome valja imati na umu da i najmanja ušteda u tim industrijama predstavlja goleme apsolutne vrijednosti u elektroenergetskom sistemu.

U rješavanju pitanja racionalizacije potrošnje električne energije u industrijskim poduzećima polazna je točka osnivanje energetsko-analitičkih službi kako kod isporučioca, tako i kod intenzivnih potrošača električne energije.

b) Potrošnja električne energije u kućanstvu

Ušteda u kućanstvu moguća je prvenstveno racionalnom upotrebom termičkih aparata za grijanje vode i grijanje prostorija. U nekim zemljama Evrope preporučene su npr. maksimalne temperature do kojih se mogu zagrijati prostorije.

Premda rasvjeta ne troši toliko energije, ipak se i kod nje mogu razumnim trošenjem postići osjetne uštede.

c) Toplinska izolacija u građevinarstvu

Zagrijavanje prostorija zauzima značajno mjesto u potrošnji električne energije, kao i energije uopće. Gubici što nastaju zbog loše toplinske izolacije su veoma veliki, zbog čega je potrebno da u okviru projektanskih normi bude definiran nivo intenziteta toplinskog izoliranja, kako stanbenih, tako i poslovnih prostorija.

d) Gubici električne energije u prijenosu i razdiobi

Gubici električne energije posljedica su stalnih i promjenljivih gubitaka ovisnih o opterećenju vodiča kojima protječe struja.
Ispravnim dimenzioniranjem vodiča i raspodjelom opterećenja u mreži može se optimizirati gubitak električne energije.

Od posebnog značaja za gubitke električne energije je kompenzacija jalove energije, uz optimalni razmještaj izvora jalove energije. Elektroprivreda može različitim mjerama i sredstvima potaknuti i kontrolirati štednju električne energije. Osim odgovarajućih tarifa one mogu biti slijedeće:

a) Mrežna tonfrekventna komanda (MTK)

Primjenom mrežnih tonfrekventnih prijemnika mogu se:

— prekopčati brojila bez upotrebe uklopnih satova u skladu s odnosima opterećenja u mreži ukoliko se takva fleksibilnost predvidi tarifnim sistemom i općim uvjetima isporuke električne energije;

— ukopčati i iskopčati termička trošila, kao što su termoakumulacione peći, električni bojleri, električne peći u pekarama, kao i druga trošila čija se upotreba može prilagoditi mogućnostima snabdijevanja električnom energijom.

Ovdje valja spomenuti da upotrebu termoakumulacionih peći treba odobravati isključivo u okviru poboljšavanja dijagrama dnevnog opterećenja područja na kojem se priključuju.

Za ilustraciju efekata koji se postižu upotrebom MTK-prijemnika na već opisani način, može poslužiti primjer iz AARAU-a u kojem se deblokiranjem tokom noći grupe bojlera s ukupnom instaliranom snagom od 13,2 MW, a blokiranjem za vrijeme vršnih opterećenja velikih električnih peći i strojeva za pranje rublja instalirane snage iznad 4 kW, što se je pokazalo kao vrlo efikasno, dobiva jednoličnije opterećenje. (Lit. 2)

Ovakvi primjeri na području mnogih elektroprivrednih poduzeća u Evropi su sasvim normalna praksa.

b) Ograničavala opterećenja (limitatori)

Upotrebom ograničavala opterećenja, tzv. limitatora, kod određenog strujnog opterećenja automatski se isključuje potrošač, a kod smanjenog opterećenja ponovno uključuje. O primjeni limi-

tatora je bilo već ranije raspravljano u elektroprivredi međutim do veće upotrebe nije došlo zato što se limitatori ne proizvode u zemlji, a u određenim slučajevima njihova upotreba ne odgovara ili potrošačima ili isporučiocima električne energije.

c) Radno vrijeme u radnim organizacijama

Iskustvo stečeno krajem 1973. godine kada su bila provedena velika ograničenja u potrošnji električne energije, pokazala su, da se ispravnim udešavanjem početka i kraja radnog vremena mogu postići vrlo značajni efekti u izravnavanju dnevnog dijagrama opterećenja. Time se postižu značajni rezultati u racionalizaciji elektroenergetskih objekata i postrojenja i racionalizaciji troškova jednostavne reprodukcije elektroprivrede. U skladu s time trebalo bi razmotriti usklađivanje radnog vremena u svim radnim organizacijama koje rade u jednoj smjeni.

d) Dvotarifni sistem i upotreba dvotarifnih brojila

Da bi se što bolje iskoristila instalirana snaga elektroenergetskih kapaciteta treba provoditi takvu tarifnu politiku prodaje električne energije, koja stimulira potrošača na racionalnu potrošnju.

Postojećim dvotarifnim sistemom omogućeno je materijalno stimuliranje potrošača električne energije, naročito u kućanstvu da jedan dio svojih trošila koristi u doba manje dnevne potražnje.

U okviru ovog sistema trebalo bi forsirati još širu potrebu dvotarifnih brojila, a tarifne stavove bi trebalo još više prilagoditi daljnjim potrebama stimulacije ukapčanja trošila u doba manje dnevne potražnje.

Postojeći tarifni sistem ne sadrži sve elemente koji stimuliraju potrošače električne energije na racionalnu potrošnju snage i racionalnu potrošnju električne energije.

Glavni elementi koje bi trebalo unijeti kao izmjene u postojeći tarifni sistem su slijedeći:

— dosljedna primjena troškovnog principa, da svaki potrošač električne energije bez obzira na napon, priključenje i vrstu potrošnje plaća onakve tarifne odnose kakvi rezultiraju iz izazvanih troškova elektroprivrede za izgradnju novih te održavanje postojećih postrojenja i objekata;
— primjena takvog tarifnog sistema na osnovi kojega će svi potrošači, uključivši i kućanstva, biti stimulirani na smanjivanje opterećenja u doba najviših dnevnih opterećenja, eventualno s izmjenom vremena trajanja veće i manje dnevne potražnje radi izmjene tarifnih odnosa između ta dva doba dnevne potražnje;
— primjena tarifnih stavova za pokriće punih troškova izazvanih potražnjom jalove snage.
— uvođenjem u tarifni sistem mogućnosti primjene veće fleksibilnosti između odnosa pojedinih tarifnih stavova za obračunsku snagu i energiju.

8. Elektroenergetske prilike u SR Hrvatskoj u 1973.

Tokom 1973. godine elektroenergetska situacija u republici bila je izrazito loša, a uslijedila je kao posljedica nedovoljne izgrađenosti elektroenergetskog sistema i izrazito loših hidroloških prilika u 1973. godini. U strukturi proizvodnih kapaciteta, kako u Hrvatskoj tako i u Jugoslaviji, prevladavaju hidroelektrane, pa, kad su hidrološke prilike nepovoljne, znatno pada ukupna proizvodnja.

Zbog nepovoljnih prilika izostala je u kritičnom razdoblju isporuka bilančnih količina iz sistema, iako je ukupna nabava u toku godine bila znatno veća od bilancom predviđene. Kao posljedica takvog stanja u energetskom sistemu uvođene su redukcije potrošnje električne energije u smislu odredaba Zakona o elektroprivredi i to početkom godine, krajem kolovoza i početkom rujna, da bi u prosincu iste godine dostigle katastrofalne razmjere. Razdoblje od 4. — 21. XII 1973. ostat će svim elektroprivrednicima SR Hrvatske, kao i potrošačima, u lošem sjećanju, jer su razmjere ograničavanja potrošnje radi održavanja elektroenergetskog sistema bile takve da je neminovno bilo iskapčanje dijelova energetskog sistema, nekad na duže, nekad na kraće vrijeme. Zbog nepripravnosti elektroprivrednih organizacija na *ovakav obim redukcija* kao i tromost prilagođavanja potrošača, kako po količini tako i vremenu trajanja, u samom početku se postavljeni program nije ostvario. Zatim je uslijedila masovna mobilizacija čitavog elektroprivrednog ljudstva na provođenju postavljenog programa redukcija. Osim toga, kratkoća roka od naloga za ograničenje i roka za provođenje ograničenja bitno je utjecala na odstupanje od zadanih ograničenja.

Provođenje zadanog ograničenja potrošnje električne energije obavljeno je uglavnom metodom periodičnog iskapčanja potrošača i zadavanjem dnevnih dozvoljenih količina električne energije industrijskim potrošačima raspektirajući pri tome potrebe tehnološkog procesa.

Valja konstatirati, da je primjenjena metoda prisilnog načina ograničavanja potrošnje električne energije prouzrokovala niz poteškoća u proizvodnji i poremetila sve životne tokove.

Zatim je slijedila organiziranija akcija na širem planu, od formiranja Operativnog štaba za programiranje proizvodnje i potrošnje električne energije na nivou republike do formiranja odgovarajućih štabova u svim radnim organizacijama. Akcijama elektroprivrednih organizacija pridružile su se društveno političke organizacije, organi vlasti, privredne komore, sredstva javnog informiranja (štampa, radio i TV), škole i dr.

Izvršeno je pomicanje radnog vremena u ustanovama, školama, trgovinama i privredi tokom redovnog radnog vremena, a negdje su pomicane radne smjene i dane tjednog odmora (subota i nedjelja).

Operativni štab za programiranje proizvodnje i potrošnje električne energije svakodnevno je pratio i analizirao problematiku, i na osnovi bilancom utvrđenih potreba, utvrđivao kontigente za pojedino potrošno područje iz raspoloživih dnevnih količina električne energije.

Praćenje provedbe ograničenja potrošnje kod direktnih potrošača bilo je lakše s obzirom na njihov broj, kao i broj predajnih mjernih mjesta. Međutim u elektrodistributivnim organizacijama, gdje su lokacije i broj industrijskih poduzeća mnogobrojniji, posao je bio teži i složeniji. Pretežni dio potrošnje električne energije realizira se u distributivnoj potrošnji, od koje oko 2/3 te realizacije čini industrija i ostala komunalna potrošnja.

Mnogobrojnost takvih potrošača zahtijeva odgovarajuću opremljenost kontrolora za dnevno praćenje i ostvarivanje potrošnje.

Potrošnja kućanstava predstavljala je također značajno područje primjene mjera štednje i ograničenja, te su u toj domeni ograničenja bila najdrastičnija, kako bi se za industriju i ostalu privredu osigurale minimalne količine električne energije potrebne za održavanje normalnog tehnološkog procesa.

9. Elektroenergetske prilike u narednom razdoblju i zadaci koji predstoje

Elektroprivreda SR Hrvatske ušla je u 1974. godinu sa nezatvorenom elektroenergetskom bilancom električne energije, vrlo niskim stanjem akumulacija u akumulacionim jezerima, havarijom nekih proizvodnih termokapaciteta i potražnjom za novom snagom i električnom energijom postojećih i novih potrošača.

Polazeći od pretpostavke da je realna mogućnost osiguranja električne energije u 1974. godini reda veličine ostvarene potrošnje u prethodnoj godini (1973), prišlo se u tom smislu izradi reducirane bilance za 1974. godinu koja uz male korekture distributivnu potrošnju u 1974. godini zamrzava na nivou ostvarene potrošnje u 1973. godini. To na nivou republike odgovara stupnju redukcije potrošnje od oko 10%. Kod pojedinih distributivnih organizacija, zavisno o intenzitetu općeg razvoja pojedinog područja, taj postotak neznatno odstupa.

Provođenje i ostvarivanje zacrtane potrošnje reduciranom bilancom u prva tri mjeseca ove godine izvršeno je kod većine elektroprivrednih organizacija uspješno. Pojedine distributivne organizacije i direktni potrošači trošili su veće količine električne energije od dozvoljenih, pa će prema važećim odlukama i dogovorima biti prinuđene na obvezno uklapanje u zadane okvire u određenom roku pod prijetnjom primjene sankcija. Pozitivni rezultati ostvarene potrošnje električne energije u prvom tromjesečju ove godine ostvareni su u znaku štednje i racionalne potrošnje električne energije, svugdje i na svakom mjestu, bez mjera isključivanja i uskraćivanja isporučioca.

U toku je ekonomska analiza i kvantifikacija minulih redukcija, te utvrđivanje šteta nastalih kod nekih sudionika u minulom razdoblju, koje vjerojatno neće biti male.

10. Rad elektroenergetskog sistema u specijalnim uvjetima (ograničena opskrba električne energije)

Radom elektroenergetskog sistema u posebnim uvjetima podrazumijevaju se uvjeti u kojima bi došlo do ograničene opskrbe električnom energijom i nesklada proizvodnje i potrošnje zbog:

— nedovoljne izgrađenosti elektroenergetskog sistema;
— loših hidroloških prilika s obzirom na znatan udio hidroelektrana u proizvodnji električne energije;
— elementarnih nepogoda koje bi onesposobile elektroenergetska postrojenja za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije;
— havarija na elektroenergetskim postrojenjima bilo proizvodnim ili prijenosnim.

Takve prilike traže tada najoptimalnije korištenje raspoložive (ograničene) energije sa stanovišta društvene ekonomike.

Da bi se to moglo postići elektroprivredne organizacije, a i potrošači, moraju biti uvijek pripravni za rad u takvim uvjetima.

Pripravnost elektroprivrednih organizacija traži razrađena pravila ponašanja i radnje koje treba činiti u formi operativnog plana i programa štednje i ograničenja potrošnje električne energije u specijalnim uvjetima.

Operativni plan i program štednje i ograničenja potrošnje na nivou elektrodistributivnih radnih organizacija, treba da sadrži slijedeće:

1) Jedinstvene stupnjeve ograničenja (10, 20 i 30%) za koje će se izvršiti razrada programa štednje i ograničenja;
2) Mjesečno razrađen program štednje i ograničenja po grupama potrošnje, bez obzira na naponski nivo i vrstu privredne djelatnosti pojedine radne organizacije;
3) Popis većih potrošača s njihovim udjelom u ukupnoj i ograničenoj potrošnji električne energije za pojedine stupnjeve ograničenja po mjesečnoj dinamici;
4) Popis potrošača koji se ne reduciraju (bolnice, javne ustanove i dr.) sa količinama električne energije, koje mogu utrošiti;
5) Pripremljene akte (naloge, odluke i ostale upute) te prateću dokumentaciju o provedbi redukcije;
6) Operativni plan potrebnog ljudstva i sredstava za provedbu svakog stupnja ograničenja;
7) Relativne faktore koji definiraju odnose dnevne potrošnje radnim danom, subotom i neradnim danom prema srednje dnevnoj potrošnji za svaki mjesec;

8) Popis industrijskih elektrana i kućnih agregata na području distributivnih radnih organizacija s osnovnim pokazateljima važnim za provođenje ograničenja potrošnje:
   — naziv elektrane (prema vlasniku)
   — stabilna, prijenosna, hladna rezerva u normalnim prilikama
   — raspoloživa snaga (instalirana snaga)
   — moguća proizvodnja
   — mogućnost sinhronizacije na energetski sistem, te osiguranost pogonskim gorivom
   — vrijeme potrebno za ulazak u pogon.
9) Nadalje program treba da sadrži i ocjenu svake distributivne radne organizacije do kojeg postotka može obaviti ograničenje bez prisilnog iskapčanja na svojem području.

Ovako izrađen program treba biti ushlađen s ostalim zainteresiranim faktorima na području djelovanja distributivne organizacije, što će ujedno biti i garancija njegovog uspješnog provođenja.

Uputno bi bilo izraditi jedinstvenu metodologiju za obradu pojedinih točaka plana radi jednoobraznosti svih planova, jer ukupni plan svih distributivnih ogranizacija predstavlja plan cijele distribucije. To bi u mnogome olakšalo samu izradu planova i programa u radnim organizacijama distribucije i omogućilo kraći rok njihove izrade.

Ovdje nije obrađena pripravnost društvenih institucija i potrošača. Bez njihove pripravnosti za uvjete ograničene potrošnje ne može se očekivati veći uspjeh elektroprivrednih organizacija.

11. Upute za rad energetskih službi u uvjetima ograničene potrošnje električne energije u elektroenergetskom sistemu

Rad energetskih službi u uvjetima ograničene potrošnje električne energije u elektroenergetskom sistemu obuhvaća izradu dnevnog voznog reda u kojem se utvrđuje dnevna raspoloživa energija i opći stupanj redukcije.

U skladu s tim raspoložive se količine električne energije raspodjeljuju između potrošača elektroprivrednih organizacija proizvodnje i prijenosa te razvoda i distribucije, tako da svaka energetsko-dispečerska služba pojedine elektroprivredne organizacije raspoređuje na svojem području među potrošačima prema prethodno izrađenom detaljnom planu i programu. O provedbi potrebnog nivoa opterećenja i ponašanja potrošača vodi se dnevna kontrola u skladu s Društvenim dogovorom o mjerama za povećanje i za štednju i organiziranje potrošnje električne energije i Uredbom o izvanrednim mjerama za provedbu ograničenja potrošnje električne energije.

12. Mjere za efikasnu štednju i ograničenje potrošnje električne energije

Neke od primijenjenih mjera u općoj akciji štednje i ograničenja potrošnje električne energije krajem 1973. godine na području SR Hrvatske dale su zadovoljavajuće rezultate.

Na nivou republike formiran je Operativni štab za programiranje proizvodnje, nabave i potrošnje električne energije u sistemu sa širokim ovlaštenjima.

U sastavu štaba, osim predstavnika elektroprivrede, delegirani su predstavnici državne uprave i društveno-političkih organizacija. U okviru štaba vršeno je dnevno programiranje proizvodnje, nabave i potrošnje električne energije radi što racionalnije proizvodnje u postojećim proizvodnim kapacitetima.

Izvršena je maksimalna nabava i uvoz raspoloživih količina električne energije. Provedena je maksimalna štednja i punjenje akumulacija. Poduzimane su mjere za smanjivanje trajanja remonta proizvodno-prijenosnih kapaciteta.

Na nivou distributivnih organizacija formirane su također operativne radne grupe koje su kod provođenja ograničenja poduzimale slijedeće akcije:

— Svim potrošačima kod kojih postoji mogućnost kontrole (vodeći računa o karakteru tehnološkog procesa svakog potrošača) utvrđivana je dnevna dozvoljena količina električne energije koja se mogla potrošiti prema važećem stupnju ograničenja u sistemu.
— Svim ostalim potrošačima je na prikladan način upućivana obavijest (proglas preko dnevnih sredstava informiranja) o energetskim prilikama kao i zadacima koji proizlaze iz zadanog stupnja intenziteta ograničenja. Putem javnih sredstava informiranja objavljeni su rezultati provedenog ograničenja prethodnog dana i prognoza za naredne dane.

Da bi se smanjile posljedice prilikom slijedećih ograničenja potrebno je na nivou Operativnog štaba elektroenergetskog sistema obaviti svakodnevne energetske analize i na vrijeme poduzimati odgovarajući akcije, dajući ocjenu energetske situacije.

Sistem informiranja u takvim uvjetima obuhvaća propagandne akcije u suradnji sa specijaliziranim organizacijama koje se bave propagandom, informirnjem radi pripreme slijedećih materijala:

— letaka za domaćinstvo, kao najbrojnijim potrošačima električne energije u nastojanju da u danom času ažurno prihvate zadana ograničenja;
— uputa o načinu i mogućnostima štednje električne energije pojedinim vrstama potrošača radi smanjenja potrošnje na zadanu mjeru;
— plakata i oglasnih traka za izloge i prometna sredstva;
— kolordijapozitiva za kinematografe i kratkih prigodnih filmova za TV, i
— stručnih predavanja i članaka za dnevni i tjedni tisak.

Radi pravilnog, objektivnog i pravovremenog informiranja javnosti potrebno je formirati odgovornu službu informacija s kvalificiranim kadrom, koja će služiti kao jedini izvor obavještavanja

javnosti. U prošlim redukcijama došlo je do dezinformiranja javnosti).

U ovom su prikazu došta opširno obrađeni zadaci elektroprivrednih organizacija, koje treba promatrati kao sastavni dio zadataka što rezultiraju iz Zakona o elektroprivredi i drugih pratećih društvenih dogovora i akata. Međutim, kao što je već spomenuto rješavanje problema u vezi s elektroenergetskim prilikama nije isključivi problem elektroprivrede, nego i problem potrošača električne energije i društva kao cjeline. Prema tome i potrošači i društvo imaju određenu ulogu, a i zadatke za čije provođenje se moraju najozbiljnije založiti.

Najvažniji zadaci potrošača električne energije u sadašnjem trenu su slijedeći:

— da svoju potrošnju svedu u okvire koje zahtijeva tehnološki proces, a prema stupnju raspoloživosti električne energije u sistemu u određenom vremenskom razdoblju;
— da prate elektroenergetsku situaciju i da se pridržavaju uputa i zahtjeva elektroprivrede u danom momentu;
— da preispitaju i analiziraju racionalnost potrošnje električne energije, a posebno da vode računa o kompenzaciji jalove energije;
— da izvide mogućnost parcijalne supstitucije električne energije, drugim oblicima energije.

Zadaci društva se mogu obuhvatiti kako slijedi:

— da elektroenergetici, s obzirom na njenu važnost odredi pravo mjesto i tretman u društvu;
— da stvori uvjete za razvoj elektroenergetike u skladu s razvojem privrede i društvenog standarda;
— da analizira uzroke i posljedice u domeni energetike, a posebno elektroenergetike nastale nebrigom društva i odgovornih faktora;
— da uvede sistem odgovornosti za sve faktore odlučivanja kako u budućnosti ne bi dolazilo do sličnih elektroenergetskih kriza;
— da osigura uvjete, kojima će se stimulirati brza izgradnja objekata bitnih za otklanjanje postojeće elektroenergetske krize.

Ukoliko svi sudionici u rješavanju elektroenergetske krize, tj. elektroprivreda, potrošači električne energije i društvo, odnosno predstavnici društva, ne budu savjesno, točno i na vrijeme ispunjavali sve zadatke i obveze, koje pred njima stoje u sadašnjem i naredom razdoblju, ne može se ni očekivati brzo rješenje postojeće krize, a još manje skoro otklanjanje teških posljedica za privredni i društveni život, i sandard radnih ljudi koji prati ovakvu krizu.

Literatura

1. V. Boranić: *Uvjeti razvoja energetike u svijetu i u nas,* »Energija« 1973. br. 9—10.
2. V. Mayer: *Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen,* (Aarau) Bulletin des SEV, 1965.
3. V. Horvat: *Racionalizacija potrošnje električne energije,* ZEPH, Zagreb 1965.
4. — Referati sa »*Savjetovanja o racionalnoj upotrebi električne energije u domaćinstvu*« — Valjevo — 1966. godine.
5. — Referati sa »*Symposium on the rationalization of electric power consumption*« — Warshava — 1962.
6. — Electrical World — September 1. 1973.
7. — Energiewirtschaftische Tagesfragen — Nr. 9/10 1973.
8. — Statistički godišnjaci Elektroprivrede SR Hrvatske.
9. — Statistički godišnjaci Elektroprivrede SFR Jugoslavije.
10. — Mjesečni izvještaji Elektroprivrede SR Hrvatske.

Naslov pisaca: Jovan Bubnjević, dipl. ing., Miroslav Šicel, dipl. ing., Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske, Zagreb

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

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

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

SERIJSKE PRIGUŠNICE ZA OGRANIČENJE STRUJA KRATKOG SPOJA

Andrija Milićević, Zagreb

Opisana su načela konstrukcije, sheme spoja i temeljni parametri serijskih prigušnica za ograničenje struja kratkog spoja u razdjelnim mrežama srednjih napona. Dani su podaci prema inozemnim standardima. Praktična primjena je predočena na tri primjera izbora prigušnica.

1. Uvod

U visokonaponskim rasklopnim postrojenjima (elektranama, transformatorskim stanicama, rasklopištima, itd.) struje kratkog spoja mogu imati vrlo velike vrijednosti. One će ugroziti postrojenja za transformaciju, prijenos i proizvodnju električne energije, a osim toga, presjeci kabela i vodiča odabiru se i prema uvjetima za vrijeme proticanja kratkospojne struje. Prema tome mora se kontrolirati termička i dinimička čvrstoća. Upotreba električne opreme, vodiča i kabela, ako se računaju na moguće velike kratkospojne struje, dovodi do značajnih povećanja troškova izgradnje postrojenja. U našoj zemlji, izgradnjom novih izvora i dalekovoda, proširenjem superponirane mreže 380 kV, struje kratkog spoja na nekim mjestima mogu doseći izuzetno visoke vrijednosti, što otežava ili čak onemogućuje izbor odgovarajuće opreme, ili vodiča, koji su sigurni s obzirom na termičku i dinamičku čvrstoću.

Prema tome, u visokonaponskim rasklopnim postrojenjima, primjenjuje se mjera za ograničenje (prigušenje) struje kratkog spoja, a time omogućuje primjena jeftinijih prostrojenja, lakših tipova električne opreme, sabirnica i kabela manjih presjeka. Ograničenje struje kratkog spoja postiže se povećanjem otpora mreže, omogućavanjem odvojenog napajanja generatora ili dalekovoda, i uključivanjem u mrežu posebnih dodatnih otpora. U ovom slučaju primjenjujemo induktivnu reaktanciju, koju nazivamo prigušnica (engl. Reactor).

Prigušnice možemo podijeliti prema namjeni u mreži. Podjelu dajemo onako, kako ju donose preporuke IEC (L 2).

a. Serijske prigušnice, kao prigušnice za ograničenje struje i prigušnice za podjelu tereta,

b. Paralelne prigušnice (engl. Shunt reactor)

c. Jednofazne prigušnice za uzemljenje i svitke za gašenje luka, i

d. Trofazne prigušnice i transformatori za uzemljenje.

Razmatranje u ovom članku, odnosit će se isključivo na serijske prigušnice, dakle, prigušnice koje se serijski vežu u nekom strujnom krugu sa zadatkom da ograniče struju u slučaju kvara, ili da podijele teret na paralelne krugove. Serijske prigušnice (engl. series reactor ili current — limiting) mogu biti suhe ili uljne, mogu biti građene bez magnetske jezgre ili s magnetskom jezgrom, mogu imati ili ne imati elektromagnetski ili magnetski zaslon. Ovdje moramo napomenuti još:

a. Međusobni induktivitet faznih namota može biti takav da se impedancija faze s homopolarnom strujom razlikuje od impendancije sa simetričnim trofaznim strujama.

b. Kada prigušnica nije potpuno magnetski zaslonjena, valja razmotriti smještaj faznih namota i blizinu drugih aparata ili metalnih dijelova da bi se smanjili mogući učinci rasipnog toka koji mogu prouzročiti pretjerano zagrijavanje metalnih dijelova, ili opasno naprezanje na susjedne magnetske dijelove za vrijeme trajanja kratkospojne struje.

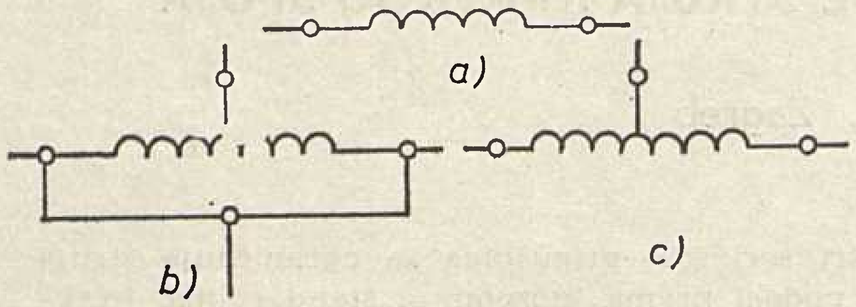
c. Za određivanje nazivne kratkotrajne struje preporuča se osim impendancije prigušnice, uzeti u račun i impendanciju mreže.
(Kratkotrajna nazivna struja — struja koju u slučaju kvara prigušnica mora podnijeti kroz određeno vrijeme).

Prigušnice, koje danas najčešće upotrebljavamo za mreže srednjih napona, izvode se u obliku svitka bez magnetske jezgre s induktivnim linearnim jalovim otporom. Najjednostavnija izvedba prigušnice predstavlja aluminijske navoje na betonskoj jezgri, npr. prigušnice napona 35 kV za vanjsku ili unutarnju montažu. Za niže napone 6 i 10 kV prigušnice se obično izvode s izolacijom u ulju. Navoji prigušnice izolirani su međusobno, a čitava prigušnica izolirana je od uzemljenih dijelova. Ovisno o veličini nazivne struje, navoji prigušnice od aluminija ili bakra, izvode se kao jedan ili više njih paralelno. Danas se uglavnom proizvode jednostruke i dvostruke prigušnice (engl. Duplex reactor.). Dvostruka prigušnica se sastoji iz dva namota s velikom vrijednošću međuinduktiviteta i omogućuje visoki stupanj ograničenja struje kratkog spoja i smanjuje odstupanje od nazivnog napona.

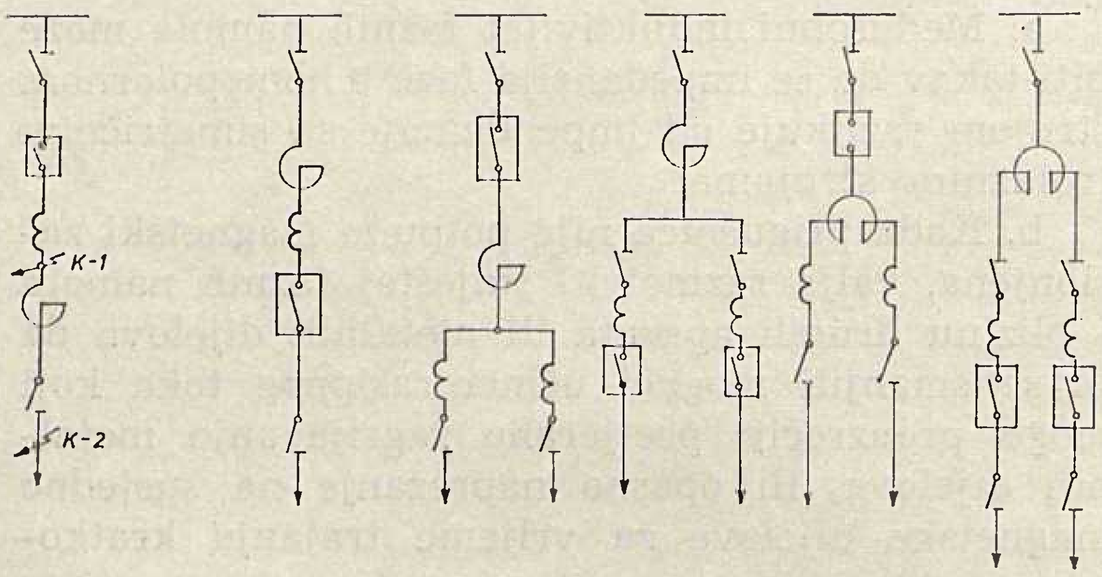
U ovom članku nećemo se baviti električnim, mehaničkim ili toplinskim proračunom prigušnice, nego ćemo obraditi one veličine koje su potrebne projektantu za određivanje osnovnih parametara prigušnice, i kontrolu odabrane prigušnice s obzirom na mrežu u koju se ugrađuju. Obradit ćemo nekoliko tipičnih primjera.

2. Osnovne sheme za ugradnju prigušnica

Na sl. 1 dane su osnovne sheme priključaka koje obično upotrebljavamo kod prigušnica, a na sl. 2 prikazane su razne mogućnosti spoja prigušnica, što ih primjenjujemo na naponima 6, 10, 20 i 35 kV u elektranama i rasklopnim postrojenjima.



Sl. 1. Prigušnice: a) jednostruka, b) jednostruka sa selekcioniranim zavojima, c) dvostruka



Sl. 2. Različite mogućnosti ugradnje prigušnice u visokonaponskim odvodima

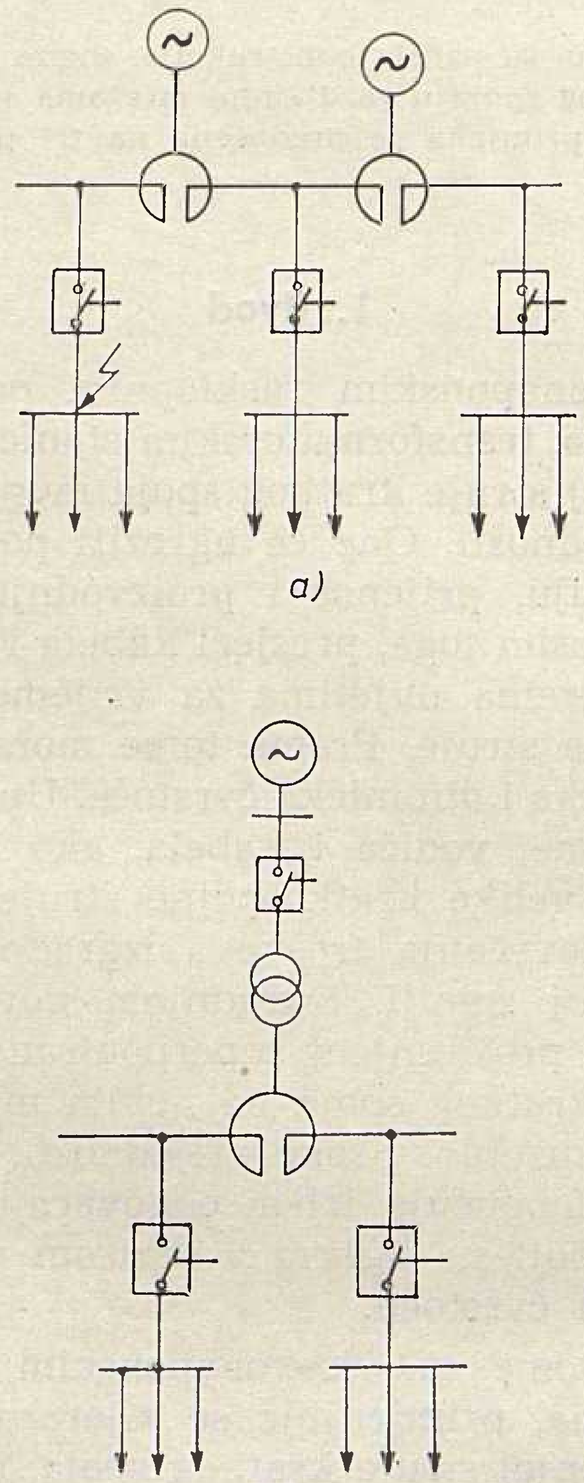
Jednostruke prigušnice primjenjujemo u odvodima (kabela ili dalekovoda), kao grupne prigušnice ili prigušnice za sekcioniranje sabirnica. Prigušnica u odvodu ograničuje u njemu struju kratkog spoja, odnosno štiti cjelokupnu opremu od struja kratkog spoja u transformatorskoj stanici koju napajamo ovim odvodom. Prigušnicu valja staviti iza sklopke. U obzir uzimamo onu rasklopnu snagu, za sklopku, koja će se pojaviti iza prigušnice, jer je malo vjerojatno da će se dogoditi kratki spoj na nezaštićenom dijelu između sklopke i prigušnice.

Grupne prigušnice se primjenjuju u svim slučajevima kada odvode malih snaga spajamo tako, da prigušnica štiti cijelu priključenu grupu, a ne dolazi do pojave nedozvoljeno visokog odstupanja od nazivnog napona u normalnom pogonskom stanju. Grupne prigušnice uštеđuju prostor i smanjuju cijenu rasklopnog postrojenja u odnosu na varijantu u kojoj primjenjujemo prigušnicu pojedinačno za svaki odvod.

Sekcioniranje sabirnica prigušnicama primjenjuje se u postrojenjima, gdje se očekuje velika rasklopna snaga. Obično je povezano sa značajnim stupnjem ograničenja snage kratkog spoja, i, da smanjimo pad napona u normalnom pogonu, težimo maksimalnom faktoru snage.

Prigušnica, namijenjena sekcioniranju sabirnica, ne može nadomjestiti prigušnicu u odvodu ili grupnu prigušnicu, ukoliko samom konstrukcijom sinhronog generatora nisu ograničene struje kratkog spoja.

Kod odabiranja jednostrukih prigušnica, dozvoljava se jedno ili dvostepena metoda ograničenja struje kratkog spoja. Dvostruke prigušnice, primjenjuju se također kao grupne i daju mogućnost ostvarenja potpunog jednostepenog ograničenja, putem neposrednog prigušenja kruga generator — transformator, kako je to prikazano na sl. 3. Generator se obično priključuje na srednju točku dvostruke prigušnice.



Sl. 3. a) prigušnica za sekcioniranje sabirnica, b) grupna prigušnica

3. Tehničke karakteristike

Prema publikaciji IEC — 289/1968. isporučitelj mora na svakoj prigušnici postaviti pločicu sa slijedećim podacima:

a. Serijska prigušnica — tip
b. Broj i godina narudžbe
c. Ime proizvođača
d. Tvornički broj
e. Godina proizvodnje
f. Broj faza
g. Nazivna frekvencija
h. Trajna nazivna struja
i. Mjerena impendencija kod trajne nazivne struje
j. Kratkotrajna nazivna struja i njezino vrijeme trajanja
k. Način hlađenja
l. Klasa temperature za prigušnicu suhe izvedbe i zagrijavanje, ako se razlikuju od standardnih vrijednosti
m. Stupanj izolacije
n. Ukupna masa
o. Težina izolacionog ulja
p. Težina aktivnog dijela.

Podaci pod n, o i p daju se ako ukupna težina prelazi 5 tona.

3.1. Stupanj izolacije

Stupnjevi izolacije za prigušnice, odgovaraju u osnovi stupnjevima izolacije za transformatore IEC Publikacija 76. Ako nije drugačije traženo, ispitni naponi su dani u tablici 1.

Tablica 1

Najviši napon mreže kV	Podnosivi udarni napon kV	Podnosivi napon industrijske frekvencije	
		Niz 1 kV	Niz 2 kV
3,6	45	16	21
7,2	60	22	27
12	75	28	35
17,5	95	38	45
24	125	50	55
36	170	70	25
52	250	95	—
72,5	325	140	—

3.2. Koeficijent samoidukcije

Ukoliko prigušnica nema metalnu magnetsku jezgru, koeficijent samoidukcije — L, ne ovisi o veličini struje opterećenja.

Nazivni koeficijent samoidukcije prigušnice daje se u milihenrima (mH). Dvostruku prigušnicu karakteriziramo slijedećim koeficijentima samoindukcije.

$L_{0.5}$ — Koeficijent samoindukcije jedne grane dvostruke prigušnice

L_1 — Koeficijent samoindukcije cijele prigušnice

$L_{0.5e}$ — Ekvivalentni koeficijent samoindukcije jedne grane dvostruke prigušnice uzimajući u obzir međuindukciju obiju grana uz postojanje jednakih i suprotno usmjerenih struja.

Koeficijent samoredukcije jednostruke prigušnice L ili svake grane dvostruke prigušnice L_{05} odstupa najviše 10% od nazivnog koeficijenta samoindukcije.

3.3. Koeficijent međuindukcije

Za dvostruku prigušnicu koeficijent međuindukcije *(M)* određujemo prema slijedećim izrazima:

$$M = \frac{L_1}{2} - L_{0.5}; \quad M = L_{0.5} - L_{0.5e} \qquad (1)$$

3.4. Koeficijent veze

Stupanj induktivne veze dvaju svitaka karakterizira koeficijent veze (k).

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \qquad (2)$$

gdje su L_1 i L_2 induktiviteti svitaka.

Budući da je za dvostruku prigušnicu $L_1 = L_2 = L$ dobivamo

$$k = \frac{M}{L}$$

Nazivna veličina koeficijenta veze nalazi se u granicama 0.4 — 0.6 i ovu veličinu isporučitelj obično garantira s odstupanjem ± 10%. Prema sovjetskoj literaturi uvijek se koeficijent veze *(k)* uzima 0.5. (L3 str. 5, L1 str. 97).

3.5. Jalovi induktivni otpor

Induktivni otpor prigušnice daje osnovnu veličinu prema kojoj obavljamo izbor svitaka za ograničenje struje kratkog spoja, mjerimo ga u omima i određujemo izrazom $X = \omega L$ ili za frekvenciju 50 Hz iznosi $X = 314\,L$ oma. Za dvostruke prigušnice razlikujemo jalove induktivne otpore s obzirom na koeficijent indukcije prema izrazima navedenim u točki 3.2.

$$X_{0.5} = 314\,L_{0.5}\,; \quad X_1 = 314\,L_1\,; \quad X_{0.5e} = 314\,L_{0.5e}$$

Veličina odstupanja ekvivalentnog otpora grane prigušnice od njezinog nazivnog induktivnog otpora ovisi o veličini magnetske veze.

Iz omjera struje I_1/I_2 koje teku granama *(g)* prigušnice, ekvivalentni induktivni otpor grana dvostruke prigušnice X iznosi:

Za suprotno usmjerene struje:

$$X_{g1} = X_{0.5}\,(1 - k\ I_1/I_2) \qquad (4)$$

$$X_{g2} = X_{0.5}\,(1 - k\ I_1/I_2) \qquad (5)$$

Za struje u istom smjeru:

$$X_{g1} = X_{0.5}\,(1 + k\ I_1/I_2) \qquad (6)$$

$$X_{g2} = X_{0.5}\,(1 + k\ I_1/I_2) \qquad (7)$$

Ako su u granicama dvostruke prigušnice struje jednake veličine, ekvivalentni induktivni otpor grane, računamo prema slijedećim izrazima:

Kada su struje suprotno usmjerene:

$$X_{0.5e} = X_{0.5}\,(1 - k) \qquad (8)$$

Kada su struje istog smjera:

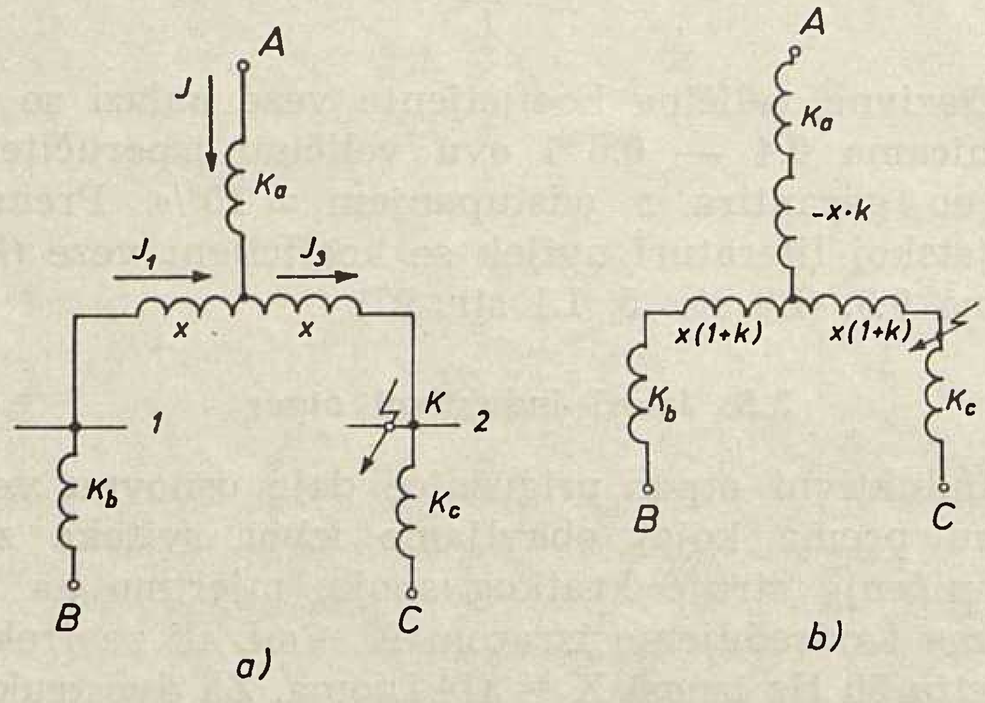
$$\frac{X}{2} = X_{0.5}\,(1 + k) \qquad (9)$$

Prema tome, ako je prigušnica u protospoju, ekvivalentni induktivni otpor jedne grane prigušnice manji je od nazivnog induktivnog otpora, uslijed čega je odstupanje od nazivnog napona neznatno.

Kod kratkog spoja, nastaje brzo povećanje struje u jednoj grani i utjecaj koeficijenta veze na stranu umanjenja ekvivalentnog otpora te grane brzo pada, zbog čega se prigušenje povećava i određuje nazivnom reaktancijom.

Kod sheme spoja prema sl. 4a, struja kratkog spoja lijeve strane teče serijski kroz grane dvostruke prigušnice i tako dobivamo struju kao da je ekvivalentni induktivni otpor svake od grana

prigušnice veći od njezinog nazivnog induktivnog otpora, uslijed čega raste ograničenje struje kratkog spoja prigušnicom.



Sl. 4. a) Shema spoja dvostruke prigušnice b) Nadomjesna shema dvostruke prigušnice

Nazivna relativna vrijednost (x) reaktancije naznačena na natpisnoj pločici proizvođača, karakterizira prigušujuću sposobnost prigušnice i predstavlja omjer induktivne komponente pada napona u jednoj fazi jednostruke prigušnice (ili u jednoj grani dvostruke prigušnice, kada u drugoj ne teče struja) i nazivnog faznog napona (L4 str. 106 L5 str. 75).

$$x = \frac{X\sqrt{3}\cdot I}{U}\cdot 100 = \frac{X\cdot S}{U^2}\cdot 100 \qquad (10)$$

ili za dvostruku prigušnicu

$$x = \frac{X_{0.5}\sqrt{3}\,I}{U}\cdot 100 = \frac{X_{0.5}\,S}{U^2}\cdot 100 \qquad (11)$$

Za prigušnicu (kao za učinski transformator) direktna reaktancija jednaka je reaktanciji kratkog spoja. Inverzna reaktancija jednaka je direktnoj reaktanciji, jer nema rotirajućih dijelova. Nulta reaktancija je također jednaka direktnoj reaktanciji, jer nema zapreke da se nulta komponenta struje zatvori kroz prigušnicu.

Kada je prigušnica uključena u petlju kratkog spoja, dakle, kada uzimamo u obzir reaktancije svih elemenata promatrane petlje, rezultirajuću impendanciju možemo izračunati koristeći jedinični račun prema jednandžbi (L. 11 str. 137):

$$z = \frac{I_{osn}}{I_k} = \sqrt{(x_s + x_{po} + x_v)^2 + r_v^2} \qquad (12)$$

U prethodnoj jednadžbi (12) uzeli smo slijedeće reaktancije:

x_s — reaktancija sistema do sabirnica u relativnim jedinicama
x_{po} — tražena reaktancija prigušnice
x_v — induktivni jalovi otpor voda (kabela)
r_v — djelatni otpor voda (kabela)
I_{osn} — Osnovna struja ili snaga
I_k — Struja ili snaga kratkog spoja

Iz jednadžbe (12) možemo izračunati nepoznatu reaktanciju prigušnice prema formuli

$$x_{po} = \sqrt{z^2 - r_v^2} - x_s - x_v \qquad (13)$$

Ukoliko u našim računima zanemarimo djelatni otpor, dobivamo jednostavniji izraz za relativnu reaktanciju prigušnice svedenu na osnovne veličine

$$x = \frac{I_{osn}}{I_k} = x_s + x_{po} + x_v \qquad (13a)$$

Na taj način izračunatu reaktanciju prigušnice možemo svesti na nazivnu struju ili snagu i odrediti njezinu relativnu veličinu:

$$x_p = x_{po}\frac{I}{I_{osn}}\cdot 100 \qquad (13b)$$

Prema relativnoj reaktanciji, koja se daje za izbor prigušnice, odabire se prigušnica, odnosno uzima se odgovarajuća ista ili najbliža veća vrijednost standardne reaktancije. U slučaju nešto većeg odstupanja nazivnog napona prigušnice od nazivnog napona mreže, relativnu reaktanciju valja korigirati prema formuli:

$$x_p = x_{po}\frac{I}{I_{osn}}\cdot\frac{U_{osn}}{U}\cdot 100 \qquad (14)$$

Na slici 4 a prikazali smo shemu spoja dvostruke prigušnice. Na temelju nje možemo, putem računa, dati nadomjesnu shemu dvostruke prigušnice. Označimo sa x relativnu reaktanciju jedne grane dvostruke prigušnice, a sa x_a, x_b i x_c relativne reaktancije izvoda napajanja u točkama A, B i C. Padove napona od točke A do mjesta kratkog spoja možemo napisati prema donjoj jednadžbi (L. 12. str. 137)

$$u_A = I_2 x_a + I_s x + I_1 x k$$

Osim toga, možemo napisati, da je $I_1 = I_3 - I_2$ i uvrstiti u prethodnu jednadžbu, i postaviti isto tako jednadžbu za pod napona u točki B i nakon izjednačenja dobijemo

$$I_2 (x - x\,k) = I_2 (x_b + x + x\cdot k).$$

Ovoj jednadžbi odgovara ekvivalentna shema na slici 4b i svi daljnji računi svode se na određivanje rezultirajuće reaktancije do mjesta kratkog spoja. Već prema spoju prigušnice na izvor napajanja i mjestu kratkog spoja možemo pretpostaviti tri slučaja, kako je to prikazano na sl. 5.

a) U ovom slučaju, kada su struje suprotno usmjerene, tj. izvor napajanja je u točki A, prema sl. 4b, a kratki spoj je nastao u točkama B i C, rezultirajući otpor prigušnice, uzimajući u obzir nadomjesnu shemu, iznosi:

$$x_{po} = \frac{0.25 x_p}{100}\cdot\frac{I_{osn}}{I}\cdot\frac{U}{U_{osn}} = \frac{0{,}25\,x_p}{100}\cdot\frac{S_{osn}}{S} \qquad (15)$$

Reaktancije smo sveli na nazivne veličine.

b) Ukoliko je izvor napajanja priključen u točki B prema sl. 4b, ekvivalentni otpor dobivamo iz jednadžbe $x' = 2x\,(1 + k) = 3x$, odnosno napisan kao u (15)

$$x_{po} = \frac{3x_p}{100}\cdot\frac{I_{osn}}{I}\cdot\frac{U}{U_{osn}} = \frac{3x_p}{100}\cdot\frac{S_{osn}}{S} \qquad (16)$$

c) Kad je izvor napajanja priključen u točki A sl. 4b, a kratki spoj je nastao u točki B ili C, račun se svodi na jednostruku prigušnicu.

Napomenut ćemo još da smo jednadžbe (15) i (16) dobili u navedenom obliku uzimajući u obzir da je koeficijent veze $k = 0.5$, kako je to navedeno u točki 3.4. U ovim jednadžbama označili smo sa x_p ekvivalentnu relativnu reaktanciju prigušnice.

3.6. Preostali napon na sabirnicama za vrijeme kratkog spoja

Prigušnica ne služi samo za ograničenje struje kratkog spoja, nego i za održavanje napona na sabirnicama za vrijeme kratkog spoja. Prema tome, potrebno je provjeriti, da li prigušnica udovoljava uvjetu na preostali napon na generatorskim sabirnicama ili na sabirnicama transformatorske stanice prema jednadžbi (L 1 str. 95 L 11 str. 141):

$$U_p\% = x_p \cdot \frac{I''}{I} \geq U_{dop}\% \qquad (17)$$

U jednadžbi (17) je:

$U_p\%$ — preostali napon u postocima
x_p — reaktancija prigušnice
I'' — početna vrijednost struje kratkog spoja
I — nazivna struja prigušnice
$U_{dop}\%$ — dozvoljeni preostali napon zadan potrošačima.

Prema jednadžbi (17) možemo odrediti preostali napon za jednostruku prigušnicu.

Napon na sabirnicama ili dvostrukim sabirnicama u jednoj grani dvostruke prigušnice, za vrijeme tkratkog spoja u drugoj grani, određujemo na drugi način. U normalnom pogonskom stanju dvostruke prigušnice, pad napona na jednoj sekciji, budući da su struje u suprotnim smjerovima, iznosi

$$u = \omega L_1 I_1 - \omega M I_2$$

Uzimajući u obzir sve ono što je dosad rečeno, prethodnu formulu možemo napisati u obliku

$$u = xI_1 - kxI_2 = x(I_1 - kI_2)$$

Pad napona, izražen u postocima, za obje grane dvostruke prigušnice, označavajući sa I_1 i I_2 pogonske struje grane 1 i 2, a sa I_p nazivnu struju prigušnice, bit će

$$u_1\% = x_p \left(\frac{I_1}{I_p} \sin \varphi_1 - k \frac{I_2}{I_p} \sin \varphi_2 \right) \qquad (18)$$

$$u_2\% = x_p \left(\frac{I_2}{I_p} \cdot \sin \varphi_2 - k \frac{I_1}{I_p} \sin \varphi_1 \right) \qquad (19)$$

Iz formule (18) i (19) zaključujemo, da je pad napona kod dvostruke prigušnice manji od onoga kod jednostruke, što daje prednost više dvostrukoj prigušnici.

Preostali napon na sabirnicama možemo odrediti na slijedeći način: Pretpostavimo da je kratki spoj nastao na sekciji C označenoj indeksom 2, kako je to prikazano na sl. 4a, tada je u točki K napon nula u slučaju tropolnog kratkog spoja.

Međufazni napon kod kratkog spoja na generatorskim sabirnicama ili na sabirnicama transformatorske stanice je

$$U_k = \sqrt{3}\, x_p\, I_k \qquad (20)$$

Jednadžba (20) daje i preostali napon na sabirnicama za vrijeme kratkog spoja. Istovremeno, struja kratkog spoja, u drugoj grani prigušnice inducira napon

$$E = x_p\, k\, I_k \qquad (21)$$

koji ima isti smjer kao i narinuti napon. Prema tome je, međufazni napon, na priključnici u drugoj grani

$$U = \sqrt{3}(x_p I_k + k x_p I_k = \sqrt{3}\, I_k\, x_p (1 + k) \qquad (22)$$

Zamjenimo li x_p sa reaktancijom danom u postocima $x_p\%$ i pretpostavimo da je $U_{p \cdot nom} = U_{nom}$ dobivamo napon za vrijeme kratkog spoja na sekciji prve grane prigušnice, ili sabirnici 1, izražen u postocima

$$U_c = x_p (1 + k) \frac{I_k}{I_{p.nom}} \qquad (23)$$

Iz jednadžbe (23) vidimo da napon na zdravoj grani prigušnice, kod kratkog spoja, prelazi napon za koji je prigušnica izrađena.

To je uvjetovano time, što je struja kratkog spoja obično 7 . . . . . 10 puta veća od nazivne struje i tom strujom inducirani napon, povećava napon zdrave grane prigušnice. Taj napon može porasti do 1.35 $U_{p \cdot nom}$, no on je kratkotrajan (0.3—0.15 s) i ne predstavlja nikakvu opasnost za izolaciju prigušnice.

3.7. Razlike napona iza prigušnice

Ovo odstupanje napona iza prigušnice, od nazivnog napona mreže, ovisi o veličini tereta i njegovim osobinama. Manje primjećujemo utjecaj asinhronih i sinhronih motora na promjenu faktora snage i odgovarajuću promjenu napona iz prigušnice. U kratkim crtama, razmatrat ćemo promjenu napona, što se događa iza prigušnice.

Razmotrimo najprije jednostruku prigušnicu, pomoću koje štitimo opremu na jednom ili više odvoda. Prema (18), pad napona na prigušnici iznosi

$$u\% = \frac{I}{I_p} \cdot x_p \cdot \sin \varphi.$$

Uz pretpostavljenu reaktanciju od 5%, faktor snage 0.8 i promjenu tereta od 0.5 do 1 nazivne vrijednosti, odstupanje od nazivnog napona određuje razlika pada napona. Kod nazivnog opterećenja pad napona iznosi

$$u_1 = 1 \cdot 5 \cdot 0.6 = 3\%$$

a u slučaju kada je teret 50% od nazivnog, pad napona iznosi

$$u_2 = 0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.6 = 1.5\%$$

Prema tome je, odstupanje od nazivnog napona izraženo u postocima

$$u = u_1 - u_2 = 3 - 1{,}5 = 1.5\%$$

dakle, odstupanje napona, za promjenu tereta od 100% na 50% iznosi za navedenu prigušnicu 1.5%.

Za dvostruku prigušnicu, neophodno je provjeriti veličinu variranja napona, jer promjena napona na jednoj grani izaziva promjenu napona na drugoj grani prigušnice.

Imamo za prvu sekciju:

$$u_1'\% = \frac{U_1}{U_n} \cdot 100 = \frac{U}{U_n} \cdot 100 - x_p \left(\frac{I_1}{I_p} \sin \varphi_1 - k \frac{I_2}{I_p} \sin \varphi_2 \right)$$

i drugu sekciju:

$$u_1'\% = \frac{U_2}{U_n} \cdot 100 = \frac{U}{U_n} \cdot 100 - x_p \left(\frac{I_1}{I_p} \sin \varphi_2 - k \frac{I_1}{I_p} \sin \varphi_1 \right)$$

U izrazima (24) i (25) značenje pojedinih veličina poznato nam je iz prijašnjih točaka.

Uzmemo li u obzir, da je dozvoljeno odstupanje od napona mreže na sabirnicama ± 5%, promjenu napona, na svakoj sekciji, možemo odrediti prema jednadžbama:

$$u_1'\% = 105 - x_p \frac{I_1 \cdot \sin \varphi_1}{I_p} + 0.5\, x_p \frac{I_2 \cdot \sin \varphi_2}{I_p} \qquad (26)$$

$$u_2''\% = 105 - x_p \frac{I_2 \cdot \sin \varphi_2}{I_p} + 0{,}5\, k_p \frac{I_1 \cdot \sin \varphi_1}{I_p} \qquad (27)$$

Odstupanje od nazivnog napona mreže, na svakoj od sekcija je razlika veličina izražena u (26) i (27).

$$u_1\% = u_1'''\% - u\%$$

$$u_2\% = u_2''\% - u_2\%$$

Radi ilustracije i primjene navedenih izraza, prikazat ćemo tablicom dobivene rezultate, za jednu dvosruku prigušnicu s reaktancijom 15%, za struju 2.500 A i faktorom opterećenja 0.8.

Sekcija I.	Sekcija II.	15% — 2 × 2.500 A $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = 0{,}8$	
		Sekcija I.	Sekcija II.
$\frac{I_1}{I_p}$	$\frac{I_2}{I_p}$	$100\frac{U_1}{U_n}$	$100\frac{U_2}{U_n}$
0	0,5	107,2	105,0
0,5	1	105,0	98,2
Variranje napona na sekcijama (%)		6,7	
Razlika napona na sabirnicama (%)		6,8	

3.8. Induktivna jalova snaga

Za jednostruku prigušnicu, induktivnu jalovu snagu možemo prikazati poznatim izrazom

$$Q = I^2 \cdot X \cdot 10^{-3} \text{ kVAr}, \qquad (28)$$

a za dvostruku prigušnicu

$$Q = I^2 \cdot X_{0.5e} \cdot 10^{-3} \text{ kVAr} \qquad (29)$$

Za slučaj različitih struja u granama dvostruke prigušnice, induktivnu jalovu snagu, možemo izračunati prema slijedećoj jednadžbi

$$Q = [(I_1^2 + I_2^2) X_{0.5} - 2\, k\, I_1 \cdot I_2] \cdot 10^{-3} \text{ kVAr} \qquad (30)$$

3.9. Prolazna snaga prigušnice

Ovom snagom karakteriziramo propusnu sposobnost prigušnice i ona iznosi za jednostruku prigušnicu

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3} \text{ kVAr} \qquad (31)$$

a za dvostruku prigušnicu

$$S = 2\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3} \text{ kVAr} \qquad (32)$$

3.10. Gubitak snage

Obično se za prigušnicu ne utvrđuje gubitak snage i određuje se na temelju tehničko-gospodarskih kriterija. Redovito se prigušnice izrađuju u seriji, ali se mogu razlikovati u pogledu gubitaka. Izbor serije valja odabrati s optimalnim gubitkom snage s obzirom na broj pogonskih sati.

Osim toga, pri izboru prigušnice, valja uzeti u obzir i druge faktore, koji mogu utjecati, npr. dimenzije prigušnice, temperaturu okoline, uvjete hlađenja, itd.

3.11. Dinamička čvrstoća prigušnice

Karakterizira sposobnost održanja garantirane veličine udarne struje kratkog spoja (I''). Prema sovjetskim Uputstvima za montažu i eksploataciju suhih betonskih prigušnica, mora biti ispunjen uvjet za izdržljivost prigušnice na udarnu struju kratkog spoja (L 3 str. 7)

$$I'' = I_p \frac{I_0''}{I_p + 1{,}26\, X_p} \text{ kA} \qquad (33)$$

Ovdje smo se I_p označili nazivnu struju prigušnice, a sa I''_0, udarnu struju na tom mjestu, prije ugradnje prigušnice. Kontrolu prigušnice, na udarnu struju kratkog spoja možemo provesti i na temelju jednadžbe (34), do koje smo došlo na taj način, što smo računali trajnu struju kratkog spoja prema poznatom izrazu (L 11 str. 139),

$$I_k = \frac{100}{x_p\,\%} \cdot I_n.$$

Znamo, da početnu struju kratkog spoja možemo izračunati prema već poznatom izrazu, kojega proširujemo netom napisanom formulom

$$I'' = 1{,}8\sqrt{2}\, I_k = 1{,}8\sqrt{2}\, \frac{100}{x_p\,\%} \cdot I_n \qquad (34)$$

Prema navedenim sovjetskim Uputstvima za dvostruke prigušnice, ovaj račun kontrole na dinamičku čvrstoću odnosi se na jednu granu dvostruke prigušnice. Ukoliko su u kratkom spoju obje grane dvostruke prigušnice, dinamička čvrstoća je u tom slučaju garantirana za beskonačno veliku

snagu izvora. S obzirom na to kontrola za takav slučaj se uopće ne predviđa. Veličinu udarne struje daje proizvođač prigušnice.

3.12. Termička čvrstoća prigušnice

Termička čvrstoća prigušnice određuje se u slučaju kratkog spoja, termičkom izdržljivošću odabrane prigušnice, pokazateljom (L 1. str. 7)

$$I \cdot \sqrt{t} \quad (\mathrm{kA} \cdot \mathrm{s}^{1'2})$$

Vrijeme termičke čvrstoće, u slučaju struje kratkog spoja, određujemo prema izrazu

$$t = \left(\frac{I\sqrt{t}}{I_k}\right)^2 \ s \qquad (35)$$

Prigušnice obično podnose kratkotrajnu struju oko 4 sekunde, u posebnim slučajevima, na zahtjev naručitelja, možemo se mijenjati ova vrijednost do 2 sekunde.

Vodljivi dijelovi prigušnice ne smiju se zagrijavati na višu temperaturu od 180° C u slučaju primjene Al, i 200° C u slučaju primjene Cu. Sva toplina koja se razvije za vrijeme kratkog spoja, utroši se na povećanje temperature vodiča i ne postoji odvod topline. Prema tome, povećanje temperature vodiča proporcionalno je kvadratu struje i vremenu trajanja kratkog spoja. Prekoračenje garantirane termičke čvrstoće ne dozvoljava se zbog toga, što je toplinski kapacitet prigušnice neznatan.

Jednadžba (35) omogućuje nam da odredimo dozvoljenu struju kratkog spoja za neko drugo vrijeme trajanja kratkog spoja, ili dozvoljeno vrijeme trajanja neke druge vrijednosti kratkog spoja. U slučaju protjecanja većih struja (npr. kod prigušnica za upuštanje motora, vrijeme t dostiže 40—60 s, a ponavljanje upuštanja može uslijediti i deset puta dnevno), termička čvrstoća, znatno je snižena i rezultat ovakvog pogona je naglo starenje izolacije prigušnice.

4. Standardizacija serijskih prigušnica

Prigušnice u našoj zemlji proizvodi poduzeće »Rade Končar«, Zagreb, prema podacima naručitelja, jer za sada ne postoji nikakva standardizacija prigušnica. U navedenim sovjetskim Uputama dan je i pregled standarda za prigušnice propisane u Sovjetskom savezu, prema osnovnim parametrima i svrsi kojoj služe, i prema mjestu ugradnje.

Radi cjelovitijeg uvida, navodimo osnovne veličine za te prigušnice u tablicama 4.1., 4.2. i 4.3.

Tablica 4.1

Nazivna struja (A)	Nazivna reaktancija (x)							
	Jednostruka prigušnica				Dvostruka prigušnica			
400	3	4	—	—	—	—	—	—
600	4	6	—	—	4	6	—	—
1000	4	6	8	10	4	6	8	10
1500	6	8	10	—	6	8	10	—
2000	8	10	12	—	8	10	12	—
2500	12	—	—	—	10	12	15	—
3000	12	—	—	—	12	15	—	—
4000	12	—	—	—	—	—	—	—

Tablica 4.2

Nazivna struja (A)	Nominalna reaktancija (x)			
	Priguš. napajane sa sabirnica	Grupne prigušnice		Priguš. za sekcioniranje sabirnica
		Napajane sa sabirnica	U blok spoju sa transformatorom	
	Jednostruke prigušnice			
400	3	—	—	—
600	4 6	4 6	—	—
1000	6 8 10	6 8 10	4 6	—
1500	8 10	8 10	6 8	—
2000	—	—	8 10	10 12
2500	—	—	—	12
3000	—	—	—	12
4000	—	—	—	12

Tablica 4.3

	Nominalna reaktancija (x)			
	Prigušnica napajana sa sabirnica	Grupne prigušnice		Priguš. za sekcioniranje sabirnica
		Napajane sa sabirnica	U blok spoju sa transformatorom	
	Dvostruke prigušnice			
2× 600	—	4 6	—	—
2×1000	—	6 8 10	4 6	—
2×1500	—	8 10	6 8	—
2×2000	—	12	8 10	—
2×2500	—	15	10 12	—
2×3000	—	—	12 15	—

Podaci u tablicama 4.2 i 4.3. odnose se na prigušnice za napon 6 i 10 kV.

Njemački propis, VDE 0532/1.59, navode slijedeće standardne vrijednosti za prigušnice (L. 6 str. 68, L. 7 str. 342):

Tablica 4.4

Nazivni napon (kV)	10 20 30
Nazivna struja (A)	100, 160, 200, 315, 400, 630, 1000, 1600, 2000
Pad napona (e_k %)	3 5 6 8 10

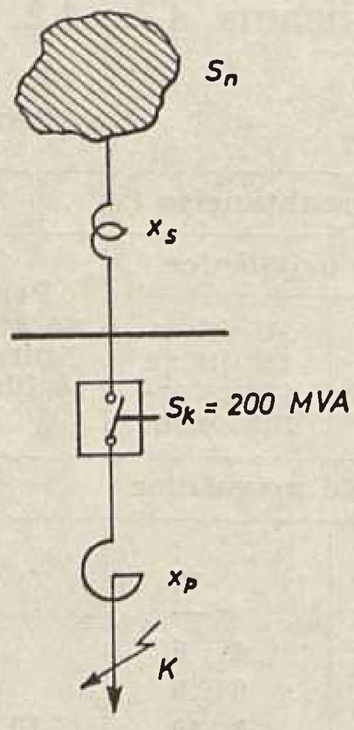
Tolerancije pada napona, prema VDE propisima, dozvoljene su u granicama + 15 — 5%.

5. Primjeri za odabiranje i kontrolu prigušnica

Primjer 1.

Valja odabrati prigušnicu, prema sl. 5, za neki odvod nazivnog napona 10.5 kV pomoću kojega prenosimo snagu od P = 6000 kW s faktorom snage 0.8. Prigušnicu valja tako odabrati, da za zaštitu

odvoda možemo uzeti sklopku raskopne snage 200 MVA.



Sl. 5. Shema za izbor prigušnice za ograničenje kratkog spoja u odvodu 10,5 kV — primjer 5.1.

Reaktancija od utjecaja sistema, svedena na osnovnu snagu, $S_{osn} = 100$ MVA iznosi $x_s = 0.22$. Nominalna snaga cjelokupnog sistema S = 850 MVA. Vrijeme djelovanja zaštite iznosi dvije sekunde.

Rješenje:

Za osnovni napon uzet ćemo 10.5 kV. Maksimalna struja u odvodu iznosi $I = 6000/10.5.1$, 73.0.8. = 415 A.

Relativnu reaktanciju do mjesta kratkog spoja možemo izračunati prema jednadžbi (12)

$$x = \frac{S_{osn}}{S_k} = \frac{100}{200} = 0.5.$$

Potrebna reaktancija prigušnice prema (13a) iznosi

$$x_p = x - x_s = 0.5 - 0.22 = 0.280.$$

Osnovna veličina struje

$$I_{osn} = \frac{S_{o\,n}}{\sqrt{3}\,U_{osn}} = \frac{100}{\sqrt{3}\cdot 10{,}5} = 5.5\ \text{kA}$$

Reaktancija prigušnice svedena na osnovne veličine prema (14)

$$x_p\% = x_p \frac{I}{I_{osn}} \cdot \frac{U_{osn}}{U} \cdot 100 = 0.280 \frac{0.415}{5.5} \cdot \frac{10.5}{10} \cdot 100 = 2{,}04\,\%$$

Odabrat ćemo prigušnicu sa podacima: $U = 10$ kV, $I = 400$ A i x = 3%.

Kontrolirat ćemo odabranu prigušnicu na termičku i dinamičku čvrstoću.

Stvarna relativna reaktancija prigušnice prema (14) je

$$x_p = \frac{X_p\,\%}{100} \cdot \frac{I_{osn}}{I} \cdot \frac{U}{U_{osn}} = \frac{3}{100} \cdot \frac{5.5}{0.415} \cdot \frac{10}{10.5} = 0.395$$

Rezultirajuću reaktanciju, do mjesta kratkog spoja, možemo izračunati kao sumu reaktancije od utjecaja sistema i reaktancije prigušnice

$$x = x_s + x_p = 0.220 + 0.395 = 0.615.$$

Za daljnji propračun koristimo računsku reaktanciju x_p, koju možemo izračunati kao omjer nazivne snage sistema i osnovne snage, te produkta netom izračunate reaktancije

$$x_r = x \frac{S_n}{S_{osn}} = 0.615 \frac{850}{100} = 5.2.$$

Budući da je ova reaktancija veća od 3, veličinu struje kratkog spoja iza prigušnice možemo izračunati prema izrazu

$$I_k = \frac{S_n}{\sqrt{3}\cdot U \cdot x_r} = \frac{850}{1.73 \cdot 105 \cdot 5.2} = 8.75\ \text{kA}$$

Odgovarajuća udarna struja iznosi

$$I'' = 2{,}55\ I_k = 2{,}55 \cdot 8{,}75 = 22{,}3\ \text{kA}$$

a snaga kratkog spoja je

$$S_k = \sqrt{3}\,UI_k = 1{,}73 \cdot 10{,}5 \cdot 8{,}75 = 158{,}4\ \text{MVA}.$$

Djelovanje zaštite smo podesili na 2 s, a vlastito vrijeme sklopke iznosi 0.2 s, dakle vrijeme s kojim moramo računati je 2,2 s.

Budući da je vrijeme djelovanja zaštite 2,2 s, možemo zanemariti utjecaj istosmjerne komponente struje kratkog spoja (vidjeti Energija 1—2/ /1973. str. 22) i uzeti fiktivno vrijeme 2.2 s.

Uvjet, da je prigušnica sigurna na termičku čvrstoću je ispunjen, ako se ostvari, da je produkt struje kratkog spoja i fiktivnog vremena manji od produkta danog u točki 3.12. U našem slučaju imamo 8.75. $\sqrt{2{,}2}$ = 13 kA. s 1/2, što je manje od navedenog produkta, što ga je dao proizvođač, odnosno prema (L. 1. str. 280) veličina koja karakterizira prigušnicu na termičku čvrstoću iznosi 18 kA · $s^{1/2}$ što je manje od gore izračunate veličine, dakle, odabrana prigušnica zadovoljava termičku čvrstoću.

Prigušnica zadovoljava na dinamičku čvrstoću, ako je izračunata udarna struja 22.3 kA manja od elektrodinamičke struje I_{max} (kA), što je daje proizvođač, odnosno u priručnoj, navedenoj literaturi, za odabranu prigušnicu je ta struja dana veličinom od 26 kA. Znači veća je od udarne struje.

Konačno pad napona na prigušnici iznosi

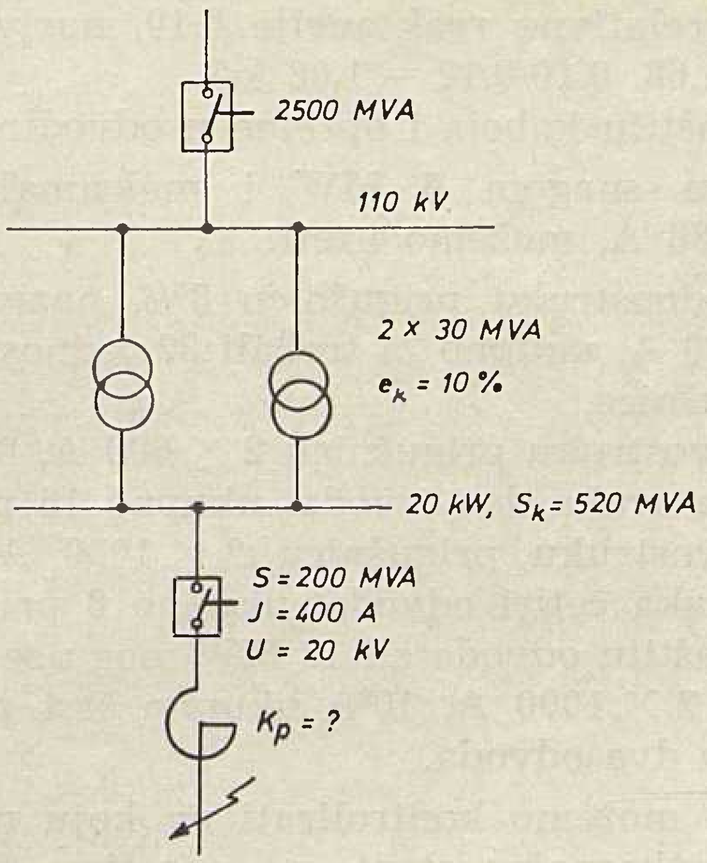
$$u = x \frac{I_{max}}{I_p} \cdot \sin\varphi = 3 \cdot \frac{415}{400} \cdot 0{,}6 = 1{,}86\%$$

što je u dozvoljenim granicama.

Primjer 2.

Prema shemi na sl. 6, na kojoj su dani i osnovni podaci, valja izračunati reaktanciju prigušnice, tako da omogućimo upotrebu sklopke rasklopke snage 2000 MVA. Račun valja izvršiti na temelju apsolutnih velečina.

Utjecaj mreže na strani 110 kV iznosi oko 2.500 MVA.



Sl. 6. Shema za proračun prigušnica. Primjer 5.2.

Rješenje:

Reaktancija od utjecaja mreže je

$$X_m = \frac{1{,}1\,U^2}{S_k} = \frac{1{,}1 \cdot 20^2}{2\,500} = 0.176\Omega.$$

Reaktancija transformatora

$$X_T = \frac{U^2}{S}\,\frac{e}{100} = \frac{20^2}{60} \cdot \frac{10}{100} = 0.666\ \Omega.$$

Ukupna reaktancija do mjesta kratkog spoja iznosi

$$X = X_m + X_T = 0.176 + 0.666 = 0.842\ \Omega.$$

Rasklopna snaga na strani 20 kV je

$$S_k = \frac{1.1\ U^2}{X} = \frac{440}{0.842} = 520\ MVA.$$

Budući da smo ograničeni na naponu 20 kV rasklopnom snagom 200 MVA, moramo dodati izračunatoj reaktanciji, neku reaktanciju X_p, dakle

$$S_k = \frac{1{,}1\ U^2}{X + X_p},$$

odnosno

$$X_p = \frac{1{,}1\ U^2}{S_k} - X = \frac{1{,}1 \cdot 20^2}{200} - 0{,}842 = 1{,}358\ \Omega.$$

Prolazna snaga prigušnice je

$$S_p = U\,I\,\sqrt{3} = 20 \cdot 400 \cdot 1{,}73 = 13{,}85\ MVA.$$

Pad napona iznosit će:

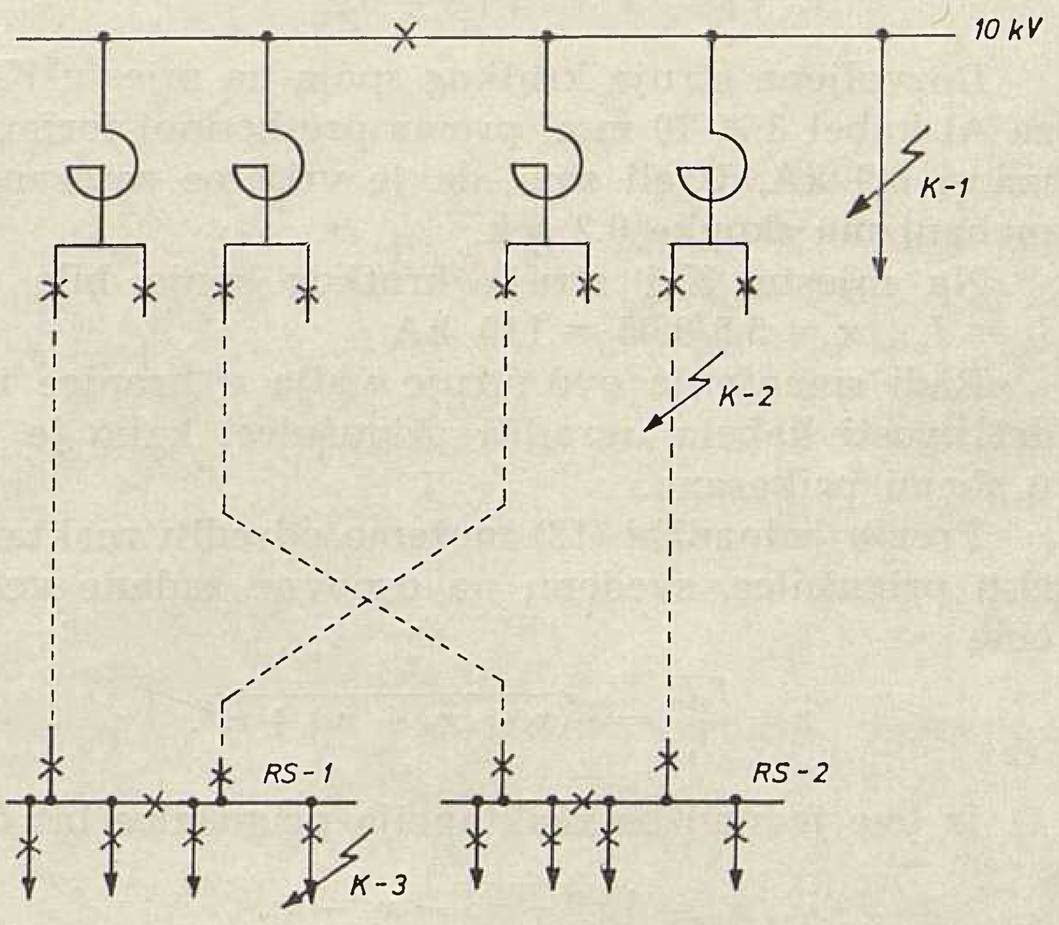
$$e_k = \frac{X_p \cdot S_p \cdot 100}{U^2} = \frac{1{,}358 \cdot 13{,}85 \cdot 100}{400} = 4{,}7\%.$$

Uzimamo prema tablici 4.4 prigušnicu s nazivnim standardnim padom napona od 5%. Do istog rezultata došli bi računajući s relativnim reaktancijama, a ostale kontrole prigušnice mogu se provesti analogno primjeru 1.

Primjer 3.

Sabirnice nekoga izvora podijeljene su na strani 10 kV u četiri sekcije, pomoću kojih opskrbljujemo neko konzumno područje.

Jedna od sekcija prikazana je na sl. 7.



Sl. 7. Shema kabelske mreže 10 kV za koju valja odabrati prigušnice — primjer 5.3. (jedna sekcija)

Valja odabrati prigušnice za zaštitu kabelskih odvoda 10 kV od prevelike struje kratkog spoja, koja će se pojaviti na sabirnicama 10 kV. Ekvivalentni otpor sistema, do sabirnica 10 kV, iznosi 0.05 rel. jed. kod osnovne struje 5.5 kA i napona 10 kV. Potrošače 1. i 2. kategorije napajamo pomoću 22 razdjelne stanice (RS). Šesnaest ih ima maksimalno opterećenje po 6 MW, uz faktor snage 0.85 i udaljene su od izvora 2000 m. Svaka od ovih razdjelnih stanica napajana je sa dva kabelska odvoda odgovarajućeg prijenosnog kapaciteta. Vrijeme zatezanja sklopke 10 kV, sa sabirnicama izvora je 1,5 sek, a to vrijeme u rasklopnim stanicama iznosi 0.5 sek. Minimalni presjek kabelskih izvoda, od sabirnica za napajanje do rasklopnih stanica, iznosi Al-3 × 185 mm², a kabelski odvodi od rasklopnih podstanica iznosi Al-3 × 70 mm².

Rješenje

U skladu sa zadatkom, na sabirnicama izvora imamo ukupno 32 kabelska odvoda, svaki sa prijenosnom snagom od 6 MW i 12 odvoda sa maksimalnom snagom od 12 MW.

Maksimalna struja jednog kabelskog odvoda je 195 A i 390 A u normalnom pogonskom stanju, a kod forsiranog pogona 390 i 780 A.

a) Gustoća struje u kabelskim odvodima Al-3 × × 185 mm² je 195/185 = 1,05 A/mm², što je nešto manje od navedene gustoće u preporukama prema Pravilima ustrojstva elektroustanovok str. 43 tablice I-3-37. Za ovaj kabel dozvoljena struja u forsiranom režimu je 310 · 1,3 = 402 A. Za izvode kojima napajamo podstanice, sa snagom 12 MW, predviđeni su i kabeli Al-2 × 3 × 185 mm². Jalovi induktivni otpor kabela 3 × 185 mm² dužine 1000 m iznosi 0.08 oma.

b) Dozvoljena struja kratkog spoja za odabrani kabel je (vidi Energija 1—2/1973 str. 22) na mjestu K-2.

$$I_k = \frac{S \cdot c \cdot 10^{-3}}{\sqrt{t_r}} = \frac{185 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1{,}5 + 0.2}} = 12{,}8\ kA.$$

Dozvoljena struja kratkog spoja na mjestu K-3 za Al kabel 3 × 70 mm² prema prethodnoj formuli iznosi 8,9 kA. Uzeli smo, da je vrijeme zatezanja mehanizma skopke 0.2 sek.

Na mjestu K-1 struja kratkog spoja bila bi $I_k = I_{osn}/x = 5{,}5/0.05 = 110$ kA.

Radi smanjenja ove struje valja u granice izdržljivosti kabela ugraditi prigušnice, kako je to u shemi prikazano.

Prema jednadžbi (12) možemo odrediti reaktanciju prigušnice, svedenu na osnovne zadane veličine

$$z = \frac{I_{oSn}}{I_k} = \sqrt{(x_S + x_p + x_v) + r_v^2}.$$

Iz ove jednadžbe reaktancija prigušnice bit će:

$$x_p = \sqrt{z^2 - r_v^2} - x_S - x_v.$$

Ovdje je:

$$z = \frac{I_{oSn}}{I_k} = \frac{5 \cdot 5}{8{,}9} = 0.618$$

$$r_v = \sqrt{3} \cdot r \cdot \frac{I_{oSn}}{U_{osn}} = \sqrt{3} \cdot 0.17 \cdot \frac{5{,}5}{10.5} = 0.15$$

$$x_v = \sqrt{3} \cdot x \frac{I_{osn}}{U_{osn}} \sqrt{3} \cdot 0.08 \frac{5.5}{10.5} = 0{,}072$$

$$x_s = 0.05$$

Nakon uvrštenja izračunatih veličina u prethodnu jednadžbu, možemo izračunati potrebnu reaktanciju prigušnice, svedenu na osnovne veličine

$$x = 0.618 — 0.15 — 0.05 — 0.072 = 0.48$$

Prema jednadžbi, navedenoj u točki 3.7., možemo odrediti relativnu vrijednost reaktancije, pretpostavljajući za pad napona 2% i za omjer $I/I_p = 0.5$, jer se podstanice uvijek napajaju dvostrukim kabelima

$$x_p = \frac{u}{I/I_p \cdot \sin\varphi} = \frac{2}{0.5 \cdot 0.534} = 0.075.$$

Ovu vrijednost za relativnu reaktanciju zaokružit ćemo na 0.08.

Normalna struja jednostruke prigušnice sa zadanim i izračunatim veličinama prema jednadžbi (14) iznosi:

$$I_n = \frac{x}{x_p} \cdot I_{osn} \cdot \frac{U_n}{U_{osn}} = \frac{5{,}5 \cdot 0{,}08 \cdot 10}{0.48 \cdot 10{,}5} = 0{,}87\ kA.$$

Analogno tome, za dvostruku prigušnicu možemo izračunati relativnu reaktanciju x_p

$$x_p = \frac{2}{0.5\ (1 - 0{,}4) \cdot 0.534} = 0.125.$$

Uzmimo najbližu standardnu vrijednost reaktancije 0.12 i izračunajmo potrebnu nominalnu struju dvostruke prigušnice

$$I_n = \frac{I_{osn}}{U_{osn}} \cdot \frac{x}{x_p} \cdot U = \frac{5.5}{10.5} \cdot \frac{0.48}{0.125} \cdot 10 = 1{,}3\ kA.$$

Kod relativne reaktancije 0.10, nazivna struja bila bi 1,68. 0.10/0.12 = 1,08 kA.

Za zaštitu kabela i opreme u odvodima s maksimalnom snagom 6 MW i maksimalne radne struje 388 A, možemo uzeti:

a) Jednostruku prigušnicu 8%, nazivne struje 600 A, ukupno bi trebali 32 jednostruke prigušnice,
b) Dvostruku prigušnicu 2 × 600 A, 8%,
Za svaka dva izvoda, ukupno 16 prigušnica,
c) Dvostruku prigušnicu 2 × 1000 A, 10% za svaka četiri odvoda, ukupno 8 prigušnica.

Za zaštitu odvoda od 12 MW mogu se uzeti prigušnice 2 × 1000 A, 10% ukupno šest prigušnica, jedna za dva odvoda.

Sada možemo kontrolirati na koju mjeru smo sveli kratkospojne struje na mjestima K-2 i K-3.

Rezultirajuća impedancija do sabirnica podstanice iznosi:

$$z = \sqrt{(x_s + x_p + x_v)^2 + r_v^2} =$$
$$= \sqrt{(0.05 + 0.524 + 0.072)^2 + 0.15^2} = 0.662.$$

Ovdje je $x_p = 0.10.\ 5.5.10/1.10{,}5 = 0.524$.
Struja kratkog spoja na mjestu K-3

$$I_k = \frac{5.5}{0.662} = 8.3\ kA.$$

Na mjestu K-2 struja kratkog spoja će biti

$$I_k = \frac{5.5}{0.574} = 9.6\ kA.$$

Dakle, na odvodima 10 kV možemo uzeti sklopke standardne rasklopne snage na naponu 10 kV, 250 MVA, odnosno kratkospojne struje 14.4 kA. Pad napona na prigušnici u normalnom radu iznosit će:

$$u = \frac{x\ (1 - k)\ I \cdot \sin\varphi}{I_n} = \frac{0.10\ (1 - 0.4) \cdot 388 \cdot 0.534}{1000} = 0{,}011$$

Prema tome, pad napona se nalazi u dovoljnim granicama.

Literatura:

1. S. Swiren, — *Električeskie stancii, podstanci i seti* izdanje »Tehnika« Kijev — 1964.
2. —, Publikacija IEC br. 289/1968.
3. *Reaktori tokoograničivajušći suhi betonjie* — Instrukcija po montažu i eksploataciji Riga 1966.
4. H. Požar, *Visooknaponska rasklopna postrojenja,* Tehnička knjiga — Zagreb 1967.
5. A. A. Kozma — *Električeske stancii, seti i sistemi,* Izdateljstvo Harkovskog univerziteta — Harkov 1963.
6. Fleck Botho — *Hochspannungs und Niederspannungs Schaltangen* Verlag W. Girard — 43 Essen 1965.
7. BBC — Brown Boveri, *Handbuch für Planung, Konstruktion und Montage von Schaltanlage,* W. Girardet — Essen 1964.
8. Donald Beeman — Editor *Industrial power systems Handbook,* First Edition McGraw-Hill Book Company Inc. New York—Toronto—London 1955.
9. Knowelton A. E. *Standard Handbook for Electrical Engineers,* McGraw-Hill Book Company, Inc. New York—Toronto—London 1957.
10. Električeskie seti i stancii Gosenergoizdat, Moskva—Lenjingrad 1963.
11. *Električeskie seti i stancii,* u redakciji
12. *Spravočnik po elektrosnabženiju promišljenih predprijatnjih,* TOM I Energija — Moskva 1973.

Naslov pisca: Andrija Milićević, dipl. ing., »Elektroprenos«, Zagreb

KONTROLA I ODRŽAVANJE TRANSFORMATORSKOG ULJA I OSTALE ELEKTRIČNE OPREME

1. Uvod

U mnogim zemljama postoje pravila o održavanju izolirajućih ulja u pogonu. Prikupljanjem i uspoređivanjem svih dokumenata, bilo je moguće predložiti internacionalne upute. Vrijednosti različitih karakteristika što su ovdje spomenute, valja uzeti kao indikativne, u stvari, za pravilnu interpretaciju rezultata treba uzeti u obzir samo različite faktore, kao što su uvjeti upotrebe, vrsta opreme i opća promjena karakteristika ulja. Usporedba se može načiniti s uputama proizvođača opreme.

Sadržaj ovog teksta, koji je ujedno i dio preporuke dane u IEC publikaciji, nije da dade detaljne upute što ih valja primijeniti kod svih vrsta i veličina opreme punjenih uljem. Namjera je, da se dade zajednička osnova, a da se usput osvrne i na održavanje transformatorskog ulja.

Test ove preporuke se odnosi na sprečavanje oksidacije svih inhibiranih i neinhibiranih ulja u pogonu pod normalnim radnim uvjetima u transformatorima i ostaloj električnoj opremi, gdje je dozvoljeno uzimanje uzoraka ulja. Ulja su istog tipa, kao ona opisana u IEC publikaciji 269 (1969).

2. Kvarenje mineralnih ulja u pogonu i ispitivanja koja se preporučuju

Izolirajuće ulje je očišćena naftna frakcija, koja vrije na temperaturi od 300—400°C. Pri proizvodnji izolirajućih ulja, želi se smanjiti faktor dielektičnih gubitaka tg δ, povećati stabilnost prema plinovima i prijeći na inhibirana izolirajuća ulja, čijim postupkom bi se smanjilo ubrzano starenje. Glavni faktor starenja je oksidacija izolirajućih ulja. Izolirajuća ulja u pogonu izložena su uvjetima kvarenja u ovisnosti o uvjetima upotrebe. Npr.: u najvećem dijelu opreme, ulja su u dodiru sa zrakom. Ona su prema tome izložena oksidacionim reakcijama koje se ubrzavaju s porastom temperature i s prisutnošću katalizatora, (komadima željeza, bakra i otopljenim metalnim spojevima).

Rezultat toga je promjena boje i stvaranje kiselinskih produkata. U nekim slučajevima druge promjene karakteristika mogu djelovati na abnormalno stvaranje drugih materijala koji su upotrebljeni u konstrukciji opreme. Sve te promjene mogu štetno djelovati na krute i tekuće izolacione materijale, što šteti ispravnom funkcioniranju električne opreme. U nekim slučajevima mogu povećati gubitke praznog hoda i skratiti njihovu životnu dob. U izolirajućim uljima u pogonu mogu se naći ova onečišćenja:

a) *Voda*

Voda može nastati iz atmosfere, ili može biti proizvod kvarenja izolacionih materijala. Njena prisutnost je štetna. Smanjuje električnu čvrstoću, otpor ulja i ubrzava kvarenje izolacionog papira. Međutim potrebno je napomenuti, da je otpor veoma osjetljiv na prisustvo otopljene vlage, da je kut gubitaka pogoršan samo neotopljenom vodom, posebno ako su polarizirani proizvodi prisutni u ulju. Stoga se smanjenje otpora može pojaviti bez značajnog porasta kuta gubitaka.

b) *Krute čestice*

Krute čestice se mogu, prema svome nastajanju, klasificirati u četiri grupe:

1. Netopivi proizvodi oksidacije ili razlaganja krutih ili tekućih izolacionih materijala;
2. Produkti kvarenja zbog uvjeta rada uređaja: ugljik, metal, metalni oksid;
3. Razni materijali zbog neadekvatnog čišćenja uređaja prije puštanja u pogon;
4. Vlakna različitog porijekla.

Prisutnost ovih čestica smanjuje električnu čvrstoću, a talog pogoršava izmjenu topline i time pomaže daljnjem pogoršanju stanja izolacionih materijala.

c) *Polarizirane supstance*

To su u ulju topivi spojevi nastali oksidacijom ulja ili u ulju otopljene vanjske nečistoće, ili materijali upotrebljeni za konstrukciju opreme. Mjerenjem faktora gubitaka, i u manjem iznosu otpora i površinske napetosti ulja, omogućuje se otkrivanje takvih nečistoća stalnom kontrolom. Usporedba iznosa promjene neutralizacione vrijednosti s jednom od triju gornjih karakteristika, daje u izvjesnoj mjeri indikaciju o vjerojatnom uzroku onečišćenja ulja. Na primjer, visoka vrijednost kuta gubitaka zajedno s niskom neutralizacionom vrijednošću, može se smatrati indikacijom onečišćenja koje nije nastalo u samom ulju.

1. Dielektrički faktor gubitaka

Ova karakteristika veoma je osjetljiva na prisutnost topivih nečistoća u ulju i njegovih produkata starenja. Promjene te karakteristike mogu se vidjeti čak i kod vrlo onečišćenih ulja. Stoga je određivanje ovog faktora od posebnog interesa.

2. Električni otpor

Za bilo koju vrstu ulja postoji odnos između faktora gubitaka i otpora; ako se povećava faktor gubitaka, smanjuje se otpor. Korisna, dodatna, informacija može se dobiti ako se izmjeri otpor kod temperature okoline i kod 90°C. Zadovoljavajući rezultat je kod 90°C. S nezadovoljavajućom vrijednošću kod niže temperature postoji i indikacija o prisutnosti vode i taloženih materijala, bez nastalog kemijskog ili općeg onečišćenja.

3. Površinska napetost

Ova karakteristika mijenja se dosta brzo za vrijeme prve faze starenja. Nakon toga iznos se smanjuje, kad sama vrijednost postaje niža. Stoga je rezultate teško interpretirati kada je ulje jako onečišćeno.

d) *Organske kiseline*

Kiselinski proizvodi nastali oksidacijom ulja pospješuju kvarenje izolacionog papira i prešpana. Stoga je osnovno otkriti i pratiti taj proces. Određivanje organskih kiselina mjerenjem neutralizacione vrijednosti je najprikladnija i direktna metoda određivanja kemijskog starenja ulja. Prisutnost otopljenog CO_2 u ulju znatno povećava tu kiselost, ali se sadržaj otopljenog CO_2 može smanjiti vakuumskom obradom ulja.

e) *Taloženi mulj*

Ovo se odnosi na mulj koji je taloživ dodatkom n-heptana ulju, ali se nakon toga može otopiti otapalom koje je predviđeno u ispitnoj metodi. Prisutnost takvih taloga, koji se sastoje od proizvoda koji nastaju u kasnijoj fazi oksidacije, nepoželjna je i unaprijed najavljuje nastajanje netopivog mulja.

f) *Otopljeni plinovi*

Pod normalnim uvjetima rada, nastajanjem samo male količine CO i CO_2 i vrlo male količine vodika i ugljikovodika, mogu se primjetiti i velike količine otopljenih plinova koji mogu biti prvi pokazatelj kvara u opremi.

g) *Laki ugljikovodici*

Laki ugljivovodici nastaju za vrijeme razgradnje ulja pod utjecajem topline i električnih naprezanja. Velike količine ovih ugljikovodika mogu biti prvi znak kvara u opremi. Prisutnost manjeg onečišćenja ugljikovodicima može se ustanoviti mjerenjem plamišta ulja. Da bi usporili starenje izolirajućih ulja, nastalo spomenutim uzrocima, dodaju se inhibitori ili antioksidanti. Inhibitori mogu usporiti starenje ulja ovisno o njihovom sastavu, ako su uvedeni u početnom stadiju oksidacije ili prije nje. U slučaju da je inhibitor uveden kasnije, proces će biti bezuspješan.

Inhibitori se dijele na dvije grupe: inhibitore slobodnih radikala i razrušioce peroksida. Najveću primjenu inhibitora ima kombinacija: 2,6-ditercijalni butil-4-metilfenol nazvan »jonol« kao i 2,6-ditercijalni butil-parakuzol. Jonol sprečava stvaranje taloga, a nedostatak mu je da čini veći postotak ukupnog sadržaja ulja (0,2—0,5% tež.). Laboratorijski je dokazano, da kod polja jačine 10 kV/cm dolazi do povećanja taloga za 18—20% i kiselinskog broja za 6—10% u odnosu na pokuse bez polja. Iz toga se može zaključiti, da električno polje ubrzava oksidaciju trafo-ulja.

Pri radu uljnih prekidača teretnih sklopki za regulaciju napona pod opterećenjem i kvarova, nastaje električni luk. Stvaranje električnog luka negativno djeluje na transformatorsko ulje, jer se luk odlikuje vrlo visokom temperaturom, velikom strujom i malim padom napona. Pri gorenju luka u ulju stvaraju se produkti razloženih ugljikovodika, a to su plinovi koji u spoju sa zrakom stvaraju eksplozivne i zapaljive smjese. Na osnovi pojave ovih plinova može se pomoću Buholc-releja konstatirati o kakvoj se vrsti kvara radi. U slučaju pojave električnog luka niti inhibitori ne pomažu, jer i sam inhibitor podliježe razlaganju.

Ubrzavanje oksidacije ulja pospješuje koroziju metala u izolacionom ulju, što dovodi do stvaranja sapuna i organskih kiselina. Najintenzivnija je korozija bakra, pa je bakar najosjetljiviji indikator korozivne agresivnosti izolacije ulja. Čisti elektrolitički bakar naročito brzo pospješuje oksidaciju ulja, dok aluminij, kalaj, legure kalaja s olovom, kadmij i nikal malo utječu na oksidaciju. Oksidacija ulja utječe na razaranje tvrde izolacije izrađene na bazi celuloze, izolacioni papir i pamučnu tkaninu. Da bi se produžila životna dob elektroizolacionog papira za transformatore, dodaju se papiru kod proizvodnje stabilizirajuće komponente koje povećavaju temperaturnu stabilnost i otpornost izolacije. Da bi produžili životnu dob celulozne izolacije, istovremeno se uvode stabilizirajući dodaci u papir i inhibitor u ulje.

Još jedan način da se produži životna dob transformatorskog ulja je zaštita ulja od dodira s kisikom. To se postiže hermetizacijom tako, da se ugradi sušionik zraka. Kao aktivni materijal za sušionik upotrebljava se silikagel (SiO_2). Još aktivniji materijal od silikagela je apsorbent ceolit. Ceolit je dobar apsorbent za vlagu iz zraka i ulja. Prednost ceolita je u tome što on 2—3 puta više apsorbira vlagu nego silikagel i što je za njegovo sušenje dovoljna toplina od 300—350°C, dok je za silikagel potrebno 450—500°C.

U eksploataciji se transformatorsko ulje vlaži, dolazi do zagađenja i skupljanja produkata oksidacije. Svi ostaci nastali ovim putem, pogoršavaju njegova elektroizolaciona svojstva i smanjuju otpor tvrde izolacije transformatora. U takvom slučaju valja izvršiti cjelokupnu obradu izolacije transformatora. Najprije se izvede sušenje tvrde izolacije, prethodno pročišćene uljem zagrijanim na 50—80°C. Radi poboljšanja oksidacione stabilnosti regeneriranog ulja u njega se uvode umjetni inhibitori oksidacije. Kod regeneracije se mogu upotrijebiti kako prirodni tako i umjetni apsorbenti kiselina i peroksida iz ulja. Umjetni imaju bolji odraz, a oni su silikagel i oksid aluminija. Kao prirodni apsorbent poznatat je Fülerova zemlja, i dr. Postoje i aparati koji se zovu »apsorberi«. Oni su napunjeni apsorbentom, u kojem se vrši obrada kiselih transformatorskih ulja. Oni se mogu primijeniti i onda, kada je transformator u pogonu.

Da bi dobili visokostabilno regenerirano ulje, neophodno je uvoditi u ulje inhibitore, tj. antioksidacione dodatke koje smo već u tekstu spomenuli, i time povećati životnu dob transformatora.

U najnovije vrijeme, kao apsorbenti se upotrebljavaju »molekularna sita«. To su aktivni materijali od silikagela, a jedan od njih je ceolit. Ta »moleku-

larna sita« imaju veći promjer otvora od onih koja se upotrebljavaju za upijanje vlage.

3. Oksidaciona stabilnost inhibiranih ulja

Inhibirana ulja se malo kvare, tako dugo dok u njima ima aktivnog inhibitora. Za neko ulje indukcioni period je opće proporcionalan sadržaju aktivnog inhibitora, pod uvjetom da se inhibitor doda novom nestarenom ulju. Oksidaciona proba za novo inhibirano ulje omogućuje lako mjerenje indukcionog perioda pomoću određivanja lako hlapivih organskih kiselina. Ova proba izvršena je na upotrebljenom, ranije ispitanom ulju, i pokazuje u kojoj mjeri je indukcioni period skraćen.

4. Kompatibilnost izolacionih ulja

Proučavanje kompatibilnosti može biti potrebno radi određivanja mogućnosti mješanja raznih vrsta i porijekla novih ulja s uljem u upotrebi, ako je miješanje veće od 5%. Ovo istraživanje je od posebne važnosti u slučaju inhibiranih ulja. Glavne karakteristike mješavine, uključujući oksidacionu stabilnost, ne smiju biti lošije od onih kod lošijeg ulja.

5. Učestalost ispitivanja ulja u pogonu

Učestalost ispitivanja ulja u pogonu ovisi o snazi, opterećenju, konstrukcijama i ostalim uvjetima pogonske opreme. Općenitije, ispitna mjerenja mogu se provesti na osnovi paragrafa 1. 2 i 3, što se primjenjuju posebno kod transformatorskog ulja:

1. Periodično ispitivanje karakteristika u sugeriranim intervalima, ako proizvođač nije drugačije odredio.
2. Ispitivanje karakteristika koje se mogu odrediti na mjestu montaže (terenu) u kraćim intervalima, prema želji.
3. Ako je brzo kvarenje ili ubrzan proces kvarenja, predlaže se:
   a) potvrditi posljednju vrijednost uz pomoć novih proba, na novim uzorcima,
   b) obavijestiti proizvođača opreme,
   c) ispitati stanje ulja mnogo češće, ovisno o veličini i stupnju ustaljenog kvarenja.

6. Zahvati koji se moraju poduzeti

Kao funkcije stupnja kvarenja ulja mogu se pojaviti slijedeći slučajevi:

a) karakteristike su normalne i ne treba ništa poduzimati,
b) u ovom slučaju, ako je samo vrijednost električne čvrstoće preniska: potrebno je odstraniti vodu i krute čestice rekondicioniranjem (tj. filtriranjem, centrifugiranjem i cjeđenjem u tankom filmu).
   Efekt postupka valja kontrolirati. U slučaju velike vlažnosti transformatorskog ulja, potrebno je sušenje izolacije aktivnog dijela transformatora.
c) Nekoliko karakteristika nezadovoljava. U sukobu s ekonomskim faktorima i lokalnim uvjetima, potrebno je ispitati ulje detaljnije, ili staviti ulje u ispravno stanje na načine koje smo ranije opisali.

U slučaju gdje je ulje poboljšano ili zamijenjeno, oprema mora biti pažljivo isprana prije novog punjenja, pri čemu valja posebno paziti na namote da bi se novo ulje što manje onečistilo proizvodima starenja.

Mirjana Crnčić

(Iz IEC publikacije 420)

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.

BRZO ODREĐIVANJE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U BLOK TRANSFORMATORIMA

Kiril A. Tropin, Beograd

Postojeći načini određivanja gubitaka

Gubici električne energije u blok transformatorima mogu, opšte uzeto, da se odrede na više načina:

— Jednostavnim oduzimanjem pokazivanja brojila energije na strani višeg (mrežnog) napona od pokazivanja brojila energije na strani nižeg (generatorskog) napona.

Ovaj način je veoma tačan, zavisno od tačnosti brojila i mernih transformatora, i daje brzo rezultate, ali je praktično neostvarljiv, jer u nas nigde ne postoje brojila energije na obe strane transformatora.

— Sumiranjem časovnih gubitaka električne energije dobijenih kao trostruki proizvod otpora transformatora i kvadrata struje opterećenja blok transformatora.

Tačnost ovog načina određivanja gubitaka dosta je velika (veća od $\pm 10\%$) i zavisi od mogućnosti tačnog očitavanja pogonskog ampermetra (opseg njegove skale i promenljivosti opterećenja u toku jednog časa).

— Približnim metodama, sličnim metodi Holmgreen-Rung, koje na osnovi protoka električne energije i maksimalnog opterećenja blok transformatora omogućuju da se izračuna koeficijent opterećenja. Poznavanjem tog koeficijenta opterećenja i faktora snage protoka, iz posebnog dijagrama se određuje koeficijent gubitaka potreban za izračunavanje gubitaka. Ovim se teži da se dobije simulacija stvarnog dijagrama opterećenja.

Ovaj način manje tačan (reda $\pm 20\%$), zavisi od tačnosti očitavanja više instrumenata.

Ovde se predlaže metoda, koja bi omogućavala da se brzo i sa dovoljnom tačnošću dobiju gubici električne energije u blok transformatorima elektrana na temelju podataka brojila aktivne i reaktivne energije.

Brzo određivanje gubitaka u blok transformatorima

Određenu proizvodnju električne energije u toku posmatranog vremena, npr. u toku meseca, može da ostvari jedan te isti agregat pod različitim uslovima, tj. prema dijagramima opterećenja koji se međusobno razlikuju po vrednostima i trajanju maksimalnih snaga, aktivnih i reaktivnih, faktorima snage, itd., koji se ne mogu unapred predvideti (planirati). Oni se menjaju bez određene sličnosti i zakonitosti, jer zavise od trenutne situacije u energetskom sistemu.

Zbog toga se razlikuju gubici električne energije u blok transformatorima usled različitih uslova proizvodnje iste količine električne energije.

Pokušaćemo da odredimo ekstremne vrednosti apsolutnih i relativnih gubitaka električne energije u blok transformatorima, s napomenom, da jedan deo tih gubitaka, gubitak u gvožđu transformatora, ne zavisi od dijagrama opterećenja bloka i srazmeran je samo vremenu uključenja (rada) transformatora, pod pretpostavkom da je indukcija nepromenljiva.

Gubici u bakru blok transformatora su vezani naprotiv za dijagram proizvodnje, odnosno za uslove protoka električne energije, i srazmerni kvadratu odnosa struje opterećenja (protoka) prema nazivnoj struji i trajanju njenog protoka.

Očigledno je, da će gubici u bakru u blok transformatoru biti najveći, ako se dana proizvodnja u toku celog posmatranog perioda ostvaruje pri struji opterećenja jednakoj nazivnoj struji blok transformatora, odnosno, kod određene aktivne snage uz najniži faktor snage.

Kao što se vidi, maksimalni gubici su jednaki za sve vrednosti ostvarene proizvodnje, ako je prividna struja jednaka nazivnoj struji transformatora.

Isto tako je očigledno da će gubici u bakru blok transformatora biti najmanji, ako se dana proizvodnja u toku celog posmatranog perioda ostvaruje pri faktoru snage jednakom jedinici. U ovom je slučaju struja opterećenja za određenu aktivnu snagu minimalna.

Konstrukcija krivih gubitaka za konkretni primer

Neka je dan blok transformator sledećih karakteristika:

— Prividna snaga	$S = 120$ MVA
— Gubici u bakru	$G_{Cu} = 165$ kW
— Gubici u gvožđu	$G_{Fe} = 98{,}5$ kW
— Trajanje rada	$t = 720$ h

a) *Apsolutni gubici*

Maksimalni gubici, pod pretpostavkom da se indukcija ne menja, izračunavaju se prema obrascu:

$$G_{max} = (G_{Cu} + G_{Fe})\, t \text{ kWh} \qquad (1)$$

U dijagramu gubitaka, maksimalne gubitke prikazuje jedna prava, paralelna apscisnoj osi.

Minimalni gubici izračunavaju se prema obrascu:

$$G_{min} = (G_{Cu} \cdot n^2 + G_{Fe})\, t \text{ kWh} \qquad (2)$$

Gde je:

n — odnos ostvarene proizvodnje aktivne energije prema maksimalnoj mogućoj proizvodnji za zadano vreme.

Maksimalni gubici električne energije u blok transformatoru navedenih karakteristika mogu da se izračunaju pomoću obrasca (1) i iznose:

$$G_{max} = (165 + 98{,}5) \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 189{,}72 \text{ MWh}.$$

Minimalni gubici npr. za proizvodnju, koja iznosi 80% od maksimalne proizvodnje agregata, odnosno protoka kroz transformator ($n = 0{,}8$), iznose prema obrascu (2):

$$G_{min} = (165 \cdot 0{,}8^2 + 98{,}5) \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 146{,}952 \text{ MWh}.$$

Izračunate vrednosti gubitaka za razne vrednosti proizvodnje unete su u tabelu 1, koja služi za crtanje dijagrama.

Sem krivih maksimalnih i minimalnih gubitaka, koji pokazuju ekstremne vrednosti gubitaka u blok transformatoru, mogu da se izračunavaju gubici električne energije pri ostvarenju zadate proizvodnje aktivne energije pri različitim vrednostima srednjeg mesečnog faktora snage.

Ukoliko određena aktivna energija prolazi kroz transformator pri faktoru snage manjem od 1, znači da je struja povećana $1/\cos\varphi$ puta, pa su gubici srazmerni kvadratu te povećane struje.

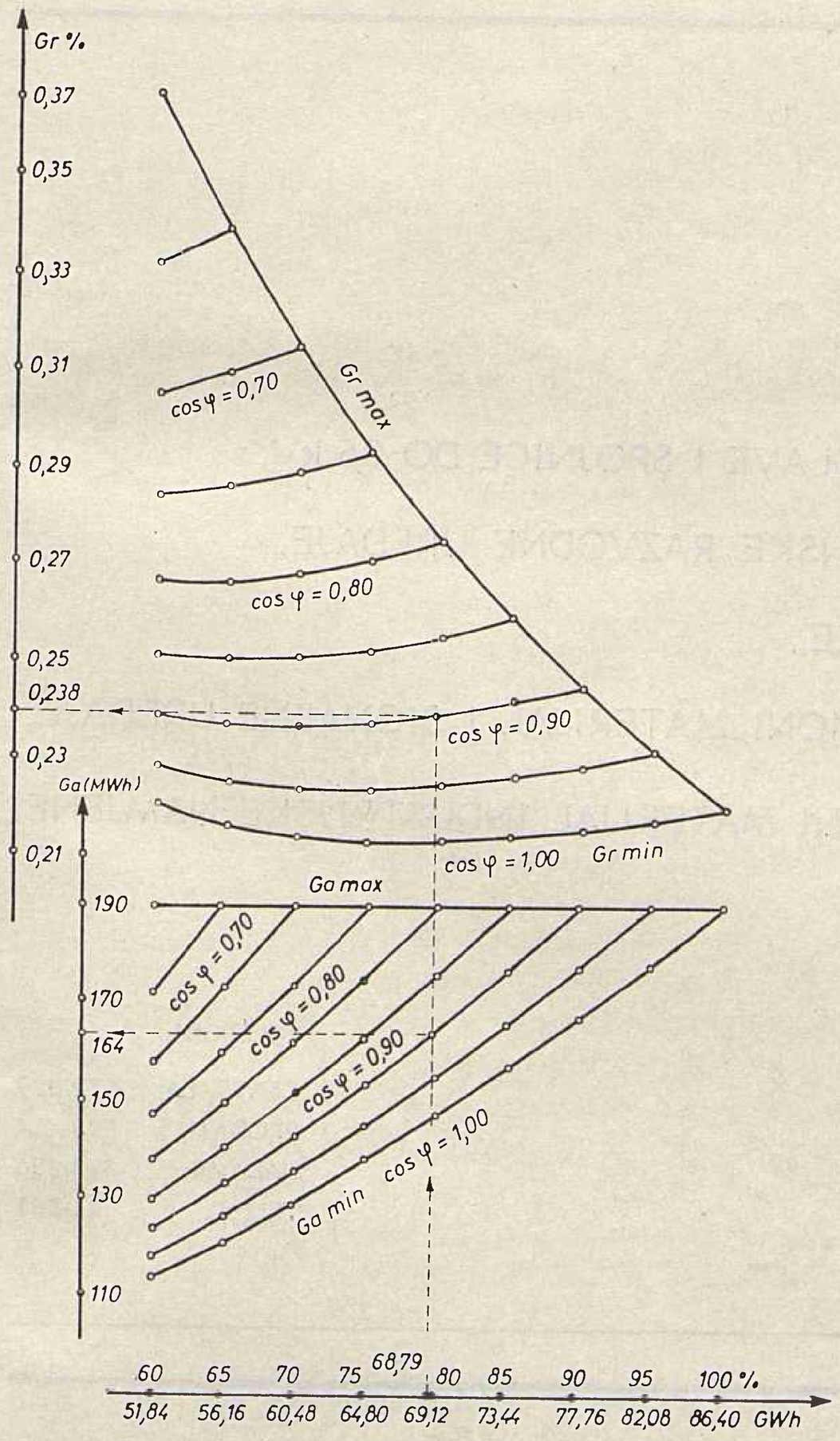
Prema tome opšti obrazac za gubitke glasi:

$$G = [G_{Cu}\left(\frac{n}{\cos\varphi}\right)^2 + G_{Fe}]\,t \text{ kWh} \qquad (3)$$

Npr. Ako je proizvodnja aktivne energije 80% od maksimalno moguće, a energija je proizvedena pri faktoru snage 0,85, tada su gubici

$$G = [165\left(\frac{0{,}80}{0{,}85}\right)^2 + 98{,}5]\,720 = 176{,}06 \text{ MWh}.$$

Na sl. 1 prikazane su krivulje apsolutnih gubitaka nacrtane na osnovi podataka iz tabele 1.



Tablica 1

Proizvodnja GWh		86,40	77,76	69,12	60,48	51,84
	%	100	90	80	70	60
Gubici energije pri cos φ:						
1,00	MWh	189,72	167,15	146,95	129,13	113,69
	%	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
0,95	MWh	—	177,48	155,13	135,43	118,32
	%	—	0,22	0,22	0,22	0,22
0,90	MWh	—	189,72	164,77	142,79	123,79
	%	—	0,24	0,24	0,24	0,24
0,85	MWh	—	—	176,06	151,58	130,08
	%	—	—	0,25	0,25	0,25
0,80	MWh	—	—	189,72	161,92	137,74
	%	—	—	0,27	0,27	0,27
0,75	MWh	—	—	—	174,28	146,95
	%	—	—	—	0,28	0,28
0,70	MWh	—	—	—	189,72	158,17
	%	—	—	—	0,31	0,30
0,65	MWh	—	—	—	—	172,14
	%	—	—	—	—	0,33
0,60	MWh	—	—	—	—	189,72
	%	—	—	—	—	0,37

Tehnički minimum agregata određuje minimalnu proizvodnju, odnosno minimalni protok kroz blok transformator (u posmatranom slučaju 51,84 MWh, tj. oko 60% od maksimalne proizvodnje).

b) *Relativni gubici*

Delenjem vrednosti apsolutnih gubitaka s ostvarenom proizvodnjom i množenjem sa 100, dobijaju se vrednosti relativnih (procentualnih) gubitaka za različite vrednosti i uslove proizvodnje.

Relativni gubici također su prikazani na sl. 1 (gore).

Korišćenje krivih gubitaka

Za svaki blok transformator na osnovi podataka o njegovoj prividnoj snazi, gubicima u bakru i gubicima u gvožđu mogu unapred da se pripreme krive apsolutnih i relativnih gubitaka.

Za ostvarenu neto proizvodnju agregata, tj. za vrednost ukupne proizvodnje agregata smanjenu za vrednost sopstvene potrošnje bloka ukoliko se ona napaja iz transformatora na odcepu od veze generator — blok transformator, povuče se uspravna linija i odmah se očitavaju ekstremne vrednosti apsolutnih i relativnih gubitaka električne energije u blok transformatoru.

Ako je generator opremljen brojilima aktivne i reaktivne energije, može da se izračuna srednji mesečni faktor snage.

Tada se tačnije odredi vrednost apsolutnih i relativnih gubitaka u presecima sa krivim za odgovarajući faktor snage.

Primer iz prakse

Podaci o pogonu generatora sa blok transformatorom ranije navedenih karakteristika u septembru 1970. godine (720 časova):

Proizvodnja na generatoru:

— aktivne energije	75.931,0 MWh
— reaktivne energije	40.608,0 MVArh

Sopstvena potrošnja:

— aktivne energije	7.135,0 MWh
— reaktivne energije	6.335,0 MVArh

Protok kroz blok transformator.

— aktivne energije	68.796,0 MWh
— reaktivne energije	34.273,0 MVArh
Srednji mesečni faktor snage	0,894

Gubici aktivne energije u blok transformatoru nalazimo povlačeći na dijagramu vertikalnu liniju iz tačke na apscisi, koja odgovara vrednosti protoka kroz transformator (68, 796 MWh). U njenom preseku sa krivim linijama, koje odgovaraju faktoru snage 0,894 (približno 0,90) nalazimo da su:

— apsolutni gubici	164 MWh
— relativni gubici	0,238%

Ova metoda svakako važi i za određivanje gubitaka električne energije u transformatorima druge namene, kao što su na primer blok transformatori u hidroelektranama, mrežni transformatori, itd. Međutim korišćenje ove metode za takve transformatore je manje pogodno, ako minimalni protok električne energije kroz transformator nije ograničen, jer kriva maksimalnih relativnih gubitaka postaje strmija u području malih protoka i zbog toga je teže očitavanje vrednosti ordinata.

U termoelektranama minimalni protoci električne energije praktično su ograničeni tehničkim minimumom agregata, koji su redovno prilično visoki pa je zato lako očitavanje vrednosti relativnih gubitaka.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, dipl. ing., ZEPS, Beograd

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

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

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

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

25 godina visokonaponskog instituta firme AEG u Kasselu

U srpnju 1973. godine proslavio je Visokonaponski institut firme AEG - Telefunken dvadesetpetgodišnjicu rada. Institut je smješten u Bettenhausenu jednom od predgrađa Kassela. Nakon završetka drugog svjetskog rata 1948. godine ovdje je ponovno podignut centar za energetsku tehniku, u kojem se zajedno obavljaju sve aktivnosti vezane uz proizvodnju, prijenos i razdiobu eletkrične energije. Visokonaponski institut vezan je uz tvornicu visokonaponskih uređaja i aparata posebnim ugovorima za znanstvena istraživanja i razvoj aparata i uređaja. U ovom trenutku centralna tema istraživanja je sigurnost isporuke električne energije i njegova ovisnost o ekonomici.

Godine 1912. na inicijativu prof. Biermannsa je AEG u Berlinu — Oberschöneweiden, osnovao prvo visokonaponsko ispitno polje, iz kojeg se razvio Visokonaponski institut. Promatra li se sadašnje djelovanje instituta može se opaziti da su još uvijek aktualna neka pitanja koja su to bila i kod njegovog osnutka. To se posebno odnosi na smanjenje volumena rasklopnih uređaja i na svlagavanje velikih snaga kratkog spoja. Daljnja pitanja su koordinacija izolacije i prijelazne pojave u visokonaponskim mrežama.

Jedna od važnih funkcija Visokonaponskog instituta AEG je u njegovoj ulozi veze između industrije i tehničkih visokih škola u Njemačkoj.

(Prema: Elektrizitätswirtschaft, Zgb. 72 (1973), H. 21)

J. M.

Razmjena energije između zemalja Zapadne Evrope

Razmjena energije između zemalja članica (ECPTE) Unije za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije, čije su članice SR Njemačka, Austrija, Švicarska, Italija, Francuska, Belgija, Luksemburg i Nizozemska, neprestano raste. Tokom 1972. godine mogućnost prijenosa vodova za razmjenu među zemljama članicama povećala se za 5,6% i dosegla 28.100 MVA, a prijenosna moć vodova između zemalja članica UCPTE i susjednih zemalja (Danska, Jugoslavija, Čehoslovačka i Mađarska) povećala se za 12% i iznosi 3.700 MVA. Međusobna razmjena unutar zemalja članica povećala se za 7,5% prema 1971, i dostigla 31.785 GWh, što predstavlja 4,3% sveukupno proizvedene energije svih zemalja članica. Izvoz električne energije u susjedne zemlje (Dansku, Ist. Njemačku, Vel. Britaniju, Jugoslaviju, Španjolsku, Čehoslovačku i Mađarsku) smanjio se za 41,5%, dok se uvoz iz tih zemalja povećao za 49%. Razmjena između SR Njemačke i susjednih zemalja iznosi u uvozu 14,7 TWh (5,8%), a u uvozu 8,1 TWh (30,6%).

(Prema: Elektrotechnik, 1973, № 6.)

J. M.

Razvoj mreže 400 kV u Francuskoj

U Francuskoj je provedena analiza dosadašnjeg razvoja mreže 400 kV za razdoblje od 1958—1972, kao i planova njenog razvoja do 2000. godine. To je učinjeno zato jer se od 1972. godine u elektroenergetski sistem Francuske uvode kao standardni naponi prijenosa 730 i 1000 kV.

Parametri razvoja 400 kV mreže Francuske vezani su na planove razvoja potrošnje i proizvodnje električne energije i mogu se prikazati slijedećom tablicom:

Godina	Vršno op.t GW	Max. kapacitet HE	proiz. GWh TE	Duljina 400 kV mreže km	Snaga tran. 400/225 kV u GVA
1955.	8,9	7,95	6,7	—	—
1960.	12,9	10,2	10,3	524	1,5
1965.	17,5	12,7	13,5	2.805	6,0
1970.	23,3	15,2	21,2	4.491	9,6
1985.	71,2	21,6	67,8	11.500	47,7
2000.	165,0	35,0	178,0	35.000	180,0

(Prema: Proc. Amer. Power Conf. Vol. 34, 1972.)

J. M.

Razmjena energije u elektroenergetskom sistemu American Electric Power u SAD

Udružena elektroprivredna kompanija American electric Power (AEP) jedna je od najvećih u SAD. Ona služi kao jedinstven sistem za napajanje oko napajanja, te povećanja snage i energije kompanija 1.677.000 potrošača. Maksimalno opterećenje u 1971. godini doseglo je 10.917 MW, dok je koeficijent iskorištenja maksimuma 70%. U posljednjih 10 godina broj potrošača povećao se za 18%, vršno opterećenje se udvostručilo, a razmjena energije sa susjednim sistemima se povećala 5 puta. Radi povećanja sigurnosti AEP ima 118 međusistemskih veza sa 23 susjedne kompanije. Od toga je 32 na 345 kV, 4 na 500 kV i 2 na 765 kV. Ukupna snaga generatora svih sistema s kojima je vezana AEP iznosi 85 GW. Vodovi 765 i 500 kV s kojima je AEP vezana prema jugu i istoku sa sistemima u susjedstvu, omogućili su značajnu razmjenu energije.

(Prema: Proc. Amer. Power Conf. Vol. 34, 1972.)

J. M.

Vijest o istraživanjima vrlo visokih napona prijenosa

Objavljeni su rezultati trogodišnjih istraživanja kompanija American Electric Power (AEP), Allmanna Svenska Elektriska Aktiebelaget (ASEA) i Ohio Brass Co. na projektu prijenosa ultra visokim naponima. Rezultati se mogu svesti na: određivanje i dostizanje 1,5 puta većeg napona od nominalnog, na provjeru mogu li se izgraditi aparati i uređaji za potrojenja ultra visokog napona (u tu svrhu je napravljen proto-

tip transformatora 1500 kV), na dokaz da se stanicama i vodovima tako visokog napona može upravljati, i na to da ne postoje teorijske ili praktične zapreke ostvarenju tako povećanog napona prijenosnih vodova.

U slijedećoj tablici dane su minimalne udaljenosti između vodiča i zemlje kod komutacionih napona voda 1,5 nominalne vrijednosti:

Nominalni napon kV	1250	1500	1750	2000
Komutacioni napon kV	1525	1835	2145	2455
Udaljenost vodič-zemlja m	8	11	14	19

(Prema: »Transmiss. and. Distrib. 1973, № 1)

J. M.

PROGRAM IZGRADNJE VELIKIH NUKLEARNIH ELEKTRANA NA MORSKOJ OBALI FRANCUSKE

Électricité de France (EdF) je razradila dugoročni plan izgradnje velikih elektrana za proizvodnju električne energije, od kojih je većina nuklearnih elektrana locirano na obali Francuske. Za prvi, od ovih objekata, EdF je zatražio dozvolu od vlade i ostalih organa. U blizini Dunkerquea, u mjestu Manica, gradit će se četiri konvencionalne jedinice od po 700 MW, a uz njih četiri nuklearne jedinice i to dvije od po 900 MW i dvije od po 1 200 MW. Tako će se na jednoj lokaciji naći ukupna snaga od 7 000 MW. Radovi na izgradnji četiriju jedinica klasične termoelektrane trebali bi početi slijedeće godine.

Predviđene su lokacije slijedeća tri kompleksa, sa četiri nuklearne jedinice od po 1 200 MW svaka. Jedna je u Paluelu kod Dieppea, druga u blizini Bordeauxa uz konvencionalnu elektranu od 1 250 MW, a treća je predviđena na obali Sredozemnog mora u Roussilonu.

Za slijedećih 25 godina EdF računa s realizacijom 150—200 nuklearnih jedinica, koncentriranih na ograničeni broj lokacija (20 do 30). Ove lokacije su uglavnom na morskoj obali. Uvjetovane su problemima hlađenja, s namjenom da se smanji broj rashladnih tornjeva. Ne samo ekološki, nego i estetski uvjeti, vezani uz problem okoliša morske obale, izazivaju već sada ozbiljne proteste i opoziciju organizacija za zaštitu okoline.

Program EdF-a nalazi se na odobrenju kod francuske vlade. Računa se, da će proći oko 7 godina od prijelaza sa projekta na realizaciju.

Prema: Energia nucleare, vol. 20, n. 11, str. 583—84

J. M.

NUKLEARNA ELEKTRANA BORSSELE — NIZOZEMSKA UŠLA U PUNI POGON

Nizozemska nuklearna elektrana Borssele, snage 450 MWe ušla je u puni komercijalni pogon. Postrojenje je opremljeno reaktorom s vodom pod tlakom, Siemens, kojeg je isporučio Kraft Werk Union AG. On za sada radi sa 80% nominalne snage. Ovo je druga nuklearna elektrana u Nizozemskoj. Prva elektrana, Dodewaard (BWR, 55 MWe) u pogonu je od 1969. godine.

Prema: Energia nucleare, vol. 20, n. 11, str. 585

J. M.

ASEA GRADI SIMULATOR NUKLEARNE ELEKTRANE

ASEA je dobila narudžbu da izgradi simulator za obuku osoblja u nuklearnoj elektrani. Narudžbu su zajednički financirala razna elektroprivredna poduzeća Švedske, državnog i privatnog kapitala, a namijenjena je za AB Kärnkraftutbildning (poduzeće za obuku personala u nuklearnim elektranama). Simulator će imitirati rad reaktora na kipuću vodu i imat će kontrolnu dvoranu koja će biti replika one koja postoji u elektrani Barsebäck. I. Simulator će biti postavljen u Studsviku u blizini atomskog istraživačkog centra. Predviđa se, da će biti u pogonu sredinom 1975. god. Oprema se sastoji od elektroničkog računala, čiji program odgovara karakteristikama stvarne nuklearne elektrane. On sadrži vrlo razrađen sistem primanja i prijenosa podataka, što osigurava komuniciranje između kontrolne dvorane i računala. Ova oprema bit će prva što će se instalirati u Evropi.

Predviđeno je, da se u 1976. izgradi još jedan simulator za nuklearnu elektranu sa vodom pod tlakom. Kontrolna sala bit će identična sali nuklearne elektrane Ringhals III.

Ovi simulatori bi trebali dati osnovna znanja osoblju koje će raditi u nuklearnim elektranama, a bit će omogućeno i obnavljanje znanja svake godine. Ovim će se kandidati naći u uvjetima koji su jednaki eksploatacionim uvjetima, pa će se moći naviknuti na različite postupke intervencije i na sve poteškoće. Moći će se izraditi i operacije koje su u pogonu vrlo delikatne i koje se vrlo rijetko susreću u pogonu.

Kapacitet ovih simulatora omogućuje obuku oko dvije stotine osoba godišnje. Prema ovoj procjeni čini se da će se moći pokriti sve potrebe za ovim kadrovima u Švedskoj za slijedećih deset godina.

Prema: ASEA-Revue, 1973., n. 4, str. 93.

J. M.

VELIKE SNAGE NOVIH ELEKTROLUČNIH PEĆI U FRANCUSKOJ

Francuska firma CEM uskoro pušta u pogon novu elektrolučnu peć u Usinoru kod Thionvillea, snage 42 000 kVA s kapacitetom proizvodnje čelika od 200 tis. tona godišnje. Radi se o prvoj iz serije od tri peći. Druga bi trebala ući u pogon u lipnju 1974. a namijenjena je miničeličani Alpa u Porchevilleu, i imat će snagu 36 000 kVA s kapacitetom 180 tis. tona betonskog željeza godišnje. Treća peć bi krajem 1974. god. trebala proraditi u St-Saulve-de-Vallaurec sa snagom 47 000 kVA i kapacitetom proizvodnje čelika 240 tis. tona godišnje.

Ove tri peći zajedno imaju proizvodnju veću od 600 tis. tona, što je više nego što je VI francuski Plan predvidio za povećanje proizvodnje čelika iz elektrolučnih peći, a koji iznosi 500 tis. tona godišnje.

Prema: RGE, 1973, № 11, str. 743.

J. M.

IZGRADNJA BRANE ITEZITEZI U ZAMBIJI

Jedan talijanski konzorcij gradi branu Itezitezi u Zambiji, u vrijednosti oko 61 milijun dolara. Ova brana je druga faza konstrukcije elektrana na rijeci Kafue i obuhvaća izgradnju elektrane Kafue Gorge, sa dvije grupe generatora po 150 MW. Tako će se ukupna instalirana snaga popeti do 900 MW, a izgradnja dalekovoda od 330 kV spajat će elektranu s glavnom rasklopnom stanicom Leopard's Hill u Lusaki. Prva faza postrojenja, 4 grupe po 150 MW i dva prijenosna voda 330 kV, bit će dovršena 1975.

Nova brana bit će kamenom nasuta, imat će volumen 8,2 milijuna m^3 i visinu 65 metara. Akumulaciono jezero imat će 5,7 milijardi m^3. Brana treba biti gotova 1978. godine, a već 1976. trebalo bi početi djelomično punjenje akumulacije.

Prema: L'energia elettrica, № 10, 1973., str. 651.

J. M.

ELEKTRANA RAMPANGA U INDIJI

Završena je izgradnja elektrane Rampanga u indijskoj državi Uttar Pradesh ukupne snage 198 MW. Zasad je instalirano 66 MW, a ostala dva agregata ulaze u pogon tokom slijedećih mjeseci. Elektrana je u području Himalaja na rijeci Rampanga i ima dvije nasute kamene brane. Prva brana je visoka 121 metar a dužina krune joj iznosi 625 metara i po tome je najveća u Indiji, a druga je visoka 72 metra i ima dužinu krune 572 metra.

Godišnja proizvodnja se kreće oko 440 GWh, a omogućeno je navodnjavanje 660 000 hektara ispod elektrane. Prvi radovi bili su 1965. godine, a ukupno je ugrađeno 25 milijuna m^3 materijala. Ukupna cijena postrojenja iznosi oko 1 190 milijuna rupija (2,3 milijuna novih dinara).

Radovi na izgradnji su potpuno izmijenili tipičnu lokalnu faunu, pa su neke životinje, posebno krokodili, morali biti zaštićeni i preneseni u najbliži nacionalni park, Corbett.

Prema: L'energia elettrica, № 10, 1973., str. 651.

J. M.

POČETAK NOVE PREGRADNJE RIJEKE TISE U MAĐARSKOJ

Započelo je drugo pregrađivanje rijeke Tise u Mađarskoj. U brani će se nalaziti protočna elketrana. Osim proizvodnje električne energije ovim postrojenjem bi se trebalo utjecati na ujednačavanje vodostaja, te na stvaranje uvjeta za natapanje 300 000 hektara zemljišta. Proizvodit će se godišnje 103 GWh. Postrojenje obuhvaća izgradnju navigacionog kanala 120 km dugog za plovne jedinice do 1 350 tona. Osim toga, predviđene su rekreacione površine oko jezera čija površina iznosi 127 km^2.

Brana će se nalaziti 404 km uzvodno od ušća Tise u Dunav i imat će tri dijela: brodoprevodnicu, preljev i strojarnicu. Ona će biti u 5 lukova od po 24 m a elektrana će imati 4 grupe turbina, svaka snage 7 MW, što ukupno daje 28 MW. Ukupni korisni kapacitet akumulacije bit će 400 milijuna m^2.

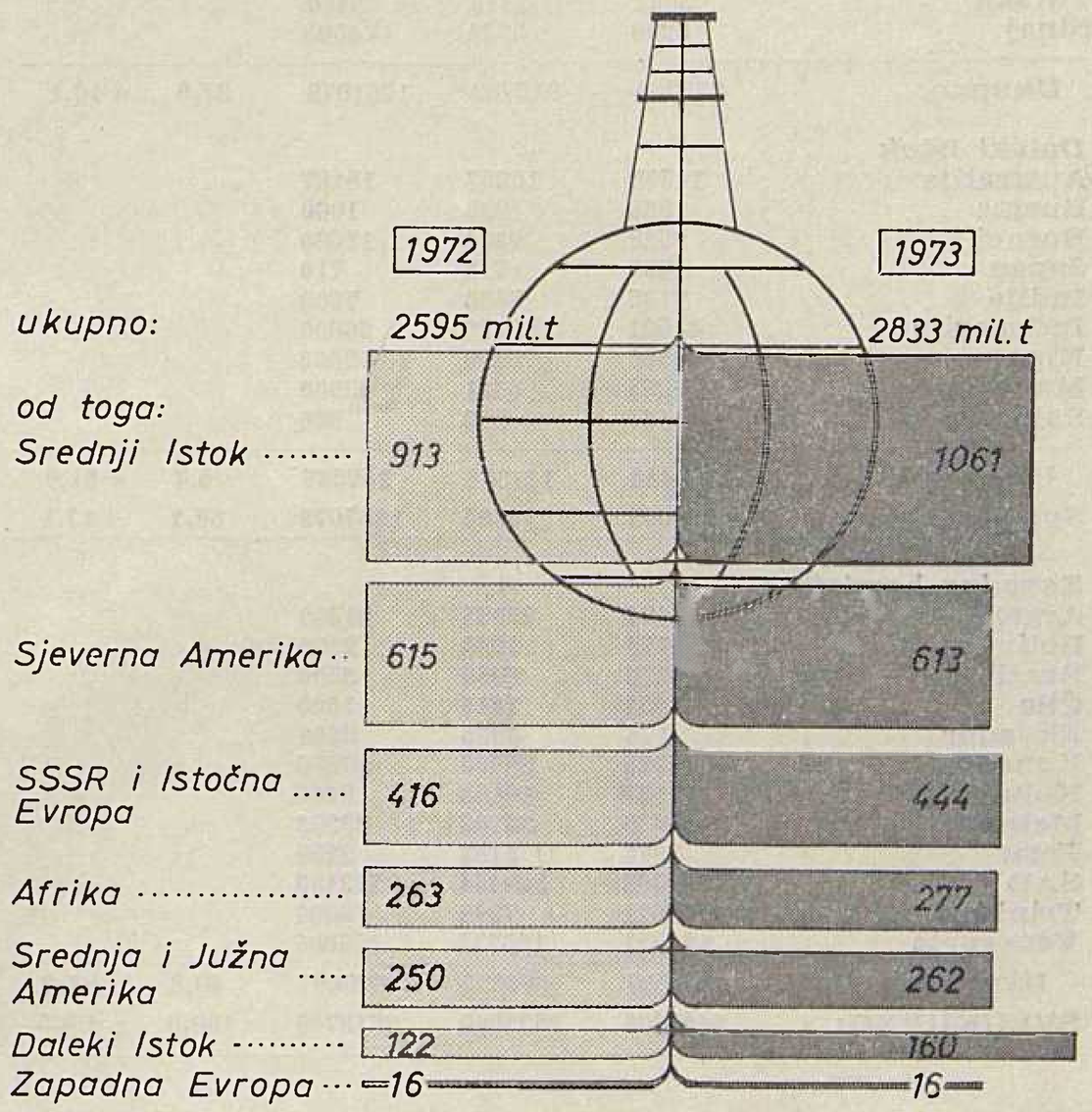
Prema: L'energia elettrica, № 10, 1973., str. 651.

J. M.

SVJETSKA PROIZVODNJA NAFTE U 1973. GODINI

Svjetska proizvodnja nafte u 1973. godini premašila je 2,83 mlrd tona i bila je za 9,0% veća nego u 1972. godini. Ta, razmjerno visoka stopa porasta bila bi još i veća da potkraj godine nije došlo u nekim arapskim zemljama do izvjesnog smanjenja proizvodnje nafte kao posljedice ograničenja njenog izvoza u SAD i neke zapadno-evropske zemlje, u vezi s arapsko-izraelskim ratom.

SVJETSKA PROIZVODNJA NAFTE U 1973. GODINI
MLN TONA



Proizvodnja u pojedinim zemljama bila je slijedeća (u 000 t)

Zemlja	1971.	1972.	1973.	Učešće %	Porast 1972/73. %
Istočna hemisfera					
Zapadna Evropa					
Austrija	2516	2478	2575		
Danska	—	82	135		
Francuska	1861	1486	1250		
Holandija	1714	1597	1492		
Italija	1295	1152	1080		
Norveška	311	1627	1585		
SR Njemačka	7420	7098	6638		
Španjolska	123	140	700		
Vel. Britanija	83	83	89		
Ukupno:	15323	15743	15544	0,5	—1,3
SSSR i Istočna Evropa					
Albanija	1650	1900	2100		
Bugarska	305	248	200		
Čehoslovačka	194	198	180		
DR Njemačka	200	200	200		
Jugoslavija	2961	3198	3500		
Madžarska	1955	1977	2000		
Poljska	395	348	330		
Rumunjska	13794	14128	14200		
SSSR	372000	394000	421000		
Ukupno:	393454	416197	443710	15,7	+6,6

Zemlja	1971.	1972.	1973.	Učešće %	Porast 1972/73. %
Afrika					
Alžir	36346	50085	51000		
Angola	5721	7055	7800		
Gabon	5785	6034	7500		
Kongo	14	336	1500		
Libija	132250	105751	104482		
Nigerija	75306	89784	100917		
Tunis	4096	3964	4000		
Ukupno:	259518	263279	277199	9,8	+5,3
Srednji Istok					
Abu Dhabi	44767	50424	62525		
Bahrein	3728	3478	3410		
Dubai	6252	7682	11047		
Egipat	14731	10630	9500		
Iran	227246	252339	293800		
Irak	83775	70200	95000		
Izrael	63	47	40		
Kuwait	146787	151098	138255		
Kuwait-neutr. zona	29118	30497	27415		
Oman	14106	13955	14457		
Qatar	20201	23262	27495		
Saudi Arabija	223515	285580	364685		
Sirija	5289	5856	5500		
Turska	3452	3410	3450		
Sinaj	6200	5324	4500		
Ukupno:	829360	913782	1061079	37,5	+16,1
Daleki Istok					
Australija	14373	15297	18187		
Burma	823	908	1000		
Bornei	6528	9204	11600		
Japan	752	716	710		
Indija	7185	7488	7200		
Indonezija	44521	53730	66000		
Kina	25500	29500	50000		
Malezija	3275	4421	43500		
Pakistan	487	500	500		
Ukupno:	103444	121764	159547	5,7	+31,0
Sveukupno:	1601099	1730765	1957079	69,2	+13,1
Zapadna hemisfera					
Argentina	21494	22105	21300		
Bolivija	1714	2028	2150		
Brazil	8376	8259	8500		
Čile	1652	1615	1500		
Ekvador	174	3835	9500		
Kanada	75025	86485	99890		
Kolumbija	11127	10143	9400		
Meksiko	21920	22709	23208		
Peru	3048	3182	3200		
SAD	530385	528454	513153		
Trinidad	6671	7248	8000		
Venezuela	184921	168232	175866		
Ukupno:	866507	864295	875667	30,8	+1,3
SVEUKUPNO:	2467606	2595060	2832746	100,0	+9,0

Uz prethodne podatke valja spomenuti slijedeće:

— U svjetsku proizvodnju nije uključena mala proizvodnja nafte ostvarena u Afganistanu, Bangladešu, Kubi, Maroku, Mongoliji, Novom Zelandu, Tajlandu i Tajvanu;

— Kod Kanade i Kine uračunata je i tzv. sintetska nafta dobivena preradom bitumenoznih pješčara i škriljaca;

— Proizvodnja na Sinaju obavljana je pod izraelskom upravom.

Kako se vidi iz prethodne tablice proizvodnja nafte na Istočnoj hemisferi, usprkos izvjesnom smanjenju proizvodnje u nekim arapskim mjestima, porasla je od 1,73 mlrd tona u 1972. godini na 1,96 mlrd tona u 1973. godini ili za 13,1%, dok je na Zapadnoj hemisferi proizvodnja porasla od 864 mln tona na 875 mln tona ili za 1,2%. Na taj način je udio proizvodnje Istočne hemisfere prema ukupnoj svjetskoj proizvodnji porastao od 66,7% u 1972. godini na 69,2% u 1973. godini.

Situacija u pet najvećih svjetskih proizvođača nafte bila je slijedeća (u 000 tona):

Zemlja	1971.	1972.	1973.	Učešće %	Porast 1972/73. %
SAD	530385	528454	513153	18,1	— 2,9
SSSR	372000	394000	421000	14,9	+ 6,8
Saud. Arabija	223515	285580	364685	12,9	+27,7
Iran	227346	252339	293800	10,4	+16,4
Venezuela	184921	168232	175866	6,2	+ 4,5
Ukupno:	1538167	1628605	1768504	62,5	+ 8,6

Kako se vidi, pet najvećih svjetskih proizvođača nafte učestvovalo je u 1973. godini sa 62,5% u svjetskoj proizvodnji nafte, a prema 1972. godini povećali su proizvodnju za 8,6%, dakle za manje nego što je bio svjetski prosjek (9,0%). Kod SAD, najvećeg svjetskog proizvođača nafte, proizvodnja je smanjena za 2,9%, a u Venezueli je porasla samo za 4,5%. Suprotno tome, kod najvećih proizvođača na Istočnoj hemisferi porast je bio veći. Doduše u SSSR proizvodnja je u 1973. godini, prema onoj u 1972. godini, porasla za 6,8%, ali u apsolutnoj količini povećanje je iznosilo 27 mln tona. Najveći porast proizvodnje bio je Saudi Arabiji, 79 mln tona, a u Iranu 41,5 mln tona.

Za SAD situacija je sve kritičnija, jer osim što je najveći svjetski proizvođač nafte i njezin je najveći potrošač. I dok proizvodnja nafte ima stalnu tendenciju slabljenja, potrošnja, uz sve napore u smjeru prestruktuiranja potrošnje energije i usporenja potrošnje nafte ipak raste, gotovo istom stopom kojom opada proizvodnja.

(Analiza načinjena prema podacima u Petroleum Economist, III. 1974).

V. B.

Evropski međunarodni plinovodi — europagas

Prirodni plin vlastite proizvodnje i onaj iz uvoza već je sada važan izvor energije u Evropi, a to će u znatno većoj mjeri biti u bližoj budućnosti, kada se ostvari u punom opsegu mreža plinovoda, što će prelaziti preko više država i spajati mjesta dopreme s potrošačkim centrima.

Proizvodnja prirodnog plina u Zapadnoj Evropi uglavnom je koncentrirana na četiri područja:

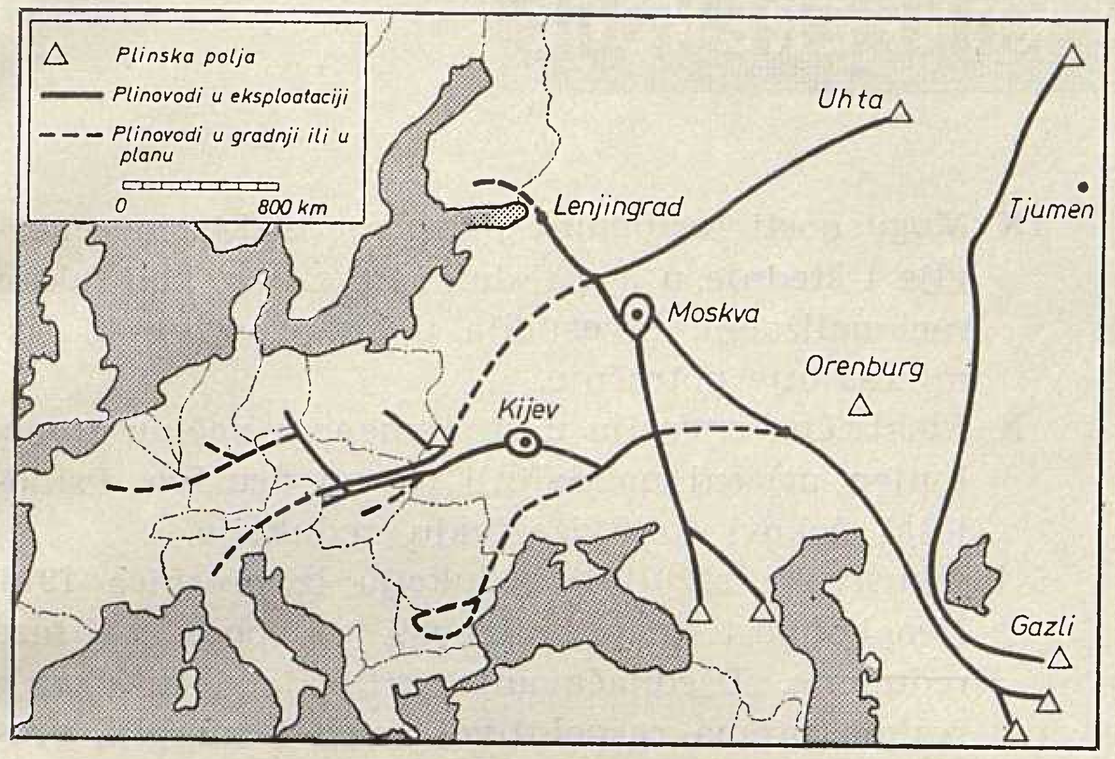
— Sjeverno more i kontinentalni dio Holandije,
— Sjeverni dio SR Njemačke,
— Jug Francuske,
— Sjever Italije.

Za iskorištenje prirodnog plina dobivenog eksploatacijom ležišta u spomenutim područjima izgrađena je već u nekim državama odgovarajuća mreža magistralnih i distributivnih plinovoda.

Prirodni plin iz Sjevernog mora dolazit će plinovodom preko Emdena u područje Ruhra u SR Njemačkoj.

Međutim, već sada međudržavni plinovodi dopremaju holandski prirodni plin u Belgiju, Francusku, SR Njemačku, Švicarsku i Italiju, a plin iz SSSR-a preko Čehoslovačke u SR Njemačku. U gradnji je krak preko Austrije do Italije.

GLAVNI SOVJETSKI MAGISTRALNI PLINOVODI

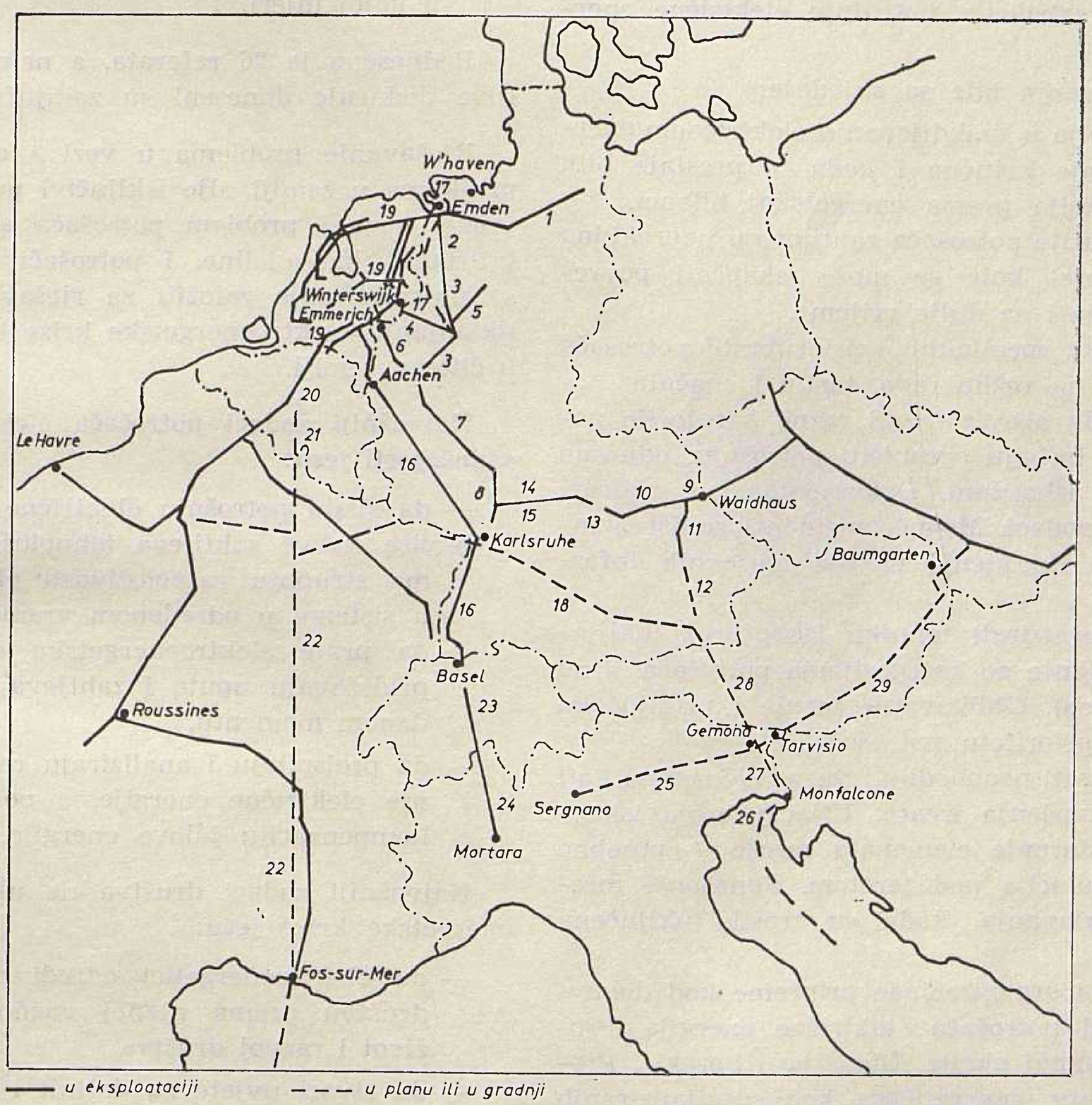


Prirodni plin u ukapljenom stanju doprema se iz Alžira do Le Havra na sjeverozapadu Francuske i Fos-sur-Mer kod Marseilla.

Na slici su punim linijama označeni postojeći međudržavni magistralni plinovodi, a prekidanim linijama oni koji su u gradnji odnosno u planu, a to su tri:

— za plin iz SSSR-a preko Austrije do Tarvisia u Italiji i preko Gemone do Serguano, gdje se spaja na talijanski magistralni plinovod Zapad—Istok.

— za prirodni plin u ukapljenom stanju iz Sjeverne Afrike a) iz Fos-sur-Mer na sjever preko Francuske do Belgije s ograncima na zapad i istok sjevernog dijela Francuske;



PLINOVODI I INTERNACIONALNI PRIKLJUČNI PLINOVODI U EVROPSKOJ MREŽI PLINOVODA

b) iz Monfalcone i Gemone preko Austrije i Bavarske do Karlsruhe u jugozapadnom dijelu SR Njemačke.

Grad Karlsruhe bio bi čvorno mjesto, gdje bi se spajala spomenuta tri plinovodna sistema, pa bi se gotovo u sve države Evrope mogao transportirati bilo koji prirodni plin, a prema potrebama potrošača — koje osciliraju — i mogućnostima dobave. (Erdöl--Erdgas — Zeitschrift, II. 74).

V. B.

I. SAVJETOVANJE O RACIONALNOJ POTROŠNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE I ŠTEDNJI U SPECIJALNIM UVJETIMA

Od 7. do 9. svibnja održano je I. Savjetovanje o racionalnoj potrošnji i štednji u specijalnim uvjetima. Ova aktualna i interesantna tema okupila je oko 250 učesnika, inženjera i tehničara-energetičara iz cijele Jugoslavije, kako onih koji rade u elektrodistributivnim poduzećima tako i onih iz pretežno velikih poduzeća potrošača električne energije. Na savjetovanju je saopćeno 26 referata i koreferata iz prakse distribucije i korištenja električne energije u situacijama pomanjkanja i restrikcija potrošnje električne energije.

Teme savjetovanja bile su slijedeće:

I Kada situacija u snabdijevanju električnom energijom postaje kritična i kada to prestaje biti. Kriteriji akcija prema energetskoj bilanci.

II Koje kategorije potrošača zahtijevaju neprekidno snabdijevanje; koje se može iskapčati povremeno, a koje i na dulje vrijeme.
Problematika specijalnih i prioritetnih potrošača (s obzirom na režim rada, tarifu i značaj).

III Kako i kada obavještavati razne kategorije potrošača da trebaju ograničiti potrošnju, odnosno da će biti iskapčani. Dokumentacione podloge. Statistički podaci. Moguće metode i sredstva informiranja. Korištenje medija masovnih informacija.

IV Kako modernizirati tehniku iskapčanja (daljinsko upravljanje po kategorijama potrošača, a ne po sektorima). Oblikovanje mreže i priključaka zavisno o prioritetu potrošača.

V Kako osigurati neophodne rezerve elemenata koji se kod iskapčanja kvare. Utjecaj broja iskapčanja na starenje elemenata mreže — posebno kod manipulacija pod teretom. Ponašanje mreže kod uklapanja, kada su trošila uključena (iskustva).

VI Kadrovske i organizacione pripreme kod dobavljača i kod potrošača električne energije. Programi i planovi akcija. Ljudstvo i oprema. Problem kadrova energetičara kao specijaliziranih stručnjaka: tehno-ekonomista, tarifera, prognozera, konzultanata. Ispitivanje i prognoziranje potrošnje. Utjecaj na racionalizaciju potrošnje.

VII Ekonomski pokazatelji na osnovi stručnih iskustava o gubicima kod dobavljača i kod potrošača električne energije u specijalnim uvjetima.

VIII Struktura konzuma u dnevnom dijagramu opterećenja i njeno rasčlanjivanje na grupe potrošača. Praktične mogućnosti utjecaja redukcije zavisno o vremenu, snazi i energiji. Efekti redukcija pojedinih vrsti potrošnje. Tromost konzumnih područja, kao funkcija veličine područja.

IX Mogućnosti racionalne potrošnje električne energije i štednje u specijalnim uvjetima, kao faktor racionalizacije investicija u elektroprivredi. Usmjeravanje potrošnje.

X Električna energija u suvremenom načinu života i njen utjecaj na daljnji razvoj društva. Psihološki šokovi koje izazivaju redukcije.

XI Iskustva i rezultati redukcija iz prosinca 1973. Neophodnost pripremljenosti za pojedine faze redukcije. Ujednačavanje kriterija i diktiranje režima prema raspoloživoj snazi i energiji, vremenu i konzumnom području.

XII Supstitucija rezervnim agregatima: gdje, kada i u kojoj mjeri.

Podneseno je 26 referata, a nakon duge i zanimljive diskusije doneseni su zaključci:

Rješavanje problema u vezi s elektroenergetskim prilikama u zemlji nije isključivi problem elektroprivrede, nego i problem potrošača električne energije i društva kao cjeline. I potrošači i društvo moraju se najsvestranije založiti za rješavanje zadataka na uklanjanju elektroenergetske krize i njenih posljedica u čitavoj zemlji.

Najvažniji zadaci potrošača električne energije u sadašnjosti jesu:

— da svoju potrošnju električne energije svedu u okvire kakve zahtijeva tehnološki proces, a prema strupnju raspoloživosti električne energije, u sistemu u određenom vremenskom razdoblju.
— da prate elektroenergetsku situaciju i da se pridržavaju uputa i zahtjeva elektroprivrede u danom momentu,
— da preispitaju i analiziraju racionalnost potrošnje električne energije, a posebno da provode kompenzaciju jalove energije.

Najvažniji zadaci društva na uklanjanju elektroenergetske krize jesu:

— da elektroenergetici odredi mjesto i ulogu u društvu prema njenoj važnosti za cjelokupni život i razvoj društva,
— da stvori uvjete za daljnji i neprekidni razvoj elektroenergetike u skladu s razvojem privrede i društvenog standarda,
— da analizira uzroke i posljedice kriznih situacija u energetici općenito i elektroenergetici posebno,
— da uvede i provodi sistem odgovornosti za sve faktore odlučivanja, kako u budućnosti ne bi dolazilo do sličnih ili čak težih elektroenergetskih kriza,
— da osigura uvjete kojima će se stimulirati i ubrzati izgradnja objekata neophodnih za otklanjanje elektroenergetske krize.

Na savjetovanju je naglašeno da, ukoliko svi sudionici u rješavanju elektroenergetske krize tj. elektroprivreda, potrošači električne energije i društvo, odnosno odgovorni predstavnici društva, ne budu redovito i pravovremeno izvršavali spomenute i druge zadatke i obveze, neće se moći ni očekivati brzo rješenje sadašnje krize, niti otkloniti teške posljedice za privredni, društveni i kulturni život, kao i za standard svih radnih ljudi.

Međutim, iz izvršenih analiza dosadašnje prakse proizlazi, da se mogu ostvariti značajne uštede u potrošnji električne energije, ako se pravovremeno provedu tehničke i organizacione mjere navedene u ovim zaključcima, te ako se pravovremeno uvedu takve cijene električne energije, koje će potrošače stimulirati na racionalno korištenje i štednju električne energije. Sadašnji sistem cijena svih vrsta energije i posebno električne energije, dovodi do njihovog neracionalnog korištenja i često do njenog direktnog rasipanja. Potrebno je načiniti takve odnose cijena da one stimuliraju racionalno korištenje električne energije, kao i drugih vrsta energije. Potrebno je odmah pristupiti sistematskoj izradi planova kao i voznih redova za racionalno korištenje električne energije, kako u elektroprivrednim tako i privrednim organizacijama za normalne uvjete, kao i za slučajeve neizbježnih redukcija. Svi planovi i vozni redovi moraju se međusobno stalno usklađivati i striktno provoditi kroz samoupravne dogovore među svim zainteresiranim proizvođačima i potrošačima energije. Iskustvo SR Slovenije pokazuje koliki se pozitivni efekti mogu ostvariti, ako se na tim zadacima angažiraju svi društveno-politički faktori, privredne komore, izvršna vijeća, mjesne zajednice, i drugi.

Na savjetovanju je posebno istaknuta činjenica da potrošnja u kućanstvima u čitavoj jugoslavenskoj distribuciji iznosi oko 50% sveukupne potrošnje i da se ta potrošnja povećava znatno brže nego proizvodni kapaciteti. Zbog toga je neophodno provoditi permanentne akcije na usmjeravanju potrošnje putem obrazovanja i upućivanja potrošača električne energije u kućanstvima, kao i uvođenjem tehničkih mjera i uređaja koji će sprečavati nekontrolirano povećanje angažirane snage iz mreže.

S obzirom na brzi porast angažirane snage u kućanstvima potrebno je uvesti obvezna financijska učešća kućanstava u investicijama za nove energetske objekte. I na ovom planu su u nekim republikama postignuti značajni rezultati, pa je neophodno da se takva akcija provede i u svim ostalim područjima Jugoslavije. Racionalno korištenje električne energije u kućanstvima može se i mora usmjeravati odgovarajućim tarifnim sistemima. Također se preporuča uvođenje prikladnih ograničavanja snage u kućanstvima koji u sebi sadrže i ostale uređaje kao što su zaštita od opasnog napona dodira, zaštita od požara, i drugi.

Tarife za snagu u kategoriji kućanstva valja također prilagoditi uvođenju ograničavača snage.

Na savjetovanju je predloženo i usvojeno da se preporuči svim većim potrošačima električne energije u privredi i industriji da angažiraju potreban kadar energetičara i da osnuju energetske službe gdje ih još nema, koje će pratiti i usmjeravati potrošnju svih vrsta energije, a naročito električne energije, na svom području i koje će surađivati sa dispečerskim službama na provedbi planova i voznih redova redukcija, kada ove postanu neizbježne.

Industrijski potrošači moraju angažirati svoje stručnjake na racionalnom korištenju električne energije, na kompenzaciji jalove snage i određivanju optimalnog dijagrama opterećenja u skladu s mogućnostima u elektroenergetskom sistemu. Posebno valja nastojati da se kod industrijskih potrošača i velepotrošača nastoji izravnati dijagram opterećenja. Valja usvajati suvremene načine i sredstva za izravnanje vršnih opterećenja, kao što to čine u Željezari Skopje.

Na savjetovanju je istaknuto da je javna rasvjeta saobraćajnica od posebnog društvenog interesa i važnosti za sigurnost u saobraćaju, kao i za integritet ličnosti i imovine, te da se ona ne smije iskapčati samo za postizanje psiholoških efekata i sličnog, jer je ona neophodna za život i rad suvremenog čovjeka i društva. U tom smislu treba izmijeniti odredbe zakona koje se odnose na isključivanje javne rasvjete.

Valja preporučiti svim stručnim društvima, kao i znanstvenim institucijama da rade na permanentnom obrazovanju svih kategorija stručnjaka i potrošača električne energije na racionalnom korištenju te energije. U tu svrhu valja organizirati predavanja, seminare i savjetovanja, gdje se zato ukaže potreba i mogućnost.

S ovim zaključcima valja upoznati sve savezne i republičke sekretarijate za privredu, privredne komore, te stručne saveze i društva, kako bi se sva korisna iskustva i mjere što prije provele u praksi i kako bi se stručni kadrovi što bolje pripremili i snalazili u eventualnim sličnim kriznim situacijama, kao što je bila ona krajem prošle godine.

J. Moser

TS 380/110 kV ZAGREB I.

1. Lokacija i energetski podaci

Transformatorska stanica 380/110 kV Zagreb I. locirana je u južnom predgrađu zagrebačke regije kod Kupinečkog Kraljevca, na blagom usponu terena ispod sela Tumbri 14 km od Zagreba. Na konačnu lokaciju ove stanice nije utjecala samo potreba da se s velikim snagama uđe što dublje u konzumno područje, već i mogućnost urednog raspleta dalekovoda 380 i 110 kV. Problem je posebno izražen u rekonstrukciji trasa postojećih dalekovoda 110 kV i utvrđivanju novih.

Navedimo još problem transporta teške opreme, što je također utjecalo na utvrđivanje konačne lokacije TS.

Ova transformatorska stanica s dalekovodima 380 i 110 kV dio je superponirane mreže elektroenergetskog sistema Jugoslavije. Prikaz nema namjeru da dokazuje i opravdava potrebu njezine izgradnje, već treba pružiti samo kratak uvid u opseg izgradnje objekta. Navedimo jedan koliko značajan, toliko i interesantan energetski podatak. Vršno opterećenje zagrebačkog područja u 1975. godini iznosit će predvidivo 650 MW, odnosno 720 MVA uz cos φ 0,9. U istom se razdoblju računa i s tranzitom za Sloveniju, 200 MVA, tj. ukupna potreba prijenosa na zapad oko 920 MVA. Mogućnost prijenosa postojeće mreže iznosi oko 420 MVA, a mogućnost proizvodnje postojećih izvora 330 MVA, pa ostaje da je nužno izgraditi odgovarajuća postrojenja za pokriće manjka od 170 MVA. Sve ovo vrijedi uz uvjet da je moguće postići cos φ 0,9 i da su svi proizvodni i prijenosni kapaciteti u pogonu. Ispadom iz pogona nekih agregata potrebna količina prenesene energije se znatno povećava, što ukazuje na neophodnost izgradnje prijenosnih postrojenja naponskog nivoa 380 kV.

2. Istražni radovi, studije i projektiranje

Na izgradnji TS 380/110 kV Zagreb I. do sada su obavljeni obimni radovi na području snimanja terena, istražnih radova, studija i projektiranja. Poduzeće »Dalekovod« — Zagreb izradilo je katastarski elaborat zemljišta buduće TS 380/110 kV Zagreb I. na osnovi kojeg je proveden otkup zemljišta. Nadalje, »Dalekovod« je izradio geodetski snimak terena, snimljene su i utvrđene trase dalekovoda 380 kV prema SR Sloveniji i na istok prema Slavoniji, kao i trase dalekovoda 110 kV prema transformatorskim stanicama na zagrebačkom i karlovačkom energetskom području.

Mjerenje specifičnog otpora tla na lokaciji stanice dalo je slijedeće rezultate: na dubini mjerenja od 1 metar specifični otpor tla iznosi 99 om-metara, a na dubini od 3 metra ovaj otpor iznosi 82 om-metra.

Istražni radovi povjereni su Institutu građevinarstva Hrvatske. Oni obuhvaćaju geomehanička ispitivanja tla i mogućnost korištenja podzemnih voda.

Nakon opsežnih prethodnih studija, poduzeća »Elektroprojekt« i »Elektroprenos« izradila su projektni zadatak koji je poslužio projektnoj organizaciji »Elektroprojekt« za izradu idejnog projekta TS 380/110 kV Zagreb I.

Idejni projekt je izrađen u dvije varijante:

— U prvoj varijanti (klasična varijanta) sabirnice i spojni vodovi izvedeni su u snopu od aluminijskog užeta, sabirnice su ovješene na portale.
— U drugoj varijanti sabirnice i spojni vodovi izvedeni su od aluminijskih cijevi, sabirnice su položene na potporne izolatore, jedino su u transformatorskim poljima spojeni vodovi predviđeni u obliku užeta ovješenih na portale.
U ovoj je varijanti postrojenje 110 kV predviđeno u izvedbi s miješanim fazama.

Konačni zaključak mnogobrojnih rasprava i studija, proračuna i elaborata bio je slijedeći: Sabirnice i spojni vodovi izvest će se od cijevnih vodiča aluminijske legure E—Al Mg Si 0,5 F 22.

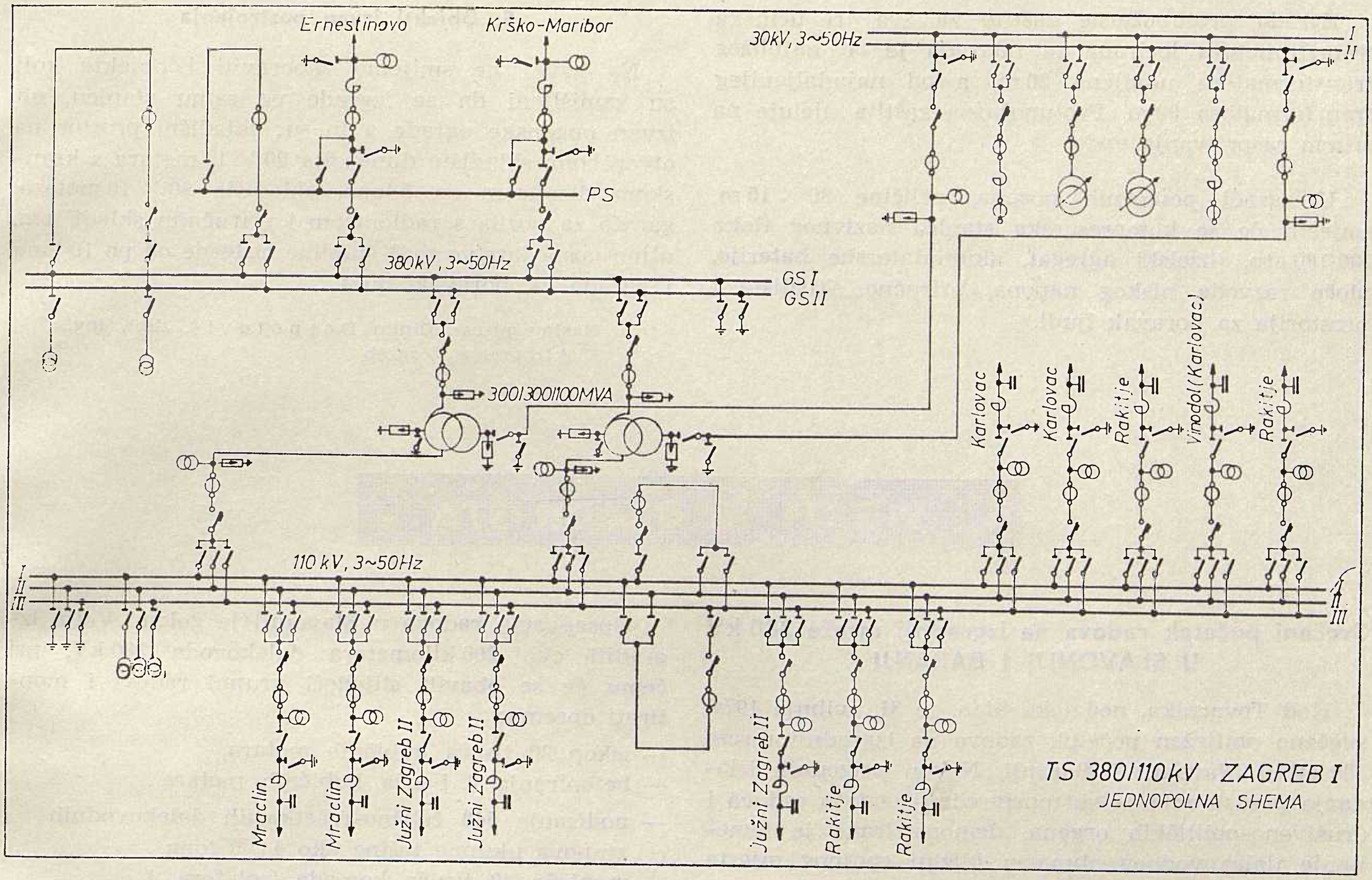
Za sabirnice 380 kV odabrana je cijev promjera 160/148 mm s trajno dopuštenom strujom 4 000 A. Za sabirnice 110 kV i sve spojne vodove u postrojenjima 380 i 110 kV odabrana je cijev promjera 100/90 mm s trajno dopuštenom strujom 2 000 A.

Interesantno je navesti i podatke o strujama kratkog spoja s kojima je računano. Za postrojenje 380 kV jednopolna struja kratkog spoja jednaka je tropolnoj struji kratkog spoja od 25 000 MVA, a za postrojenje 110 kV jednopolna struja kratkog spoja je jednaka tropolnoj struji od 7 500 MVA.

3. Veličina i opseg postrojenja

Transformatorska stanica 380/110 kV Zagreb I. sa svim postrojenjima, pomoćnim pogonima i objektima skladišta obuhvaća teren veličine 276 × 373 m, što iznosi oko 10,5 hektara. No, uporedo s izgradnjom transformatorske stanice predstoje i radovi na drugim objektima od kojih valja navesti onaj koji je vezan na transport teških tereta. Utvrđena je i odobrena trasa transporta učinskih transformatora 300 MVA (transportna težina bez ulja 183 tone). Usvojeno je, kao najpovoljnije rješenje, prijevoz transformatora cestom i to na relaciji: Tvornica »R. Končar« u Jankomiru —Most mladosti—Remetinec—dijelom autoceste Zagreb —Karlovac—cestom Rakov Potok—Kupinečki Kraljevec do TS 380/110 kV. Ova varijanta iako najpovoljnija, zahtijeva izgradnju silazne rampe s autoceste Zagreb—Karlovac, rekonstrukciju ceste Rakov Potok —Kupinečki Kraljevec i izgradnju prilazne ceste u TS.

U konačnoj će etapi izgradnje u TS 380/110 kV Zagreb I. biti na 380 kV strani 6 dalekovodnih polja i 2



spojna polja, nadalje 3 transformatora 400 ±5%/115/ /31,5 kV snage 300/300/100 MVA. Na 110 kV strani bit će 15 dalekovodnih polja i 2 spojna polja, a ujedno je predviđen prostor od 4 polja za ugradnju kondenzatorskih baterija ukupne snage 100 MVAr.

Prva etapa izgradnje obuhvaća slijedeći opseg postrojenja.

— Na strani 380 kV:
— dvostruke glavne i pomoćne sabirnice,
— 2 dalekovodna polja,
— 2 transformatorska polja s transformatorima 400/115 ±5%/31,5 kV, 300/300/100 MVA,
— 2 spojna polja,
— mjerna polja samo u jednoj fazi smještena na krajevima sistema sabirnica.

Na strani 110 kV:
— trostruke glavne sabirnice,
— 12 dalekovodnih polja,
— 2 transformatorska polja,
— 2 spojna polja,
— mjerna polja samo u jednoj fazi smještena na krajevima sistema sabirnica.

Cijevne sabirnice iz legure aluminija smještene su na potpornim izolatorima. Odabrani su potporni izolatori s najmanjom prelomnom silom od 600 kp na glavi izolatora 400 kV i s najmanjom prelomnom silom od 800 kp na glavi izolatora 110 kV.

Za uzemljenje sabirnica 380 kV i 110 kV poslužit će jednopolni uzemljivači što su kao nosači sabirnica smješteni na krajevima sistema sabirnica.

4. Objekti unutar postrojenja TS

Zgrada komande s prizemljem i prvim katom bit će, u tlocrtu, dimenzija 38 × 36 metara i u njoj će se smjestiti centralni uređaji za daljinsko upravljanje, uređaji za signalizaciju i mjerenje, ploče razvoda pomoćnih napona, ispravljači i akumulatorske baterije, telekomunikacioni uređaji za NF, VF i UKV veze, kao i uređaji telemehanike za prijenos informacija u Dispečerski centar u Zagrebu.

Ova stanica predviđena je za centar daljinskog upravljanja sa 22 objekta, pa će se uključiti u sustav za prijenos informacija na svom području. Obrada podataka u postrojenju i prijenos informacija u Dispečerski centar provest će se pomoću računala. U zgradi komande predviđen je i dovoljan broj radnih prostorija za pogonsko osoblje, kao i za tehničko osoblje zaposleno na održavanju transformatorske stanice.

Zaštitni i mjerni uređaji smjestit će se u relejne kućice dimenzija 6 × 4,5 m. U postrojenju 380 kV upotrijebit će se jedna kućica za uređaje iz 2 polja, dok će se u postrojenju 110 kV uređaji iz 4 polja smjestiti u jednu kućicu. Uz samu zgradu komande podići će se antenski stup visine 35 m, čelično rešetkaste konstrukcije za potrebe UKV-veza.

Na tercijarne izvode učinskih transformatora 300 MVA, napona 31,5 kV spojit će se rasklopno postrojenje 30 kV s transformatorima za vlastitu potrošnju snage 0,8 MVA i prigušnicama snage 50 MVAr za kompenzaciju kapacitivnih struja. Zgrada rasklopnog postrojenja 30 kV predviđena je sa 6 ćelija u jednom redu pristupačnim s obje strane. Zagrada je od armirano betonskih nosivih konstrukcija.

Zgrada protupožarne zaštite za sva tri učinska transformatora locirana je tako da je od najbližeg transformatora udaljena 30 m, a od najudaljenijeg transformatora 90 m. Protupožarna zaštita djeluje na sistem raspršivanja vode.

U zgradi pomoćnih pogona, veličine 30 × 15 m, smjestit će se kompresorska stanica nazivnog tlaka 230/180 atp, dizelski agregat, akumulatorske baterije, ploče razvoda niskog napona, priručno skladište i prostorija za boravak ljudi.

5. Objekti izvan postrojenja

Na kraju ne smijemo zaboraviti i objekte koji su zamišljeni da se izgrade uz samu stanicu, ali izvan pogonske ograde a to su: skladišni prostor na otvorenom, skladište dimenzija 90 × 14 metara s kranskom dizalicom od 5 tona, skladište 90 × 10 metara, garaže za vozila s radionicom i priručnim skladištem, uljno gospodarstvo sa 3 stabilne cisterne od po 10 tona i zgrada za boravak ljudi.

Naslov pisca: Dinko Despotović, dipl. ing., Elektroprenos, Zagreb

VIJESTI SA GRADILIŠTA

Svečani početak radova na izgradnji mreže 380 kV U SLAVONIJI I BARANJI

Kod Tovarnika, nedaleko Šida, je 31. svibnja 1974. svečano obilježen početak radova na izgradnji mreže 380 kV u Slavoniji i Baranji. Nakon prigodnih izlaganja predstavnika elektroprivrede, izvođača radova i društveno-političkih organa, demonstrirano je temeljenje dalekovodnog stupa u blizini spojnog mjesta između SR Srbije i SR Hrvatske na DV 380 kV Obrenovac—Ernestinovo, dionica Šid—Ernestinovo.

Izgradnja osnovne 380 kV mreže Jugoslavije, prema svojoj veličini, potrebnim financijskim sredstvima i planiranom roku dovršetka, predstavlja veoma složen i krupan radni zadatak svih elektroprivrednih organizacija, udruženih u Zajednicu jugoslavenske elektroprivrede.

»Elektroslavonija«, elektroprivredno poduzeće Slavonije i Baranje, Osijek, gradi dio mreže 380 kV na svome području koji čine objekti:

- dionica dalekovoda 380 kV Šid—Ernestinovo,
- dionica dalekovoda 380 kV Ernestinovo—Kamensko,
- dionica dalekovoda 380 kV Sava—Ernestinovo,
- transformatorska stanica 380/110 kV Ernestinovo,
- rasplet vodova oko transformatorske stanice Ernestinovo.

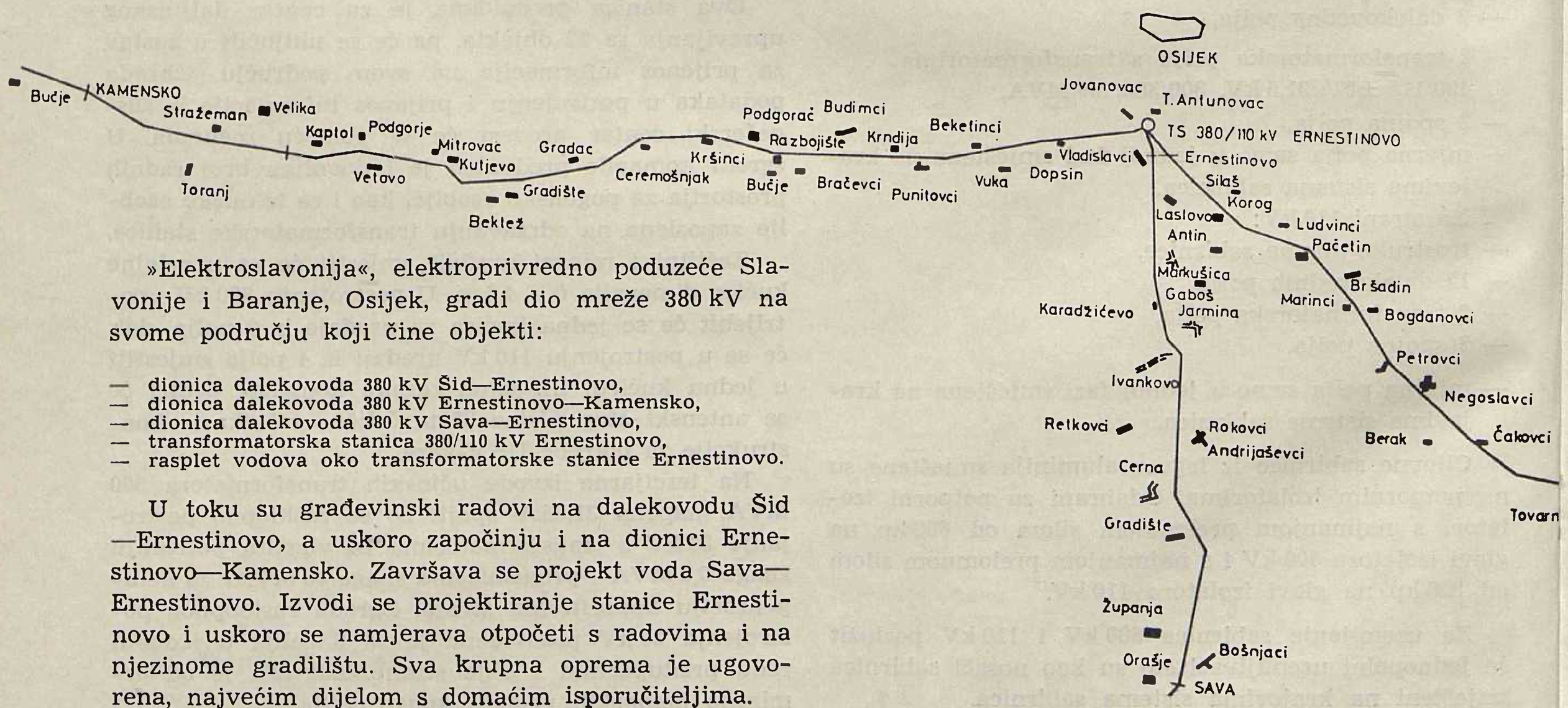
U toku su građevinski radovi na dalekovodu Šid—Ernestinovo, a uskoro započinju i na dionici Ernestinovo—Kamensko. Završava se projekt voda Sava—Ernestinovo. Izvodi se projektiranje stanice Ernestinovo i uskoro se namjerava otpočeti s radovima i na njezinome gradilištu. Sva krupna oprema je ugovorena, najvećim dijelom s domaćim isporučiteljima.

Opseg ovih radova u Slavoniji je golem. Valja izgraditi oko 200 kilometara dalekovoda 380 kV, pri čemu će se obaviti slijedeći krupni radovi i montirati oprema:

- iskop 20 tisuća kubičnih metara,
- betoniranje 8 tisuća kubičnih metara,
- podizanje 540 čelično-rešetkastih dalekovodnih stupova ukupne težine oko 4 500 tona,
- montaža 40 tisuća komada izolatora, i
- montaža 2 800 tona vodiča.

Također valja izgraditi stanicu Ernestinovo s raspletom, instalirane snage 2 × 300 MVA, a veličine tlocrta oko 360×270 metara. Ova snaga dvostruko je veća od snage postojeće čvorne transformatorske stanice u Slavoniji (TS 220/110 kV Đakovo, 2×150 MVA). Predračun potrebnih financijskih sredstava, prema sadaš-

TRASE DALEKOVODA 380 kV U SLAVONIJI





Na svečanom otvorenju radova na dionici DV 380 kV Šid—Ernestinovo

njim cijenama (neprestano se povećavaju) približava se veličini od oko 400 milijuna dinara, što je daleko više od vrijednosti cjelokupne prijenosne mreže, što je do danas izgrađena na ovom području.

Investiciono-tehničku dokumentaciju za sve dalekovode 380 kV izradilo je poduzeće »Dalekovod«, Zagreb. Projekt stanice Ernestinovo radi poduzeće »Elektroprojekt« iz Zagreba.

Imovinsko-pravne odnose rješavamo u dobroj suradnji s općinskim skupštinama na čijem području se grade objekti (Vukovar, Vinkovci, Osijek, Đakovo, Našice, Slav. Požega i Županja). To je opsežan posao, jer valja obraditi oko 4 000 odnosa na cijelom području. Za sada je ovaj posao gotovo dovršen na prioritetnom potezu Šid—Ernestinovo—Kamensko (dionice prioritetnog jugoslavenskog poteza Beograd—Zagreb).

Oprema za dalekovode je ugovorena s »Energoinvestom« — Sarajevo (stupovi), Industrijom elektroporcelana — Aranđelovac (izolatori), Fabrikom kabela »Moša Pijade« — Svetozarevo (vodiči) i jednim inozemnim isporučiteljem iz SAD (zaštitni vodiči). Krupna oprema za transformatorsku stanicu je ugovorena najvećim dijelom s poduzećem »Rade Končar« — Zagreb, manjim dijelom s MINEL-om Beograd, te nekoliko inozemnih proizvođača.

Financiranje ovog pothvata određeno je iz više izvora. Približno jedna četvrtina potrebnih sredstava osigurava se zajmom Međunarodne banke za obnovu i razvoj, a ostatak većim dijelom iz Fonda za izgradnju elektroenergetskih objekata u SRH, te nešto manjim dijelom iz sredstava koja se namjenski prikupljaju na našem području. Prikupljanje domaćih sredstava zaostaje prema planu. Oko 25% planiranog priliva se uspije ostvariti u određenom razdoblju, tako da to predstavlja najozbiljniju poteškoću u pravovremenom izvršenju roka izgradnje.

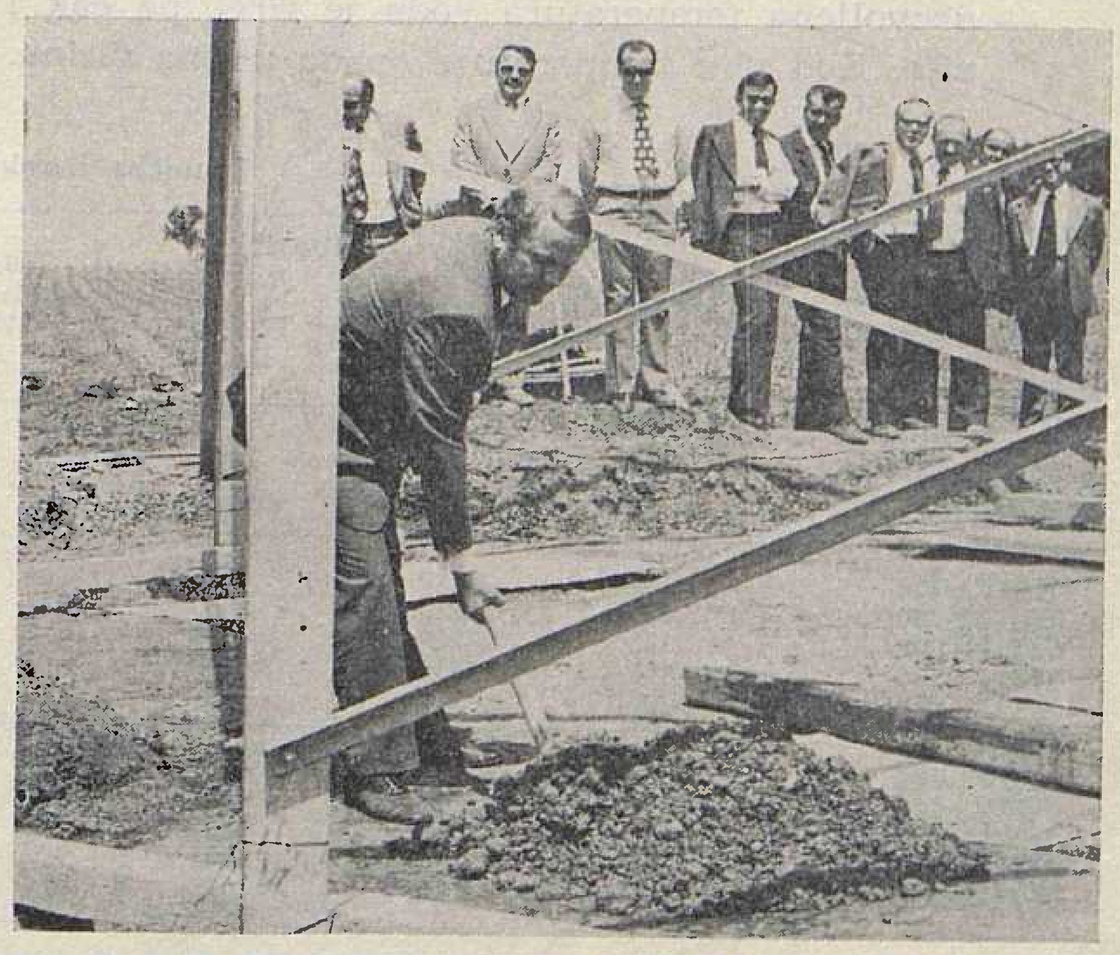
S poduzećem »Dalekovod« — Zagreb sklopljen je ugovor o izgradnji dalekovoda 380 kV, tako da je ova organizacija izvođač građevinskih i elektromontažnih radova, te isporučitelj spojne i ovjesne opreme.

Stanje radova krajem svibnja na dionici Šid—Ernestinovo je slijedeće: izvršeno je u potpunosti obilježavanje svih stupnih mjesta na terenu početnim kopanjem, konačno je iskopano više od 50% temelja, započelo je betoniranje i isporučeno je više od polovine temeljnih dijelova čelično-rešetkaste konstrukcije stupova. Priprema se nastavak radova u svakoj fazi na dionici Ernestinovo—Kamensko, da ne dođe do prekida. Napredak radova bi mogla zakočiti daljnja kašnjenja financijskih sredstava i, eventualno, odugovlačenje dogovora oko naknade za prolaz dalekovoda šumom.

Nepravodobna isporuka čelično-rešetkaste konstrukcije za stupove bi mogla bitno ugroziti rok dovršetka izgradnje dalekovoda. Naime, već sada isporuka kasni prema predviđenoj, što isporučitelj opravdava nedostatkom čelika, posebno nekih dimenzija koje ne isporučuje domaći proizvođač. Ovo može zakočiti doista veliki zamah aktivnosti što ga je ostvario izvođač na gradilištima.

»Elektroslavonija« — Osijek, kao investitor, i svi izvođači radova i isporučitelji opreme ulažu neprekidno napore da, usprkos poteškoćama kojih u ovakvim velikim poslovima mora biti, nastave izgradnju i dovrše objekte što bliže predviđenom roku.

Naslov pisca: Marijan K a l e a, dipl. ing.,
Elektroslavonija, Osijek

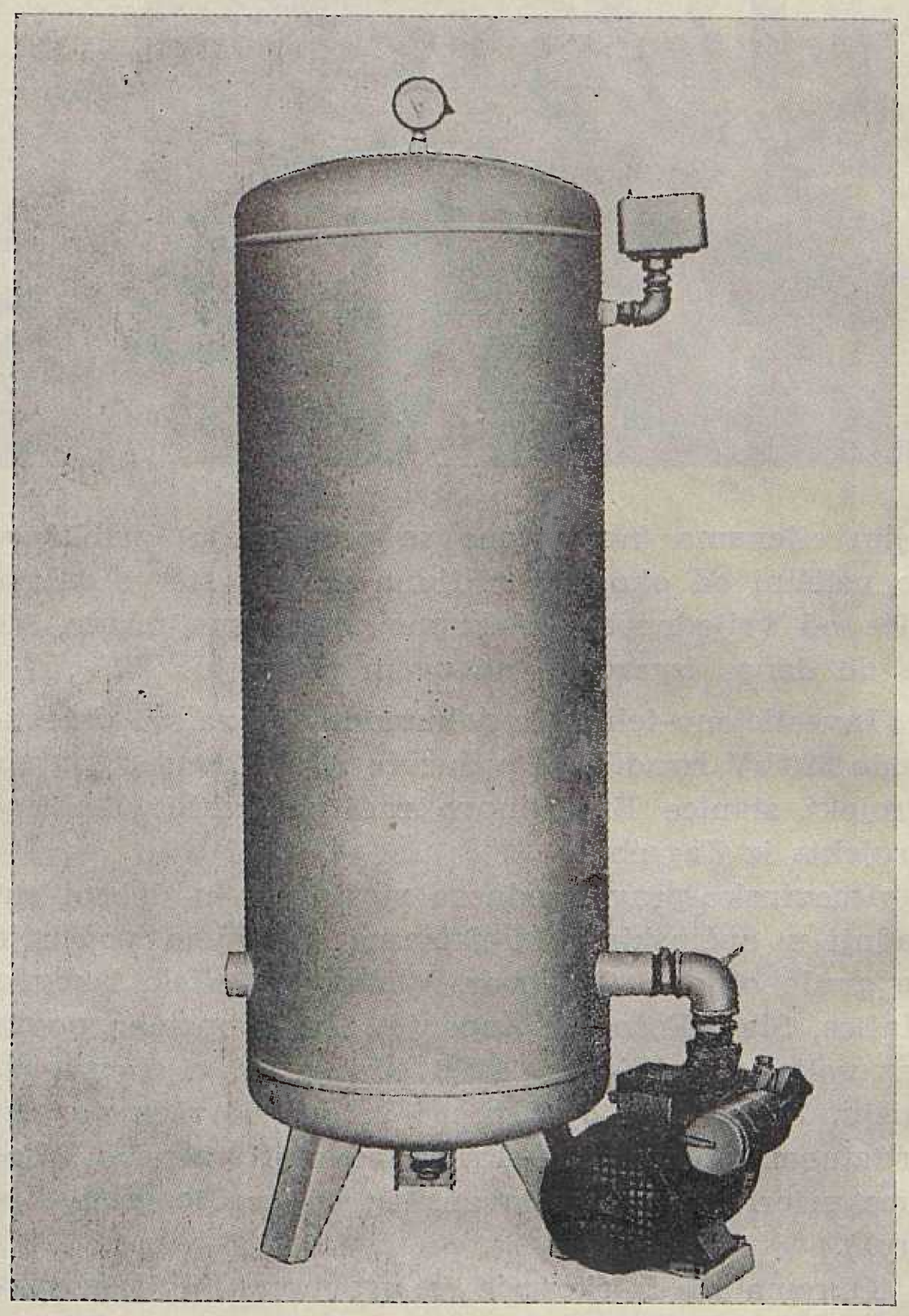


Predsjednik Radničkog savjeta poduzeća drug Boro Dakić s prvom lopatom betona za temelj stupa dalekovoda 380 kV

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

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



Opis

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

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

Karakteristike agregata su:

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

Izbor hidrofora

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

Tehničke karakteristike hidrofora

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

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

GOD. 23 (1974) energija BROJ 9 — 10

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

OSNOVE METODIKE PRORAČUNA SIGURNOSTI SHEMA ELEKTRODISTRIBUTIVNIH MREŽA

Vladimir Hartl

Nakon obrazloženja proračuna o pojmovima »stupanj sigurnosti« i »optimalni stupanj sigurnosti« obrazlažu se polazni stavovi za sastav metodike proračuna sigurnosti elektrodistributivne mreže. Nakon definicije upotrebljenih naziva za karakteristične dijelove i stanja shema mreže izlažu se osnove metodike. Na kraju je primjena izloženih osnova pokazana na jednom jednostavnijem primjeru.

DK 621.316.1

1. Uvod

Pri planiranju mreža za distribuciju električne energije osnovnim se zadatkom smatra predvidjeti takvu shemu mreže koja će osigurati trošilima opskrbu električnom energijom zadane kvalitete u potrebnim količinama. Izvršivši dimenzioniranje mreže s optimizacijom zasnovanom na traženju minimalnih godišnjih troškova tehno-ekonomskim metodama, nismo još uvijek u potpunosti izvršili postavljeni zadatak. Kad je u pitanju javna distributivna mreža kojom se električnom energijom opskrbljuju značajniji industrijski i slični potrošači, ili se radi o vlastitoj elektrodistributivnoj mreži industrijskog potrošača, ili u slučajevima kada to propisi zahtijevaju u interesu sprečavanja katastrofalnih posljedica i u slučajevima kad se time sprečava narušavanje sistema tzv. društvene samozaštite, onda takva mreža, odnosno njezina shema za distribuciju električne energije, mora biti definirana još i *stupnjem sigurnosti*, tj. mora biti definirano u kojoj je mjeri shemom ove mreže osigurana *besprekidna dobava* električne energije potrošačima. Dakle, pod pojmom *sigurnosti opskrbe električnom energijom* se podrazumijeva osiguranje neprekidnosti te opskrbe uz očuvanje zadane kvalitete i potrebnih količina.

Iz takve, opće prihvaćene definicije pojma sigurnosti u elektroenergetici slijedi, da bi za određivanje planiranog ili postignutog stupnja sigurnosti u opskrbi električnom energijom nekog trošila bilo uvijek potrebno uzeti u obzir cijeli elektroenergetski sistem: proizvodnju — prijenos — distribuciju. Međutim to u najvećem broju slučajeva nije izvedivo. U praksi se zato obavljaju proračuni sigurnosti odvojeno za mreže proizvodnje i prijenosa energije kojima se definiraju stupnjevi sigurnosti pojedinih pojnih točaka, i odvojeno za elektrodistributivne mreže. Očito je iz samog poimanja elektroenergetskog sistema da se postignuti stupanj sigurnosti u pojnoj točki ne može više ni postići, a tada niti premašiti na mjestu predaje električne energije — kod trošila.

Osnovno pitanje od kojeg počinje planiranje sheme elektrodistributivne mreže je, uz pretpostavku da su definirani pojmovi parametara kojima se jednoznačno određuje pojam stupnja sigurnosti, koji je to stupanj sigurnosti kojeg shemom mreže valja osigurati. U nekim slučajevima (sprečavanje tzv. katastrofalnih posljedica, ljudskih žrtava ili narušavanja sistema djelovanja društvene samozaštite, to mora biti određeno tehničkim postupcima. U slučajevima, kada se radi o javnim elektrodistributivnim mrežama što napajaju značajnije industrijske potrošače ili o vlastitim elektrodistributivnim mrežama takvih potrošača, potrebno je odrediti *optimalni stupanj sigurnosti*. Naime, u nekim slučajevima nekoliko, ili čak samo jedan prekid u dobavi može dovesti do troškova, koji iznose višestruke iznose troškova za električnu mrežu. Kratko rečeno, za određivanje optimalnog stupnja sigurnosti valja u tehno-ekonomske proračune uvrstiti štete nastale u tehnološkom procesu zbog prekida u dobavi električne energije.

Kad su jednom, kao rezultat vrlo opsežnog rada projektanta mreže i odgovarajućih projektanata tehnološkog procesa određenog potrošača, utvrđeni stvarni troškovi nastali prekidom opskrbe električnom energijom, kao posljedicom kvara u elektrodistributivnoj mreži, oblikuje se shema pripadne mreže i kontrolira postignuti stupanj sigurnosti, odnosno, ako je shema oblikovana po nekim drugim kriterijima kontrolira se stupanj sigurnosti takve sheme. Zatim se prilazi optimizaciji prema mjestu minimalnih ukupnih relativnih troškova i tome odgovarajući potrebni stupanj sigurnosti smatra se optimalnim. Ovim člankom želi se pokazati samo dio ukratko objašnjenog postupka utvrđivanja optimalnog stupnja sigurnosti — opća metodika

proračuna stupnja sigurnosti. Stupanj sigurnosti se kvantitativno izražava tzv. funkcijom sigurnosti čije će se značenje objasniti kasnije.

2. Polazni stavovi u određivanju stupnja sigurnosti sheme elektrodistributivne mreže na osnovi metoda teorije vjerojatnosti

U suštini besprekidnost distribucije električne energije određenom shemom mreže, odnosno u vezi s tim stupanj sigurnosti takve sheme, počiva na utvrđivanju učestalosti kvarova i njihovog uklanjanja u dijelovima sheme. Sheme se sastoje iz mnogo dijelova čiji se kvar može predvidjeti samo na osnovi metoda teorije vjerojatnosti. Primjena tih metoda temelji se na rezultatima velikog broja ispitivanja i statističkim podacima dobivenim promatranjem izvedenih postrojenja kroz dulje vrijeme. Rezultati su sistematizirano prezentirani metodama matematske statistike. Oni pokazuju da pojave kvarova na dijelovima elektridostributivnih mreža imaju ove karakteristike:

1. Tok pojave kvarova ne ovisi o početku intervala promatranja uz uvjet da interval promatranja bude dosta velik, što znači da taj tok ima svojstvo *stacionarnosti.*

2. Tok pojave kvarova ne ovisi o takvim pojavama prije početka intervala promatranja, pod pretpostavkom pravilne organizacije eksploatacije. To daje tom toku svojstvo *odsustva međuzavisnosti.*

3. Tok pojave kvarova pokazuje da se zbog prisustva velikog broja dijelova s relativno vrlo malenom kvarnošću može smatrati nemogućim istovremena pojava dvaju ili više kvarova. Pri tome se jasno isključuje pojava kvarova na sklopkama, koji dovode do automatskog isključivanja njima povezanih elemenata. Tako se, dakle, ovom toku događaja može pripisati i svojstvo *ordinarnosti.*

Tok događaja koji posjeduje ta utvrđena svojstva naziva se *jednostavni tok događaja.* Vjerojatnost pojave takvih događaja u teoriji vjerojatnosti ima opći izraz:

$$P(k) = \frac{(\lambda t)^k \cdot e^{\lambda t}}{k!} \qquad (2.1)$$

gdje je k = 1, 2, 3 broj istovremenih, istorodnih događaja u našem slučaju kvarova u dijelovima sheme, a λ intenzivnost toka pojave kvara jednaka graničnoj vrijednosti broja pojave kvarova za vremenski interval t pri njegovom približenju neizmjerno maloj vrijednosti. Iz izraza 2.1. očito je da se radi o Poissonovom procesu, jer vjerojatnosti po 2.1 odgovaraju Poissonovoj raspodjeli, ali s parametrom ovisnim o vremenskom intervalu promatranja t. Za određivanje sigurnosti sheme bit će interesantan vremenski interval u kojem će s dovoljnom vjerojatnošću biti osigurana besprekidnost opskrbe električnom energijom (odsustvo kvara) odnosno iznos vjerojatnosti beskvarnog rada za interval $t \leqq T$. Za $k = O$ $(k! = 1)$ je dakle

$$P(O) = e^{-\lambda t} \qquad (2.2)$$

tj. jednostavno rečeno P(O) je vjerojatnost da se u odabranom vremenskom intervalu t neće pojaviti ni jedan kvar zbog kojeg bi došlo do prekida u opskrbi električnom energijom kroz danu shemu mreže. Stoga se izraz 2.2 naziva u teoriji sigurnosti el. shema *funkcijom sigurnosti* R(t), tj. može se pisati.

$$R(t) = P(O) = e^{-\lambda t} \qquad (2.3)$$

Suprotno tome vjerojatnost da će shema biti u tom intervalu u suprotnom stanju, iznosit će:

$$Q(t) = 1 - R(t) \qquad (2.4)$$

Za raspodjelu vjerojatnosti pojave događaja Po 2.1. srednja (prosječna) vrijednost (matematička nada) iznosi:

$$M(k) = \lambda t \qquad (2.5)$$

Izraz predstavlja srednju vrijednost pojave kvara za vremenski interval t. Odatle proizlazi, da je intenzivnost toka pojave kvara λ u stvari srednja vrijednost vjerojatnosti pojave kvara u jedinici vremena.

Slijedi, dakle, da je rezultat dobiven po izrazu 2.5 ustvari pokazatelj vjerojatnosti broja pojavljenih kvarova za odabrani interval t.

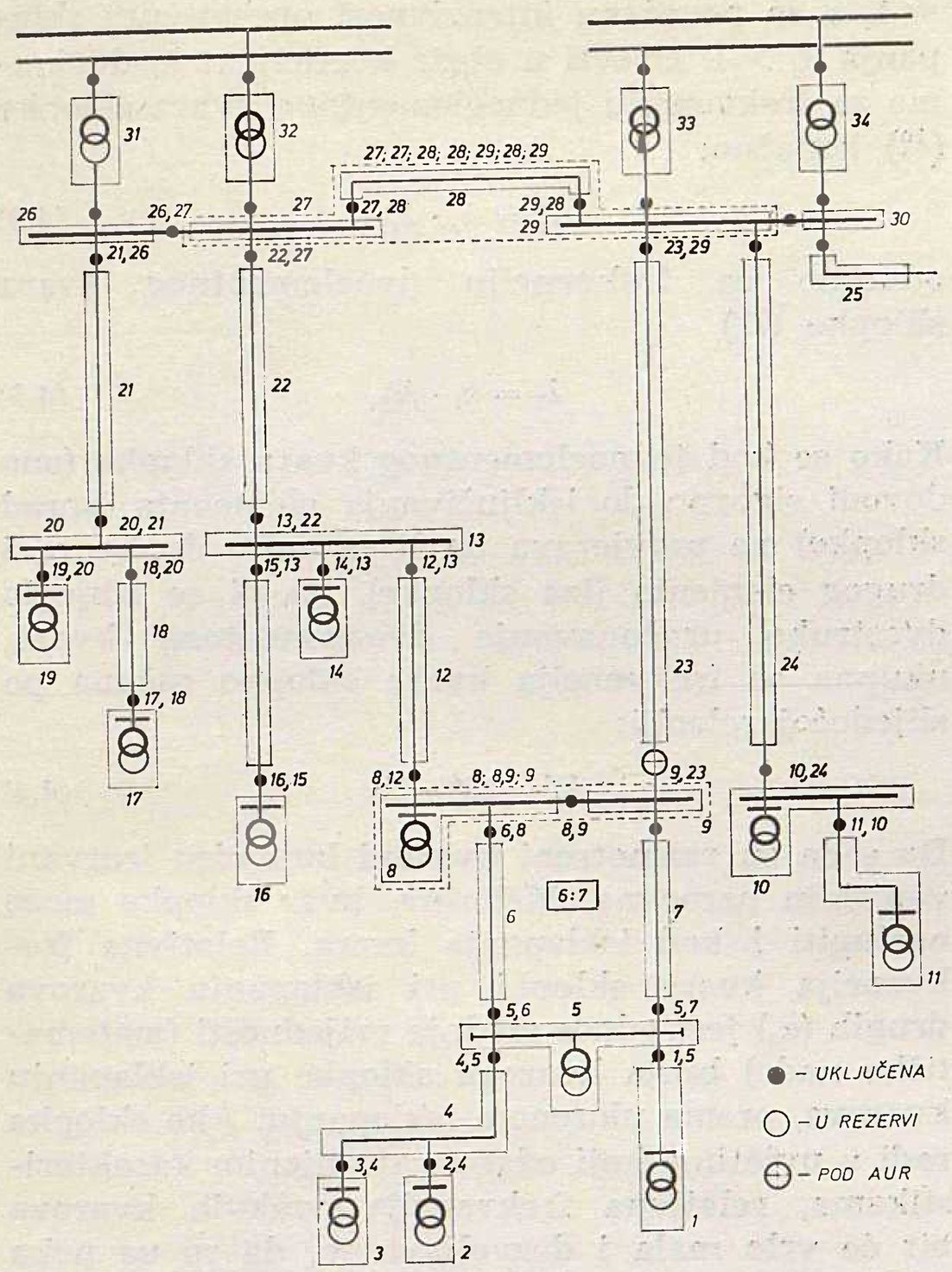
Nadalje, iz utvrđenog karaktera vrijednosti λ slijedi da je njezina recipročna vrijednost T u stvari srednja vrijednost vremenskog intervala između dva kvara:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \qquad (2.6)$$

3. Definicije pojmova, karakteristični dijelovi i stanja shema

Shema elektrodistributivne mreže ima prema prezentiranoj metodici dvije vrste dijelova. Prvu nazivamo *sklopkom sheme* a drugu *elementom sheme.* U prvu grupu uz samu sklopku kao električni aparat ulazi i sva oprema potrebna za obavljanje potpune funkcije, (ožičenje, relejna zaštita, pripadni rastavljač i strujni transformatori), koja se u okviru određivanja sigurnosti mreža iscrpljuje u automatskom isključivanju pri pojavi kvara u pripadnim elementima sheme.

U element sheme ubrajamo sve preostale dijelove sheme koji su međusobno povezani sklopkama. U to ulazi cijela oprema povezana sabirničkim rastavljačima i sklopkama bez automatskog isključivanja, kao u prethodnom slučaju. Na sl. 1 prikazana je shema neke elektrodistributivne mreže. Elemeti sheme zaokruženi su tankim crtama i redom označeni brojevima (Npr. 1.). Sklopke sheme označene su sa dvije brojke odvojene zarezom (Npr. 1,5). Te dvije brojke pripadaju elementima sheme koji se spajaju pomoću te sklopke.



Sl. 1. Shema elektrodistributivne mreže (primjer)

Uvjetno se u shemama elektrodistribucije javljaju sklopovi posebnog svojstva sastavljeni od elemenata i sklopki. Prvi je takav sklop tzv. *»premoštenje«*. To je onaj dio sheme koji se sastoji od dva ili čak tri elementa spojena međusobno sklopkama, a čiji gubitak u shemi zbog njihovog kvara znači istovremeno prekid opskrbe el. energijom jednog ili više elemenata, za koje se obavlja proračun sigurnosti. Takvo premoštenje na shemi u sl. 1 predstavljaju elementi 8 i 9 povezani međusobno sklopkom 8, 9. To »premoštenje« je na slici 1 zaokruženo prekinutom tankom crtom. Njegovim gubitkom zbog kvara istovremeno je sigurno prekinuta opskrba el. energijom elementima 1, 2 i 3 za koje se, na primjer, određivala sigurnost opskrbe el. energijom (8; 8, 9; 9). Drugi je takav sklop nazvan *»međuovisni elementi«*. To su oni elementi čiji istovremeni gubitak zbog kvara pod djelovanjem istih vanjskih uzroka, donosi iste posljedice kao i kod premoštenja.

Ovdje se obično radi o dva voda na istim stupovima ili o dva sistema sabirnica u transformatorskoj stanici. U shemi se takvo svojstvo dvaju elemenata označuje brojkama elemenata međusobno odvojenih dvotočkom. U shemi na sl. 1 takvi međuovisni elementi su 6 i 7 (6 : 7).

Elementi i sklop sheme mogu se nalaziti u četiri karakteristična stanja u shemi: radnom, stanju kvara, remontnom i stanju rezerve. U radnom stanju nalaze se elementi i sklopke kad obavljajući namijenjene im uloge omogućuju besprekidnu opskrbu električnom energijom.

Kvar elemenata ili sklopke je stanje u kojem je narušena sposobnost obavljanja namjenjene im funkcije u shemi, a da je pri tome isključena mogućnost provođenja onih mjera koje bi dovele do umanjenja ili uklanjanja posljedica kvara. Svaki kvar elementa dovodi do njegovog automatskog isključivanja iz sheme. Međutim, kvarovi elemenata (npr. nadzemnog voda) mogu biti stalni ili prolazni. Kod prolaznih kvarova, pod djelovanjem APU, element se ponovno uključuje u shemi bez osoblja službe, dok to kod kvara stalnog karaktera nije moguće. Kvar sklopke ima uvijek karakter stalnog kvara. Sklopka međusobno povezuje u shemi dva elementa i karakter kvara sklopke može biti dvojak. Jednom dovodi do isključivanja samo jednog elementa, a drugi puta do isključivanja oba elementa koja spaja. Zato valja razlikovati jednoelementni i dvoelementni kvar sklopke. Osim toga, svaki od nabrojena dva kvara sklopke može nastati u tzv. statičkom stanju (mirovanje pokretnih dijelova sklopke sheme) i pri operativnim sklapanjima. Remontno stanje sklopke ili elemenata je stanje u kojem su ti dijelovi sheme iz nje isključeni, ne obavljaju namijenjenu funkciju u shemi, a osoblje službe održavanja obavlja propisane obnove ili uklanja kvar. Prema vrsti tih radnji razlikujemo havarijski remont (zbog kvara) i profilaktički remont. Stanje rezerve je poznato stanje u kojem se može nalaziti element ili sklopka sheme spremni, da u svakom času budu uključeni u shemu i preuzmu namijenjenu funkciju.

Dok je radno stanje elementa ili sklopke sheme jednoznačajno određeno, dotle se to ne može reći kad je u pitanju takva definicija za shemu u cjelini. Uzmimo npr. element 17 iz slike 1. Taj element može biti napajan pri isključenoj sklopki 17, 16, preko sklopke 17, 18 i elementa 18. Isto tako pri isključenoj sklopki 17 ,18 i uključenoj sklopki 17, 16 ovaj se isti element 17 sada napaja preko sklopke 16, 15 i elementa 15. U oba slučaja ispunjen je opći uvjet radnog stanja sheme. Projektiranjem sheme određuje se radno stanje sheme na osnovi odabiranja u principu najkraćeg puta od pojne točke do svakog elementa sheme. Takvo stanje nazivamo *normalnim radnim stanjem*. Svako drugo stanje na određeni element predstavlja za taj element *remontno* ili *rezervno stanje*.

4. Elementi proračuna

Kad se govori o stupnju sigurnosti neke sheme elektrodistribucije, to ne može biti skup nekih zajedničkih pokazatelja za cijelu shemu odjednom. Interesantno može biti samo određivanje sigurnosti sheme s obzirom na neki njezin element, jer će po samoj svojoj prirodi pokazatelji sigurnosti za različite elemente sheme biti u pravilu, međusobno različiti. Onaj element sheme za koji se obavlja proračun sigurnosti nazivamo *računski element*. Put toka energije od pojne točke do računskog elementa u tzv. normalnom radnom stanju naziva

se *računski put*. Dijelovi računskog puta su tzv. *računski dijelovi* sheme. To mogu biti, osim ostalih dijelova sheme, i *računska premoštenja i računski međuzavisni elementi.*

Nakon utvrđivanja objekta proračuna preostaje još da se prije izrade njegovih elemenata odrede pokazatelji sigurnosti. Ovdje valja razlikovati pokazatelje za elemente i sklopke, od onih za računske elemente. Prvi od tih pokazatelja je frekvencija kvara elemenata, odnosno frekvencija kvara sklopke. Kako je to već u stavki 2. pokazano, radi se o intenzivnosti pojave kvara u jedinici vremena (λ). Vrijednosti tih veličina dobivene su obradom rezultata dugotrajnih promatranja, metodama statističke matematike. *Vlastita frekvencija kvara elementa* (λ^o_{el}) je srednja vrijednost (matematička nada) broja kvarova samog elementa u jedinici vremena, kao sume srednje vrijednosti kvarova svakog dijela opreme koja ulazi u njegov sastav. Ukoliko nije posebno dogovoreno, kvarovi elemenata koji nisu posljedica kvara ili otkaza sklopke, jesu nezavisni događaji. Stoga veličina (λ^o_{el}) za istotipne elemente nije ovisna o mjestu elementa u shemi. Postoje slučajevi, kao na primjer u slučaju dva voda na istim stupovima, kada valja uzeti u obzir povećanje frekvencije kvarova zbog mogućnosti istovremenosti djelovanja vanjskih faktora na pojavu istovremenih kvarova na više elemenata sheme. To se uzima u obzir tzv. faktorom istovremenosti kvara (k_0). Faktor istovremenosti definira se kao odnos frekvencije istovremenosti kvarova (λ^y_{elm-n}) dvaju elemenata, m i n, prema sumi vlastitih frekvencija stalnih kvarova oba elementa, dakle:

$$k_{o\ m-n} = \frac{\lambda^y_{el\ m-n}}{k_{Am} \cdot \lambda^o_{elm} + k_{An} \cdot \lambda^o_{eln}} \qquad (4.1)$$

Faktorom karaktera kvara (k_A) uzima se prisustvo i djelovanje APU. Kada nema APU, svaki kvar postaje stalan, pa je $k_A = 1$, inače je $k_A < 1$.

Frekvencija kvara sklopke (λ^Σ_s) u statičkom stanju, ili kod operativnih sklapanja koji dovode do tzv. havarijskog gubitka elemenata koje povezuju, je srednja vrijednost (matematička nada) broja slučajeva havarijskog gubitka u jedinici vremena elemenata, koje povezuju kao rezultat kvara sklopke u statičkom stanju ili pri operativnim priključivanjima. Ovdje valja razlikovati dvije vrste kvarova i u tom svjetlu i frekvenciju (λ^Σ_s) kao rezultirajuću frekvenciju, frekvencije jednoelementnog kvara sklopke (λ^o_{s1}) i frekvencije dvoelementnog kvara sklopke (λ_{s2}). Kako je praksa pokazala, ove veličine se mogu za isti red veličine operativnih sklapanja, za sklopke istog tipa, bez obzira na položaj u shemi, smatrati stalnim. Međutim, neke od sklopki mogu prema mjestu u shemi biti podvrgnute češćim operativnim sklapanjima od normalnih. To su tzv. sistematska režimska sklapanja. Ovakvo povećano operativno sklapanje mora utjecati na frekvenciju kvara sklopke, pa se to uzima u obzir tzv. koeficijentom intenzivnosti operativnih sklapanja (k_i). Za normalne uvjete $k_i = 1$, a za povećanu intenzivnost operativnih sklapanja $k_i > 1$. Uzevši u obzir koeficijent k_i dobivamo za frekvenciju jednoelementnog kvara sklopke (λ^o_s) konačno:

$$\lambda^o_s = k_i \cdot \lambda^o_{s1} \qquad (4.2)$$

odnosno za frekvenciju dvoelementnog kvara sklopke (λ_s)

$$\lambda_s = k_i \cdot \lambda^o_{s2} \qquad (4.3)$$

Kako se kod jednoelementnog kvara sklopke (ono dovodi sigurno do isključivanja elemenata ispred sklopke) ne provjerava da li je došlo do kvara i drugog elementa (iza sklopke), da bi se izbjeglo dvostruko uračunavanje dvoelementnog kvara, ukupna se frekvencija kvara sklopke računa po slijedećoj relaciji:

$$\lambda^\Sigma_s = 2\lambda^o_s - \lambda_s \qquad (4.4)$$

Do sada su razmotreni kvarovi koji nisu izazvani vanjskim uzrocima. Međutim, kvar sklopke može nastupiti i kod isklapanja kvara. Relativna frekvencija kvara sklopki pri isklapanju kvarova drugih (a_s) jest odnos srednje vrijednosti (matematičke nade) broja kvarova sklopke pri isklapanju kvarova, prema ukupnom isklapanju. Ako sklopka radi u uvjetima koji odgovaraju njenim karakteristikama, relativna frekvencija ovakvih kvarova bit će vrlo mala i dozvoljava se, da se uz neka zanemarenja, smatraju istim tipom sklopke neovisne o položaju sklopke u shemi. Međutim, ako sklopka u shemi ima mjesto na kojem radi na granici, ili čak iznad svojih mogućnosti u pogledu kratkospojne snage, onda to treba uzeti u obzir koeficijentom težine kratkog spoja (k_T). Pri tome treba uzeti u obzir i eventualno prisustvo APU. Tada je:

$$a_s = (1 + \alpha\, k_A) \cdot k_T \cdot a^o_s \qquad (4.5)$$

gdje su:

- α — pokazatelj prisustva APU
  - $\alpha = 0$, nema APU
  - $\alpha = 1$, kad ima APU
- k_T — koeficijent težine kratkog spoja
  - $k_T = 1$ za normalne uvjete
  - $k_T > 1$ za druge uvjete
- a^o_s — relativna frekvencija kvara sklopke pri isključivanju kvarova drugih, u normalnim uvjetima i bez APU.

Drugi pokazatelj sigurnosti je vijeme nalaženja elemenata ili sklopke u isključenom stanju iz sheme zbog remonta uvjetovano kvarom, odnosno propisima održavanja. U prvom slučaju to je havarijsko stanje elemenata (τ_{el}), odnosno havarijsko stanje sklopke (τ_s), a u drugom slučaju remontno stajanje elemenata (τ'_{el}), odnosno remontno stajanje sklopke (τ'_s). Samim nazivom je rečeno da će imati dimenziju vremena. Radi se o (matematičkoj nadi) srednjoj vjerojatnoći trajanja remontnog osposobljavanja elemenata i sklopki.

Kao što je u početku ovog dijela i rečeno, u proračunu sigurnosti sheme radi se o proračunu sigurnosti nekog računskog dijela sastavljenog od računskih elemenata, računskih premoštenja i ra-

čunskih međuovisnih elemenata. Razmotrimo pojedinačno njihove pokazatelje sigurnosti. U prvom redu to je frekvencija havarijskog gubitka računskog elementa (λ_{elk}). Za neki element »k« to je suma vlastite frekvencije kvara elementa »k« i frekvencije kvara sklopki, koje povezuju dani elementi »k« sa ostalim elementima sheme, koji dovode do isključivanja elemenata »k« iz sheme. Kraće napisano:

$$\lambda_{elk} = k_{Ak} \cdot \lambda^{o}_{elk} + \Delta\lambda_{elk} \qquad (4.6)$$

gdje je:

$\Delta\lambda_{el\,k}$ — frekvencija havarijskog gubitka elementa »k« zbog kvara sklopki preko kojih je on uklopljen u shemu.

Pri daljnjem izvodu iz relacije 4.6. dopuštaju se slijedeće pretpostavke:

1. Smatra se da kvar sklopke pri isklapanju kvarova na jednom od elemenata koje spaja sklopka, dovodi do istovremenog isključenja oba elementa. Takva pretpostavka je dozvoljena, jer je poznato da praktički svi takvi kvarovi sklopke dovode do automatskog isključivanja drugog elementa.
2. Smatra se skoro nemogućim otkaz jedne za drugom, tri ili više sklopki pri kvaru bilo kojeg elementa, odnosno otkaz dvije sklopke pri povredi treće.

Prema tome bit će:

$$\Delta\lambda_{el\,k} \sum_{i=1}^{i=nk} \{\lambda^{o}_{sk,i} + a_{sk,i}\,[\lambda^{o}_{eli} + \sum_{j=1}^{j=ni} \lambda^{o}_{si,j} + a_{si,j} \cdot \lambda^{o}_{elj}]\} \qquad (4.7)$$

gdje je:

$\lambda^{0}_{s\,k,i}$ — frekvencija jednoelementnog kvara sklopke (prema pretpostavci 1.) kojima je element »k« spojen s elementima »i«

$a_{s\,k,i}$ — relativna frekvencija kvara sklopke (k, i) pri isključivanju kvara ostalih

$\lambda^{0}_{el\,i}$ — vlastita frekvencija elemenata »i« koji su sklopkama »k, i« vezani s elementom »k«

$\lambda^{0}_{s\,i,j}$ — frekvencija jednoelementnog kvara sklopki kojima su »j« elementi spojeni s elementom »i«

$a_{s\,i,j}$ — relativna frekvencija kvarova sklopki (i, j) pri isključivanju kvarova ostalih.

$\lambda^{0}_{el\,j}$ — vlastita frekvencija elemenata »j« koji su sklopkama »j, i« vezani s elementima »j«

n_k — broj elemenata priključenih elementu »k« preko preko sklopki »k, i«

n_i — broj elemenata priključenih elementu »l« osim elementa »k«.

Zatim za ovu priliku interesantan pojam *vjerojatnosti havarijskog stajanja elementa* (p_{elk}) odnosno *vjerojatnosti havarijskog stajanja sklopke* ($p_{s\,k,\,l}$). Ovdje se radi o vjerojatnosti da li se dani element »k«, odnosno sklopka »k, l« u proizvoljnom momentu vremena nalazi u isklopnom stanju zbog kvara (havarijno stanje), tj. za element je:

$$p_{elk} = \tau_{elk} \cdot k_A + \tau^{o}_{elk}\,\Delta\lambda_{elk} \qquad (4.8)$$

gdje je:

$\tau_{el\,k}$ — srednje vrijeme havarijskog stajanja elementa

$\tau^{0}_{el\,k}$ — srednje trajanje operativnih sklapanja pri uvodu k-tog elementa elementa ponovno u rad.

Za sklopku u kvaru zbog isklapanja kvara:

$$p_{S\,k,l} = \tau_{Sk,l}\,(a_{sk,l} \cdot \lambda_{ell} + a_{sl,k} \cdot \lambda_{elk}) \qquad (4.9)$$

gdje je:

$\tau_{s\,k,l}$ — srednje vrijeme trajanja havarijskog stajanja sklopke.

Za sklopku u kvaru zbog kvara u statičkom stanju i pri operativnim sklapanjima za sklopku:

$$p_{sk-l} = \tau_{sk,l} \cdot \lambda^{\Sigma}_{s} \qquad (4.10)$$

5. Tok proračuna sigurnosti sheme

Ne ulazeći ovom prilikom u sve probleme formiranja sheme na osnovi tehno-ekonomskih proračuna, pokazat ćemo tok proračuna kojim se utvrđuje stupanj sigurnosti neke sheme elektrodistributivne mreže.

Prva etapa se sastoji u utvrđivanju računskog elementa, računskog puta, računskih dijelova sheme, računskih premoštenja i računskih međuovisnih elemenata. Računski element sheme je onaj element za kojeg se određuje stupanj sigurnosti opskrbe električnom energijom kroz predloženu shemu elektrodistributivne mreže. Prema konkretnim potrebama taj element može biti glavna razvodna ploča potrošača na naponu 0,4 kV, NN razvod neke TS 10(20)/0,4 kV ili sabirnice nekog rasklopišta, itd.

Ovdje u početku valja utvrditi koji dijelovi postrojenja spadaju u okvir elemenata, a koji u okvir sklopki. Obično se elementima sheme smatraju energetski blokovi, generatori, transformatori te nadzemni i kabelski vodovi. Kvarovi rastavljača, sabirnica i drugih uređaja priključenih sabirnicama najčešće se uzimaju u obzir odgovarajućim povećanjem vrijednosti frekvencije jednoelementnog kvara sklopke (λ^{o}_{s}).

Zatim se u shemi odabire tzv. računski put, tj. najkraći ili onaj koji iz bilo kojeg drugog razloga valja izabrati, put do pojne točke ili izvora električne energije. Kako bi se ustanovili računski dijelovi puta i tako omogućila realizacija druge etape — izvedba proračuna računskih dijelova, obavlja se izbor računskih dijelova tako, da se najprije jedan za drugim isključuju elementi koji leže na računskom putu. Svi oni zajedno sa priključnim sklopkama, koji svojim isključenjem iz sheme dovode do prekida opskrbe električnom energijom računskog elementa, sačinjavaju, zajedno sa sklopkama koje ih povezuju, računski dio sheme. Pri tome valja voditi računa o eventualnom prisustvu uređaja AUR. Razlikujemo ih dvije vrste. U prvu vrstu (A1) ubrajamo one koji djeluju samo na uključenje pripadne sklopke. Drugu vrstu (A2) sačinjavaju takvi koji pobuđeni najprije isključuju jednu ili čak više sklopki (u shemi su brojčane oznake tih sklopki stavljene u zagradu), a zatim na uključenje pripadne sklopke. Pri analizi i proračunu sigurnosti sheme AUR, prve vrste smatraju se normalnim uključenjem sklopke. Npr. u sl. 1 odabiremo za računski element, element

sheme 1, a njegov računski put redoslijedno preko elemenata 1—5—6—8—12—13—22—27—32. Isključujući redom elemente odmah ćemo ustanoviti da samo isključenje elementa 5 dovodi do prekida opskrbe električnom energijom. Isključenjem npr. elementa 12 neće biti prekinuta opskrba računskog elementa 1, jer će djelovanjem AUR ta opskrba biti osigurana elementom 23.

Nakon što smo redom po računskom putu isključivali pojedine elemente utvrdili smo računske dijelove. Sada se u dalnjem ispitivanju redoslijedno isključuju istovremeno po dva elementa, element koji leži na izabranom računskom putu i redom svaki granični element. Na taj se način dobivaju parovi, ili čak po tri granična elementa, čije istovremeno isključivanje dovodi do prekida opskrbe električnom energijom računskog elementa. Takve grupe elemenata koje sadrže više od dva elementa se obično ne uračunavaju zbog neznatno male frekvencije havarijskog gubitka. Zajedno sa spojnom sklopkom parovi spomenutih elemenata predstavljaju »računsko premoštenje«. Npr. iz sl. 1 računska premoštenja za računski element 1 bit će elementi 8—(8,9)—9 (duo) te 27—(27,28)—28——(29,28)—29 (trio). Na kraju se utvrđuju svi »međuzavisni« elementi koji leže na računskom putu. Svi oni čije istovremeno isključenje iz sheme pod utjecajem istog, vanjskog uzroka dovodi do prekida opskrbe električnom energijom su računski »međuzavisni« elementi.

Drugu etapu ovog proračuna predstavlja određivanje frekvencije kvara, havarijskog gubitka i vjerojatnosti havarijskog stajanja elemenata koji leže na računskom putu. Potrebni elementi za ovaj račun dani su u prethodnom dijelu članka.

Treću etapu predstavlja proračun frekvencije havarijskog gubitka i vjerojatnosti havarijskog stajanja računskih dijelova, računskih »premoštenja« i računskih »međuzavisnih« elemenata.

Frekvencija havarijskog gubitka računskog dijela (λ_d) koji se sastoji iz n_k elementa i n_s sklopki određuje se po relaciji:

$$\lambda_d = \sum_{k=1}^{k=n_d} \lambda_{elk} + \sum_{k=}^{k=n_s} \lambda_s^{\Sigma} k \qquad (5.1)$$

gdje je λ_{elk} — frekvencija havarijskog gubitka »*k*«-tog elementa koji se nalazi na računskom dijelu, izračunata po relaciji 4.6, a λ_{sk}^{Σ} — ukupna frekvencija kvara »*k*«-te sklopke u statičkom stanju i kod operativnih preključivanja, a leži na računskom dijelu, izračunata po relaciji 4.4.

Vjerojatnost havarijskog stanja računskog dijela, tj. vjerojatnost da će se računski dio u proizvoljnom trenutku nalaziti u stanju havarijskog stanja, određuje se po relaciji:

$$p_d = \sum_{k=1}^{k=n_{el}} p_{elk} + \sum_{k=1}^{k=n_{k,l}} p_{sk,l} \qquad (5.2)$$

gdje su p_{dk} i p_{skl} vjerojatnost izračunate prema relaciji 4.8. odnosno 4.10.

Frekvencija havarijskog gubitka računskog »premoštenja« koja se sastoji od dva elementa izračunat će se po relaciji:

$$\lambda_{pk,l} = a_{sk,l} \cdot \lambda_{ell} + a_{sl,k} \cdot \lambda_{elk} + \lambda_{k,l} \qquad (5.3)$$

gdje su λ_{elk} i λ_{ell} izračunati po relaciji

$$\lambda_{elk} = \lambda_{elk}^{o} + \sum_{i=1}^{i=nk} (\lambda_{sk,l}^{o} + a_{sk,i} \cdot \lambda_{ell}^{o}) \qquad (5,4)$$

Vjerojatnost havarijskog stajanja računskog »premoštenja«, tj. vjerojatnost da će dano računsko premoštenje biti u proizvoljnom momentu vremena oštećeno, što znači da će istovremeno oba elementa »premoštenja« biti u isključenom stanju, izračunat će se po relaciji:

$$p_p = \tau_{elk} \cdot \lambda_{pk,l} \qquad (5.5)$$

gdje je τ_{elk} srednje trajanje havarijskog stajanja elementa »*k*« odnosno »*l*«. Uzima se uvijek manja vrijednost.

Frekvencija havarijskog gubitka računskih »međuzavisnih« elemenata računa se, kako slijedi, iz relacije 4.1.

$$\lambda_M = k_o\, k_{:l} (k_A \cdot \lambda_{elk}^{o} + k_{Al} \cdot \lambda_{ell}^{o}) \qquad (5.6)$$

a vjerojatnost havarijskog stajanja računskih »međuzavisnih« elemenata po relaciji:

$$p_M = \tau_{elk} \cdot \lambda_M \qquad (5.7)$$

gdje je τ_{elk} srednje trajanje havarijskog stanja elemenata »*k*« odnosno »*l*«. Uzima se uvijek manja vrijednost.

Na kraju se računa *rezultirajuća frekvencija havarijskog gubitka svih elemenata računskog puta* λ_{Rel} kao suma frekvencija svih računskih dijelova, računskih »premoštenja« i računskih »međuzavisnih« elemenata, tj.

$$\lambda_{Rel} = \sum_{i=1}^{i=s} \lambda_{di} + \sum_{i=1}^{i=t} \lambda_{pi} + \sum_{i=1}^{i=r} \lambda_{Mi} \qquad (5.8)$$

i *rezultirajuća vjerojatnost havarijskog stajanja svih elemenata računskog puta* p_{Rel} po relaciji:

$$p_{Rel} = \sum_{i=1}^{i=s} p_{di} + \sum_{i=1}^{i=t} p_{pi} + \sum_{i=1}^{i=r} p_{ri}, \qquad (5.9)$$

gdje je »s« ukupan broj računskih dijelova, »*t*« ukupan broj računskih »premoštenja«, a *r* ukupan broj računskih »međuzavisnih« elemenata.

Kao rezultat cijelog ovog izračunavanja konačno možemo utvrditi pokazatelje sigurnosti kako slijedi:

1. Po relaciji 2.3., vjerojatnost da za odabrani vremenski interval T neće biti ni jedan računski element na računskom putu u kvaru:

$$R^T = e^{-\lambda^{Rel} \cdot T} \qquad (5.11)$$

tj. da će sa izračunatom, po toj relaciji, vjerojatnosti biti osigurana neprekidnost opskrbe električnom energijom krajnjeg elementa na danom računskom putu.

2. Po relaciji 2.4., vjerojatnost havarijskog gubitka računskih elemenata na računskom puta za odabrani vremenski interval T:

$$Q^{T} = 1 - e^{-\lambda^{Rel} \cdot T} \tag{5.12}$$

tj. da će u odabranom intervalu T *s izračunatom* vjerojatnošću barem jedan element na računskom putu biti u kvaru, odnosno da će na računskom putu uslijediti prekid opskrbe električnom energijom kranjeg elementa.

3. Po relaciji 2.5., vjerojatan broj kvarova na elementima računskog puta u odabranom vremenskom intervalu T:

$$k = \lambda_{Rel} \cdot T \tag{5.13}$$

4. Srednje trajanje havarijskog stajanja računskih elemenata na danom računskom putu po relaciji

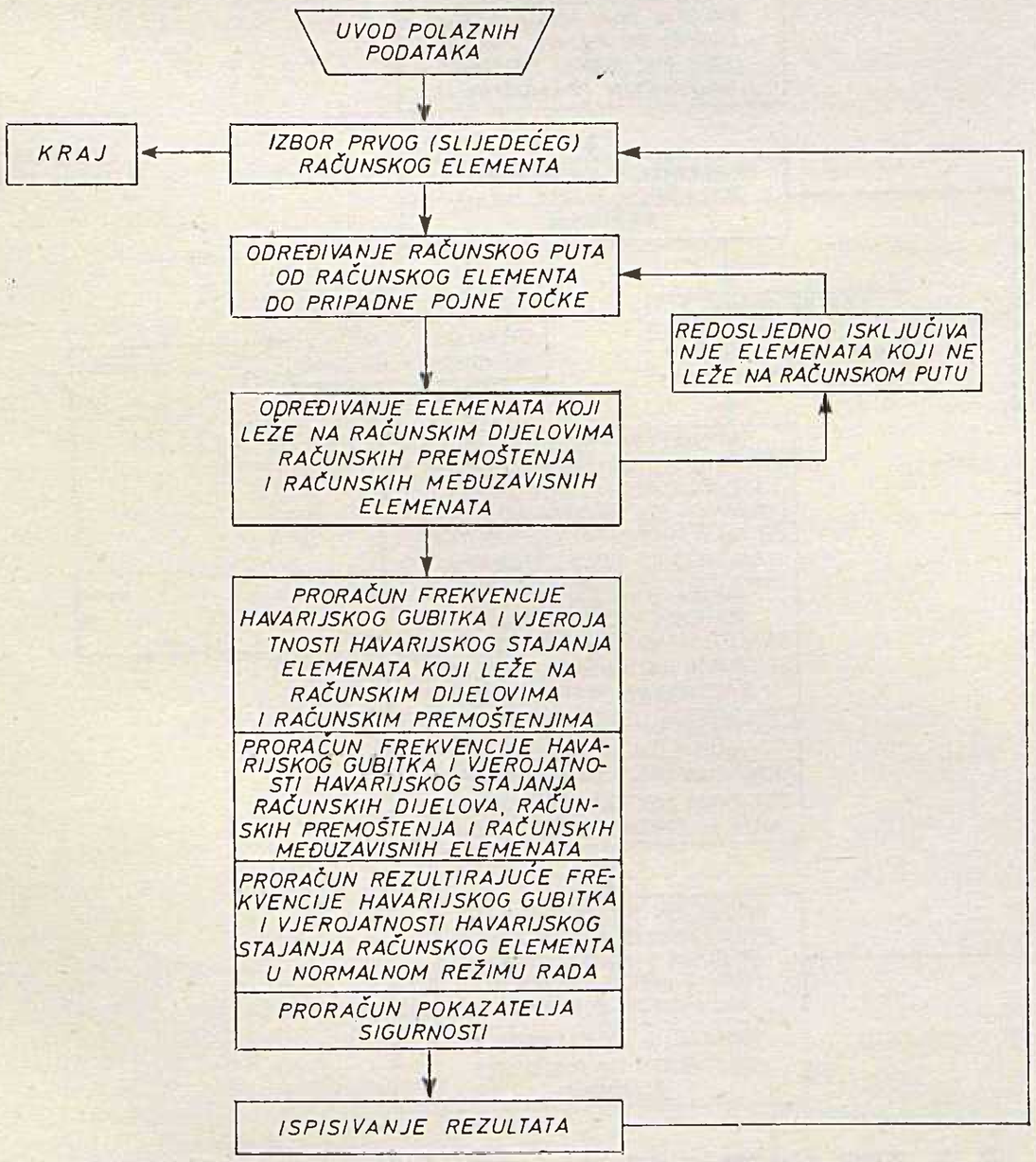
$$\tau_{Rel} = \frac{p_{Rel}}{\lambda_{Rel}}, \tag{5.14}$$

tj. prosječno vrijeme trajanja prekida u opskrbi električnom energijom posljednjeg elementa na danom računskom putu po jednom kvaru bilo kojeg računskog elementa na tom računskom putu.

S ovim pokazateljima može se sada operirati pri istraživanju optimalnog stupnja sigurnosti.

Na slici 2 prikazana je blok shema programa prikazanog proračuna sigurnosti shema elektrodistribucije.

Primjer: Element sheme 1 iz sl. 1 odabire se kao računski element. Valja odrediti pokazatelje sigurnosti. Uzima se u račun vremensko razdoblje od 5 godina. Elementi 6 i 7 predstavljaju dva voda na istim stupovima.



Sl. 2. Blok shema programa proračuna (normalni režim rada)

Rješenje: Najprije se sistematiziraju u odgovarajuće tablice polazni podaci o elementima i sklopkama shema. Zanemaruju se kvarovi AVR.

Primjedba: Za iste sklopke pri isključivanju kvarova na vodovima koji su snabdjeveni s APU uzeto je $a_s = 0{,}25$, a pri kvarovima ostalih elemenata bez APU $a_s = 0{,}02$.

Na već opisani način utvrđuju se računski put, računski dijelovi, računska »premoštenja« i računski međuzavisni elementi i to će biti:

Računski dio: 1—5

Računsko premoštenje: 8; (8,9); 9 i 27; (27,28); 28; (28,29); 29 (zanemaruje se)

Računski međuzavisni elementi: 6 : 7

Sada se može prići proračunu prema dijagramu na sl. 2:

1. Proračun frekvencije havarijskog gubitka elementa na računskom putu (prema relaciji 4.6.).

   a. Računski dio 1—5
   Element 1

$$\lambda_{c11} = k_{A1}\lambda^{o}_{e11} + \Delta\lambda_{c11} = k_{A1} \cdot \lambda^{o}_{e11} + a_{s1,5}\lambda^{o}_{e15} = 0{,}25 \cdot 0{,}2 + 0{,}02 \cdot 0{,}0 = 0{,}05 + 0{,}001 = 0{,}051$$

$$p_{c11} = \tau_{e11} \cdot k_{A1} \cdot \lambda^{o}_{e11} + \tau^{o}_{e11}\Delta\lambda_{c11} = 0{,}002 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}2 + 0{,}0001 \cdot 0{,}001 = 101 \cdot 10^{-6}$$

   Element 5 (utjecaj elementa 1 već je uračunat):

$$\lambda_{e15} = k_{A5} \cdot \lambda^{o}_{e15} + \{(\lambda^{o}_{s5,6} + a_{s5,6} \cdot \lambda^{o}_{e16}) + (\lambda^{o}_{s5,7} + a_{s5,7} \cdot \lambda^{o}_{e17}) + \lambda^{o}_{s4,5} + a_{s5,4}[\lambda^{o}_{e14} + (\lambda^{o}_{s2,4} + a_{s2,4}\lambda^{o}_{e12}) + (\lambda^{o}_{s2,4} + a_{s3,4}\lambda^{o}_{e13})]\} = 1{,}0 \cdot 0{,}05 + \{(0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) + (0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) + 0{,}03 + 0{,}025[0{,}5 + (0{,}03 + 0{,}020 \cdot 0{,}5) + (0{,}03 + 0{,}002 \cdot 0{,}005)]\} = 0{,}1776$$

$$p_{e15} = \tau_{e15} \cdot k_{A5} \cdot \lambda^{o}_{e15} + \tau^{o}_{e15} \cdot \Delta\lambda_{c\ 1} = 0{,}0001 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}05 + 0{,}0001 \cdot 0{,}126 = 17{,}6 \cdot 10^{-6}$$

   Računsko premoštenje
   Element 8

$$\lambda_{e18} = k_{A8} \cdot \lambda^{o}_{e18} + (\lambda^{o}_{s6,8} + a_{s8,6} \cdot \lambda^{o}_{e\ 6}) + (\lambda^{o}_{s8,12} + a_{\ 8,12} \cdot \lambda^{o}_{e1,12}) = 1{,}0 \cdot 0{,}05 + (0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) + (0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) + (0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) = 0{,}05 + 0{,}085 = 0{,}135$$

   Element 9

$$\lambda_{c19} = k_{A9} \cdot \lambda^{o}_{c19} + (\lambda^{o}_{s7,9} + a_{s7,9} \cdot \lambda^{o}_{e17}) + (\lambda^{o}_{s9,23} + a_{\ 9,23} \cdot \lambda^{o}_{e123}) = 1 \cdot 0{,}05 + (0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) + (0{,}03 + 0{,}025 \cdot 0{,}5) = 0{,}135$$

2. Frekvencija havarijskog gubitka i vjerojatnost havarijskog stajanja računskih dijelova, računskih premoštenja i računskih međuzavisnih elemenata.

   Računski dio: 1—5

$$\lambda_{d} = \lambda_{e11} + \lambda_{ch5} + \lambda^{=}_{s1,5} = 0{,}051 + 0{,}1775 + 0{,}05 = 0{,}2776$$

$$p_{d} = (p_{c11} + p_{e12}) + p_{s1,5} = (101 + 17{,}6) \cdot 10^{-6} + 25 \cdot 10^{-6} = 143{,}6 \cdot 10^{-5}$$

Polazni podaci o elementima sheme

Tablica 1

Broj elemenata	λ^0_{el}	τ_{el}*	τ^0_{el}	k_A	k_σ
1	0,2	0,002	0,0001	0,25	—
2, 3, 5, 8, 9, 13, 27, 29	0,05	0,03 / 0,0001	0,0001	1,0	—
4, 12, 22, 23, 28	0,5	0,0001	0,0001	0,25	—
6, 7	0,5	0,0001	0,0001	0,25	0,03

* Podatak u nazivniku vrijedi kada element predstavljaju samo sabirnice, a u brojniku kada je u element uključen i transformator

Premoštenje 8; 9:

$$\lambda_{p8;9} = a_{s8,9} \cdot \lambda_{el9} + a_{s9,8} \cdot \lambda_{el8} + \lambda_{s8,9} = 0{,}02 \cdot 0{,}135 + 0{,}02 \cdot 0{,}135 + 0{,}01 = 0{,}0154$$

$$pp_{8;9} = \tau_{el9} \cdot \lambda_p = 0{,}0001 \cdot 0{,}0154 = 1{,}54 \cdot 10^{-6}$$

Međuzavisni elementi 6 : 7:

$$\lambda_M = k_{o6,7}\,(k_{A6} \cdot \lambda^o_{el6} + k_{A7} \cdot \lambda^o_{el7}) = 0{,}03\,(0{,}25 \cdot 0{,}5 + 0{,}25 \cdot 0{,}5) = 0{,}0075$$

$$p_M = \tau_{el8} \cdot \lambda_M = 0{,}001 \cdot 0{,}0075 = 7{,}5 \cdot 10^{-6}$$

3. Proračun rezultirajuće frekvencije havarijskog gubitka i vjerojatnosti havarijskog stajanja računskog elementa u normalnom režimu rada:

$$\lambda_{Rel} = \lambda_{d1-5} + \lambda_{p8;9} + \lambda_{M6;7} = 0{,}2776 + 0{,}156 + 0{,}0075 = 0{,}439$$

$$p_{Rel} = p_{d1-5} + p_{p8;9} + p_{h6;7} = 143 \cdot 10^{-6} + 1{,}54 \cdot 10^{-5} + 7{,}5 \cdot 10^{-5} = 152 \cdot 10^{-6}$$

4. Proračun pokazatelja sigurnosti:
   a. Vjerojatnost beskvarnog rada za razdoblje od 5 godina

$$R^T = e^{\lambda_{Rel} T} = e^{-8{,}438 \cdot 5} = e^{-2{,}2} = 0{,}11$$

   b. Vjerojatnost havarijsskog gubitka rač. elemenata

$$a^T = 1 - R^T = 1 - e^{-2{,}2} = 1 - 0{,}11 = 0{,}89$$

   c. Vjerojatan broj kvarova u intervalu od 5 godina

$$\bar{k} = \lambda_{Rel} \cdot T = 0{,}439 \cdot 5 = 2{,}2$$

   d. Srednje trajanje havarijskog stajanja računskih dijelova

$$\tau_{Rel} = \frac{p_{Rel}}{\lambda_{Rel}} = \frac{152 \cdot 10^{-6}}{0{,}439}\ 346{,}24 \cdot 10^{-6},$$

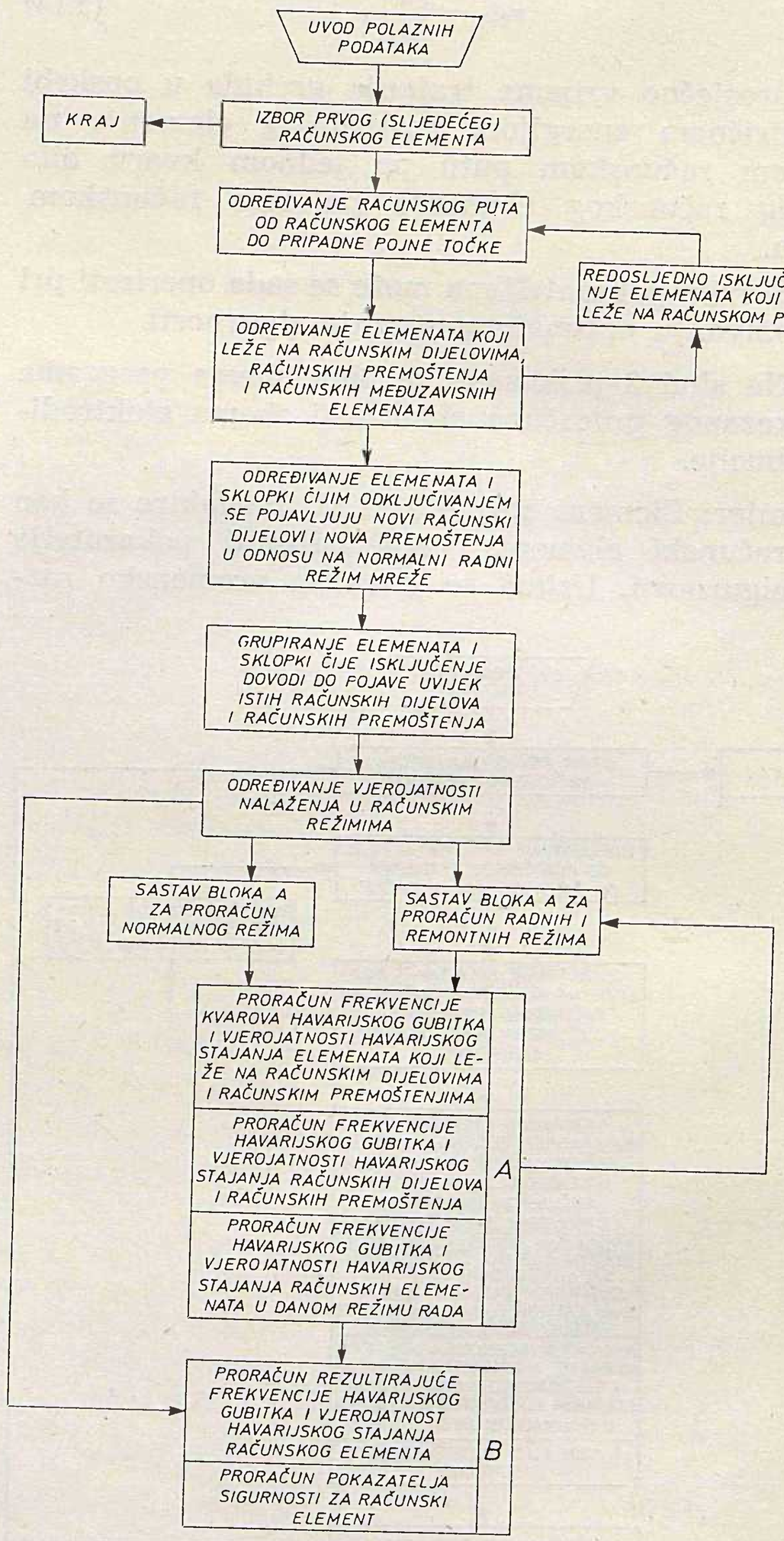
odnosno, ako želimo znati apsolutni iznos

$$t_{Rel} = \tau_{Rel} \cdot 8760 = 3{,}03 \text{ sata.}$$

6. Završne primjedbe

Da bi se pokazale osnove i principi toka jedne relativno jednostavne metodike proračuna sigurnosti elektrodistributivnih mreža, a da se istovremeno ne prijeđe okvir jednog članka, moralo se prići izvjesnim pojednostavljenjima i skraćenjima proračuna.

U prvom redu je pretpostavljeno da čitatelj poznaje postupak dobivanja polaznih podataka po-



Sl. 3. Blok shema programa proračuna sigurnosti sheme (svi režimi rada)

Polazni podaci o sklopkama sheme

Tablica 2

Broj sklopke	λ^0_s	λ_s	λ_s	a_s	τ_s	p_s
1,5 — 8,9 — 9,8 — 14,13 — 13,14 — 26,27 — 27,26 4,2 — 4,3 — 4,5 — 6,8 — 12,8 — 7,5 — 7,9 — 6,5 — 15,13 — 12,13 — 23,9 — 23,29 — 22,13 — 22,77 — 28,27 — 28,29	0,03	0,01	0,05	0,02	0,0005	$25 \cdot 10^{-6}$
2,4 — 3,4 — 5,1 — 5,4 — 5,6 — 5,7 — 8,6 — 8,12 — 9,7 — 9,23 — 13,15 — 13,12 — 13,22 — 27,28 — 27,22 — 29,28	0,03	0,01	0,05	0,025	0,0005	$25 \cdot 10^{-6}$

trebnih za provođenje proračuna i da postojanje takvih podataka priznaje a priori.

U opisanom toku proračuna nije uzeta u obzir mogućnost postojanja radnih režima elektrodistributivne sheme drugačije od tzv. normalnog režima rada. Pod tim se podrazumijeva obrazovanje drugih računskih putova, za isti računski element, a njih u pravilu ima više. Obrazovanju drugih računskih putova u shemi, osim onog koji odgovara normalnom režimu rada, može biti razlog kvar ili potreba remonta nekih elemenata ili sklopki na računskom putu normalnog režima rada. U kojem će se radnom režimu rada naći shema u određenom trenutku nije bez utjecaja na sigurnost sheme. Stoga, ako se želi provesti kompletan proračun sigurnosti neke elektrodistributivne sheme, valja u račun uvesti i vjerojatnost nalaženja dane sheme u svakom od mogućih radnih režima. Iznalaženje te vjerojatnosti počinje proračunima vjerojatnosti nalaženja elemenata i sklopki računskog puta u tzv. profilaktičnom remontu.

Nadalje, valja ukazati na to, da je kod proračuna vjerojatnosti havarijskog stanja ememenata odnosno sklopke, bilo u ovom računu uvršteno srednje trajanje havarijskog stajanja sklopke, odnosno elemenata. Za dosljedno proveden proračun potrebno je tu vjerojatnost odrediti, osim na osnovi potrebnog prosječnog vremena za uvođenja elemenata ili sklopke iz rezerve u pogon, uzevši u obzir još i srednje trajanje n-tog remontnog režima.

Uzimajući u račun obrazovanje remontnih režima omogućuje se ocjenjivanje *remontne sposobnosti i operativne gipkosti* predmetne sheme, što može imati za pogonsko vođenje elektrodistributivne mreže veliko značenje.

Kad se u proračun sigurnosti uvedu i nabrojene veličine, on postaje vrlo obiman. Zato se obavlja elektroničkim računalom. Na slici 3 dana je blok-shema toka ovakvog cjelovitog proračuna sigurnosti sheme elektrodistributivnih mreža.

Literatura:

1. — Nadežnost elektrosnabženija, Sbornik statei, Izd. »Energija« — Moskva 1967.
2. F. I. Sinčugov: Rasčet nadežnosti shem električeskih sjedinenia, Izd. »Energija« — Moskva 1971.
3. V. V. Mihajlov: Nadežnost elektrosnabženija promišljenih pretprijatiji, Izd, »Energija« — Moskva 1973.
4. V. I. Nečiporenko: Strukturnii analizi i metodi postrojenija nadežnih sistem, Izd. »Sovetskoe radio« — Moskva 1968.
5. Venikov, Litkens, Markovič, Meljnikov Soldatkina: Električeskie sistemi I, Izd. »Viššaja škola« — Moskva 1970.

Naslov pisca: Vladimir H a r t l, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

Svjetska situacija nafte u 1973. godini

	Rezerve		Proizvodnja		Rafin. kapaciteti		Potrošnja		Odnos proizvodnje prema rezervama
	mln tona	%	mln tona	%	mln t/g	%	mln tona	%	
Zapadna Evropa	2 086	2,4	16	0,6	877	27,4	720	26,3	1 : 130
SSSR i Istočna Evropa	11 288	13,2	444	15,7	491	15,3	403	14,7	1 : 25
Bliski Istok	47 778	56,0	1 051	37,1	151	4,7	75	2,7	1 : 45
Afrika	9 005	10,6	287	10,1	55	1,7	53	1,9	1 : 31
Daleki Istok	4 843	5,7	159	5,6	488	15,2	412	15,0	1 : 30
Istočna Hemisfera	75 000	87,9	1 957	69,1	2 062	64,3	1 663	60,6	1 : 37
Sjeverna Amerika	6 454	7,5	636	22,4	813	25,3	933	34,0	1 : 10
Ostala Amerika	3 912	4,6	240	8,5	333	10,4	147	5,4	1 : 16
Zapadna Hemisfera	10 366	12,1	876	30,9	1 146	35,7	1 080	39,4	1 : 12
S v e u k u p n o	85 366	100,0	2 833	100,0	3 208	100,0	2 743	100,0	1 : 30

3 Podaci o rezervama odnose se na do sada utvrđene i raspoložive rezerve.

(Eldorado 73; Esso A. G. Hamburg)

V. B.

JALOVA SNAGA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU I RACIONALIZACIJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Boris Markovčić, Zagreb

Iznesene su, općenito, neugodne posljedice toka jalovih snaga u električnoj mreži gledom na gubitke snage i napona, kao i na prerana financijska ulaganja.
Na nekoliko primjera pogonskih slučajeva u postojećoj i perspektivnoj jugoslavenskoj mreži ukazano je na konkretne mogućnosti uštede energije i investicija optimalnom kompenzacijom jalove snage, obuhvaćajući pri tom sve naponske nivoe.

DK 621.31:621.3.01

Jalova snaga, odnosno energija, nije u bivšim malim sistemima predstavljala nikakav problem. Elektrane razmjerno blizu središtu konzuma, s dovoljno niskim nazivnim faktorima snage generatora, nisu tražile veće prijenose ni po snazi, niti po udaljenosti.

Povezivanjem i porastom elektroenergetskih sistema, snage prijenosa su se povećavale, što je zaoštravalo problem dobave jalove snage potrošačkim područjima.

Ovakav razvojni tok bio je, više ili manje, izražen u svim elektroenergetskim sistemima u svijetu, no kod nas je, naročito u zapadnom dijelu sistema, problem jalove snage postao naročito težak, jer nisu poduzimane nikakve mjere za njegovo tehničko-ekonomsko rješenje u skladu s porastom potreba.

Kako je poznato, sjeverozapadni dio jugoslavenskog elektroenergetskog sistema energetski je vrlo deficitaran, pa valja prenositi iz centralnog dijela, već danas, nekoliko stotina MW. Kako nije provedena nikakva kompenzacija, prenositi se mora i jalova snaga. Tako su npr. za sjeverozapadnu Hrvatsku analize pokazale, za konkretno pogonsko stanje 18. II 1970. u 8 sati, da je u području proizvedeno samo 35% potrebne jalove snage, dok je 14% preneseno vodovima 110 kV, a čak 51% vodovima 220 kV. Bez obzira na bilo kakva daljnja razmatranja navedeni podatak dovoljno govori o sasvim nenormalnim prilikama prijenosa. Tome valja dodati, da su se povećanjem konzuma u daljnjim godinama, od 1970. do danas, prilike samo pogoršale, jer ništa nije učinjeno u pogledu kompenzacije, a potrebe su porasle.

Neugodne posljedice toka jalovih snaga mogu se svrstati u tri grupe: izazivanje gubitaka snage, pogoršanje naponskih prilika i smanjenje propusne moći pojedinih elemenata mreže.

Jalove snage u djelatnim otporima vodova i transformatora proizvode dodatne gubitke razmjerne s kvadratom jalove struje. Prenose li se djelatna snaga P uz neki faktor snage cos φ i uz konstantni napon, djelatni se gubici povećavaju $1/\cos \varphi^2$ puta (sl. 1 krivulja A). Npr., ako se prijenos obavlja faktorom snage 0,8 gubici se povećavaju 1,56 puta, tj. za 56% su veći u usporedbi s gubicima, ako je faktor snage 1, tj. ako se prenosi samo djelatna snaga.

Jalova snaga je glavni utjecajni faktor u vezi s gubicima napona u nadzemnim vodovima i transformatorima, što se može najbolje razabrati iz poznate, približne, formule:

$$\Delta U = \frac{P}{U^2}(R + tg\,\varphi\, X) \cdot 100\%$$

gdje je:

P djelatna snaga koja se prenosi
U linijski napon mreže
R djelatni otpor voda
X induktivni otpor voda

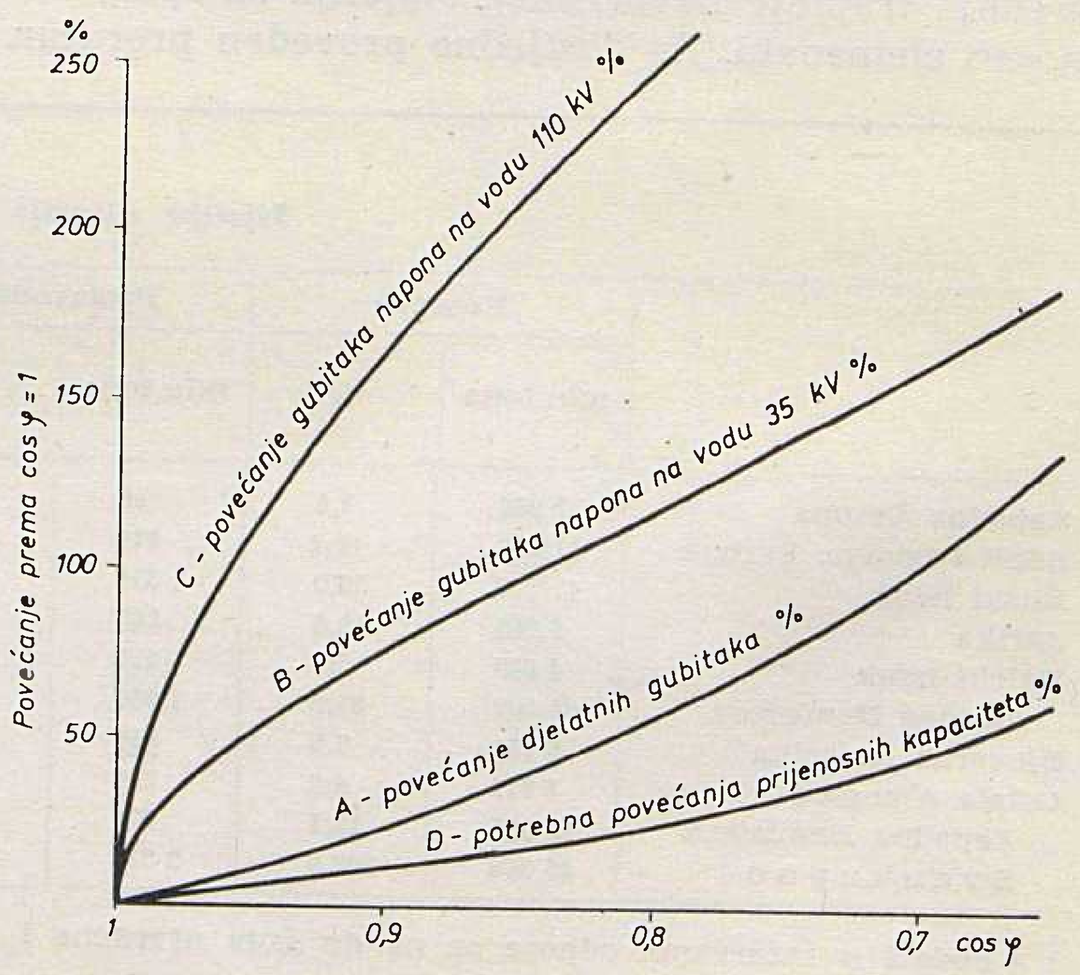
$$tg\,\varphi = \frac{Q}{P}$$

Koliko se pak u postocima povećavaju gubici napona uslijed toka jalove snage u odnosu na gubitke kad se prenosi čista djelatna snaga (cos fi = = 1), izražava relacija:

$$\Delta U_q = tg\,\varphi \frac{X}{R} 100\%.$$

Kako povišenjem prijenosnog napona odnos induktivnog i djelatnog otpora voda postaje sve veći, povećava se i utjecaj jalove snage na gubitak. Taj je utjecaj naročito velik kod transofrmatora.

U crtežu, sl. 1, nacrtana je krivulja procentualnog povećanja gubitka napnoa, u postocima, ovisno o faktoru snage prijenosa za vod 35 kV (krivulja B) i 110 kV (krivulja C). Npr. kod prijenosa uz cos φ = 0,8, gubitak napona je na vodu



Sl. 1. Povećanje gubitaka, gubitaka napona i prijenosnih kapaciteta uslijed toka jalove snage u ovisnosti o cos φ

35 kV 120%, a na vodu 110 kV 250% veći nego da se prijenos takve djelatne snage obavlja uz cos $\varphi = 1$.

Gubitak napona, ako nije pretjerano velik, neće praviti pogonske poteškoće, ali indirektno utječe na povećanje gubitka djelatne i jalove snage.

Djelovanjem regulacijskih sklopki transformatora omogućen je kod potrošača, praktički, konstantan napon, što ima za posljedicu konstantno opterećenje, neovisno o kolebanjima napona u prijenosnoj mreži. Prema tome da prijenosna snaga ostane nepromijenjena, struja mora porasti za isti postotak, za koji je pao napon. Posljedica toga je, da se zbog kvadratnog odnosa struje i gubitaka osjetno povećavaju djelatni (I^2R) i jalovi (I^2X) gubici. Jalovi gubici pogoršavaju dalje faktor snage, što pak izaziva daljnje poteškoće.

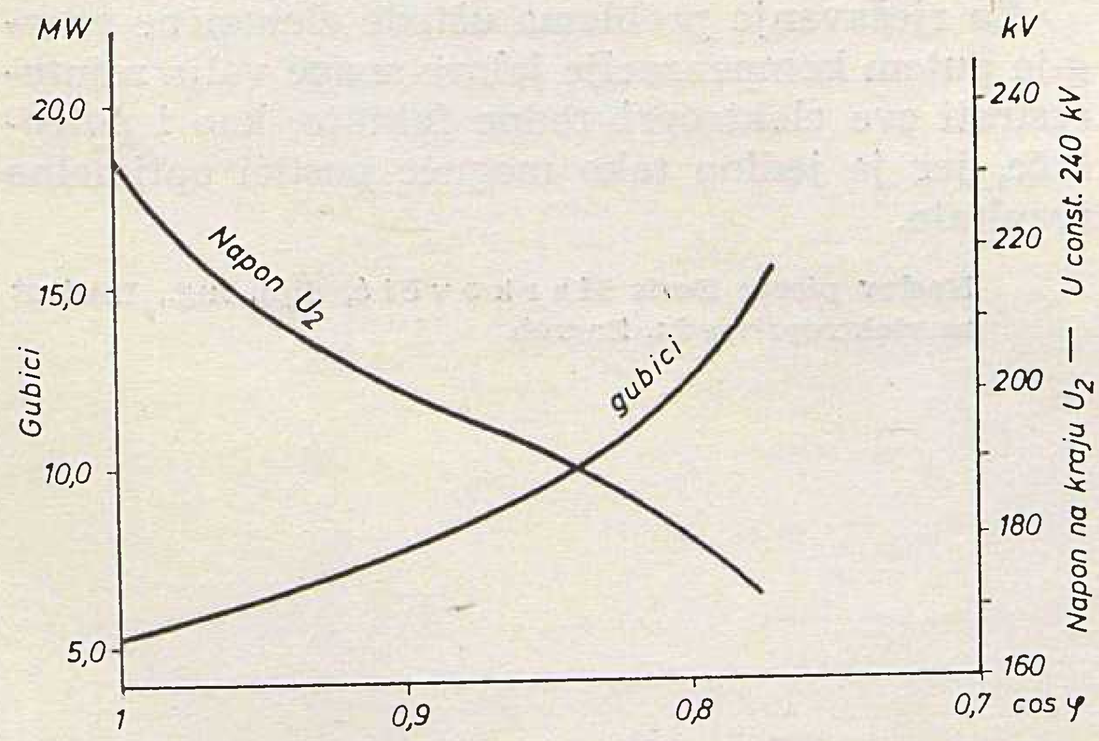
Osim energetskih gubitaka tok jalove snage, kako je spomenuto, stvara uska grla u prijenosu i time izaziva ranija investiranja u proširenja.

Opterećenje nadzmenih vodova, kabela i transformatora, ograničeno je određenom maksimalnom strujom, tj. određenom prividnom snagom S, kod nazivnog napona. Što je u toj prividnoj snazi veća jalova komponenta, manja može biti djelatna, u skladu s relacijom $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$. U dijagramu sl. 1, krivulja D pokazuje za koliko postotaka mora biti neki od elemenata mreže više dimenzioniran ovisno o faktoru snage neke djelatne snage P. Npr. kod cos $\varphi = 0{,}8$ uređaj se mora dimenzionirati za 25% veću prividnu snagu. Naravno, ako se kod toga prijenos obavlja uz sniženi napon, odgovarajuće povišenje struje tražit će daljnje povećanje prijenosnih kapaciteta uređaja.

Nakon ovog razmatranja može se zaključiti, da je nekompenzirana mreža uzrok znatno većih gubitaka prijenosa, te da predstavlja jedno od mjesta u elektroenergetskom sistemu, gdje se električna energija neracionalno troši.

Otklanjanje uskih grla kompenzacijom predstavlja uštedu u investicijama koje su elektroprivredi stalno nedostatne.

Za ilustraciju iznesenog, i dobivanje kvalitativnih podataka, navedeno je nekoliko konkretnih primjera.



Sl. 2. Gubici snage i napona na vodu 220 kV dužine 225 km uz promjenljivi cos φ, opterećenje od 120 MW na kraju voda

Na crtežu sl. 2 nacrtana je krivulja povećanja djelatnih gubitaka u ovisnosti o faktoru snage za konkretni vod 220 kV, presjeka 360/57 Ač, dužine 225 km, koji na kraju ima konstantno opterećenje 120 MW, a na početku konstantni napon od 240 kV. Također je nacrtana i krivulja napona na kraju voda.

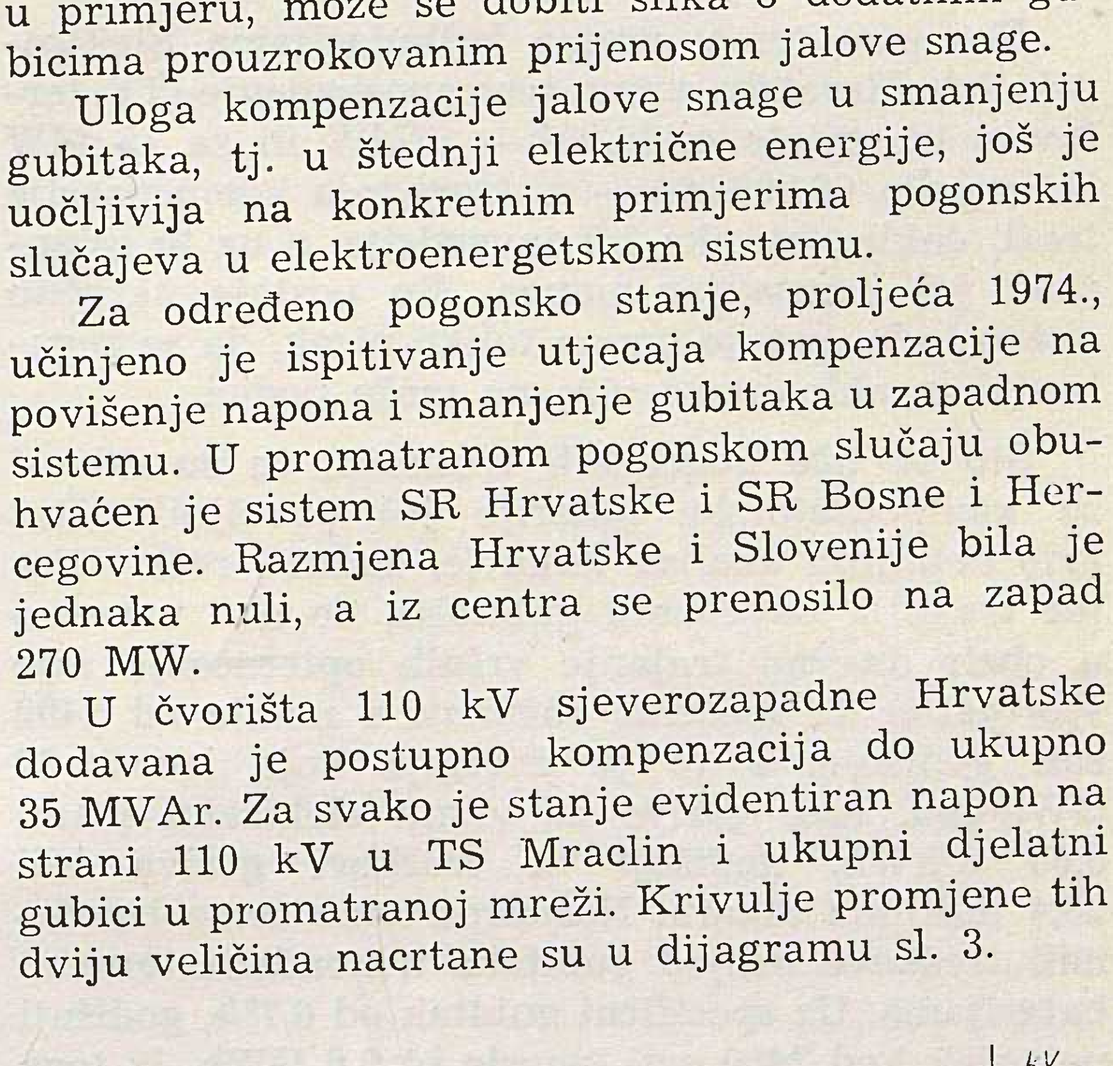
Gubici snage vrlo brzo rastu, pa su npr. kod faktora snage 0,8 skoro 2,5 puta veći nego kod prijenosa uz cos $\varphi = 1$. To je posljedica činjenice, da je struja znatno povećana s jedne strane, zbog udjela jalove struje, a s druge strane zbog gubitka napona uz konstantno opterećenje, kako je prije izneseno.

Kako se duljine vodova 220 kV, koji vežu zapad sa centrom, upravo kreću oko duljine navedene u primjeru, može se dobiti slika o dodatnim gubicima prouzrokovanim prijenosom jalove snage.

Uloga kompenzacije jalove snage u smanjenju gubitaka, tj. u štednji električne energije, još je uočljivija na konkretnim primjerima pogonskih slučajeva u elektroenergetskom sistemu.

Za određeno pogonsko stanje, proljeća 1974., učinjeno je ispitivanje utjecaja kompenzacije na povišenje napona i smanjenje gubitaka u zapadnom sistemu. U promatranom pogonskom slučaju obuhvaćen je sistem SR Hrvatske i SR Bosne i Hercegovine. Razmjena Hrvatske i Slovenije bila je jednaka nuli, a iz centra se prenosilo na zapad 270 MW.

U čvorišta 110 kV sjeverozapadne Hrvatske dodavana je postupno kompenzacija do ukupno 35 MVAr. Za svako je stanje evidentiran napon na strani 110 kV u TS Mraclin i ukupni djelatni gubici u promatranoj mreži. Krivulje promjene tih dviju veličina nacrtane su u dijagramu sl. 3.



Sl. 3. Dodana kompenzacija u mrežu 110 kV Zagreba

Iz krivulje se vidi, kako kod loših napona već i male jalove snage brzo dižu napon i znatno snizuju gubitke. S prvih 5 MVAr gubici su sniženi 1,26 MW/MVAr, dok dodatkom svih 35 MVAr specifički gubici padaju na 0,43 MW/MVAr. Odnosno, s ugrađenih 35 MVAr ušteđuje se ukupno snaga od 15 MW.

Nakon ove konstatacije interesantno je promotriti problem s ekonomskog gledišta.

Ponajprije valja pogledati koliko se ušteđuje na investicijama, ako se investira u kompenzaciju umjesto u vršnu termoelektranu snage koja je jednaka gubicima.

Prema kalkulacijama što ih je radila Elektroprivreda Dalmacije, za velike kondenzatorske baterijske jedinice (12,5 MVAr) dobivena je specifina cijena (početak 1974) kompletno ugrađene baterije, uključujući pripadno polje i građevinske radove, 200 d/MVAr. No, budući da se ovdje radi o manjim snagama baterija, uzeta je cijena 40% veća, tj. 280d/kVAr. Ugrađenih 35 MVAr prema tome bi stajalo 9.800.000.— d.

Nasuprot tome, prema kalkulacijama Elektroprivrede Hrvatske vršno termopostrojenje (TE Jertovec) bi stajalo 4.400.000.— d/MW ili za 15 MW bi iznosilo 66.000.000.— d. Izgradnja kompenzacije traži, dakle, tek oko 1/7 investicija, a uz to osigurava još i povoljan napon, što postaje naročito važno tada, kad je napon toliko nizak, da se regulacijskim sklopkama više ne može podići.

Što se tiče pogonskih troškova, tu su odnosi za kompenzatorske baterije još povoljniji. Bez vrlo detaljnih analiza teško je, doduše, reći vrijeme trajanja navedenih gubitaka, no ako uzmemo u obzir dnevno trajanje vršnih opterećenja nije vjerojatno da možemo računati s manje od 2400 sati godišnje, a to je energija koja iznosi 36 GWh/god. Ako gorivo za vršnu elektranu iznosi 0,65 d/kWh, godišnji bi troškovi goriva bili 23,4 milijuna dinara. Nasuprot tome ćemo izračunati troškove uslijed gubitaka u kondenzatorskim baterijama. Uz specifični gubitak od 0,7%, godišnji potrošak kod 2400 sati iznosio bi 0,6 GWh. Iz toga se može dobiti da bi troškovi goriva vršne elektrane bili samo 0,38 milijuna dinara, a to je oko šezdesetine prijašnje svote.

Slična bi se komparacija mogla izvesti i na osnovi mnogo jeftinije TE Sisak II, 210 MW, čije su specifične investicije 2.847.000.— d/MW, a cijena goriva 0,35 d/kWh. Tada bi za 15 MW iznosili investicioni troškovi 42.800.000.— d, a za proizvedenih 36 GWh/god. bila bi cijena goriva 12,6 milijuna dinara.

Premda efekt kompenzacije mnogo ovisi o danim pogonskim prilikama, a odnosi uštede o elektrani s kojom se provode usporedbe, uštede su u svakom slučaju vrlo očigledne u vrlo širokom rasponu.

Upravo je nevjerojatno, da je unatoč toliko očiglednih ušteda električne energije i investicija kompenzacija jalove snage ostala kod nas potpuno zanemarena. Pri tom valja još istaći da je cijelo ovo razmatranje učinjeno s aspekta prijenosne mreže, dok se daljnje znatne uštede mogu postići provedbom kompenzacije u distributivnoj mreži, tj. što bliže potrošaču.

U nizu različitih ispitivanja perspektivne mreže zapadnog i centralnog dijela Jugoslavije, bilo je također takvih, koja su pokazala vrlo koristan efekt kompenzacije u vezi sa smanjenjem gubitaka, pa je zgodno da se ovdje iznesu. Ispitivanja su izvršena za prijenosnu mrežu predviđenu u 1982. godini, a obuhvatila su cijeli elektroenergetski sistem Jugoslavije, s time, što je istočni dio sistema bio bitno pojednostavljen. U jednoj od grupa ispitivanja, npr., postavljen je zadatak da se vidi utjecaj održavanja određenog napona na karakterističnim čvorištima 380 kV NTE Krško i TS Zagreb I. Dobiveni rezultati za tri određena napona su slijedeći (prijenos na zapad oko 1300 MW):

Krško i Zagreb napon kV	360	380	400
Komp. u čvoru Krško MVAr	302	262	236
Komp. u čvoru Zagreb MVAr	279	285	313
Gub. u promatranom sistemu MW	232	209	194
Razlika gubitaka MW	23	15	

Prema tome, minimalno povećanje izvora jalove snage u čvoru 380 kV Zagreb izaziva značajne promjene u sistemu, prvenstveno smanjenje gubitaka snage.

Za slične prilike, kao u prethodnom primjeru, prebačena je jalova snaga kompenzacije od 230 MVAr iz čvora TS 380 kV Zagreb u čvorove 110 kV regije Zagreb. Napon u čvoru Zagreb ostao je nepromijenjen. Korist od navedene dislokacije je bila dvojaka. Ukupna potreba jalove snage u području Zagreba smanjila se za 69 MVAr, a djelatni gubici u promatranom sistemu za 16 MW.

Ova dva navedena primjera jasno pokazuju što znači u pogledu štednje električne energije odabiranje povoljne lokacije kompenzacionih uređaja i postizanje optimalnih rješenja obuhvaćajući kompenzacijom sve naponske nivoe i sva područja.

Za rješavanje problema uštede električne energije putem kompenzacije jalove snage valja zainteresirati sve elektroprivredne faktore, kao i potrošače, jer je jedino tako moguće postići optimalne rezultate.

Naslov pisca: Boris M a r k o v č i ć, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb

ISKUSTVA I MOGUĆNOSTI RACIONALIZACIJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNIH POTROŠAČA U SPECIJALNIM UVJETIMA

Josip Nevešćanin

Iznose se iskustva o redukciji električne energije u 1973. godini na području Elektrodalmacije Split, praktički rezultati o mogućnostima štednje i racionalizacije u posebnim uvjetima dobiveni anketom odgovarajućeg broja karakterističnih distributivnih potrošača, te podaci o utjecaju tarifa i cijene električne energije na razvoj distributivne potrošnje.

DK 621.316.1

UVOD

U posebnim uvjetima, kad je proizvodnja električne energije manja od potražnje, kao što je bio slučaj 1973, potrošnja se mora svesti u raspoložive okvire proizvodnje i nabave. To se može postići na više načina, od kojih su najvažniji:

— štednja i racionalizacija potrošnje;
— stimuliranje tarifom i cijenom, i
— redukcija i ograničenje potrošnje.

U toku 1973. godine uglavnom je kod distributivnih potrošača primjenjivan ovaj, treći, način, pri čemu su se ispoljili negativni efekti, a postignuti skromni rezultati.

S obzirom na aktualnost ove problematike, razmatraju se ova 4 osnovna pitanja:

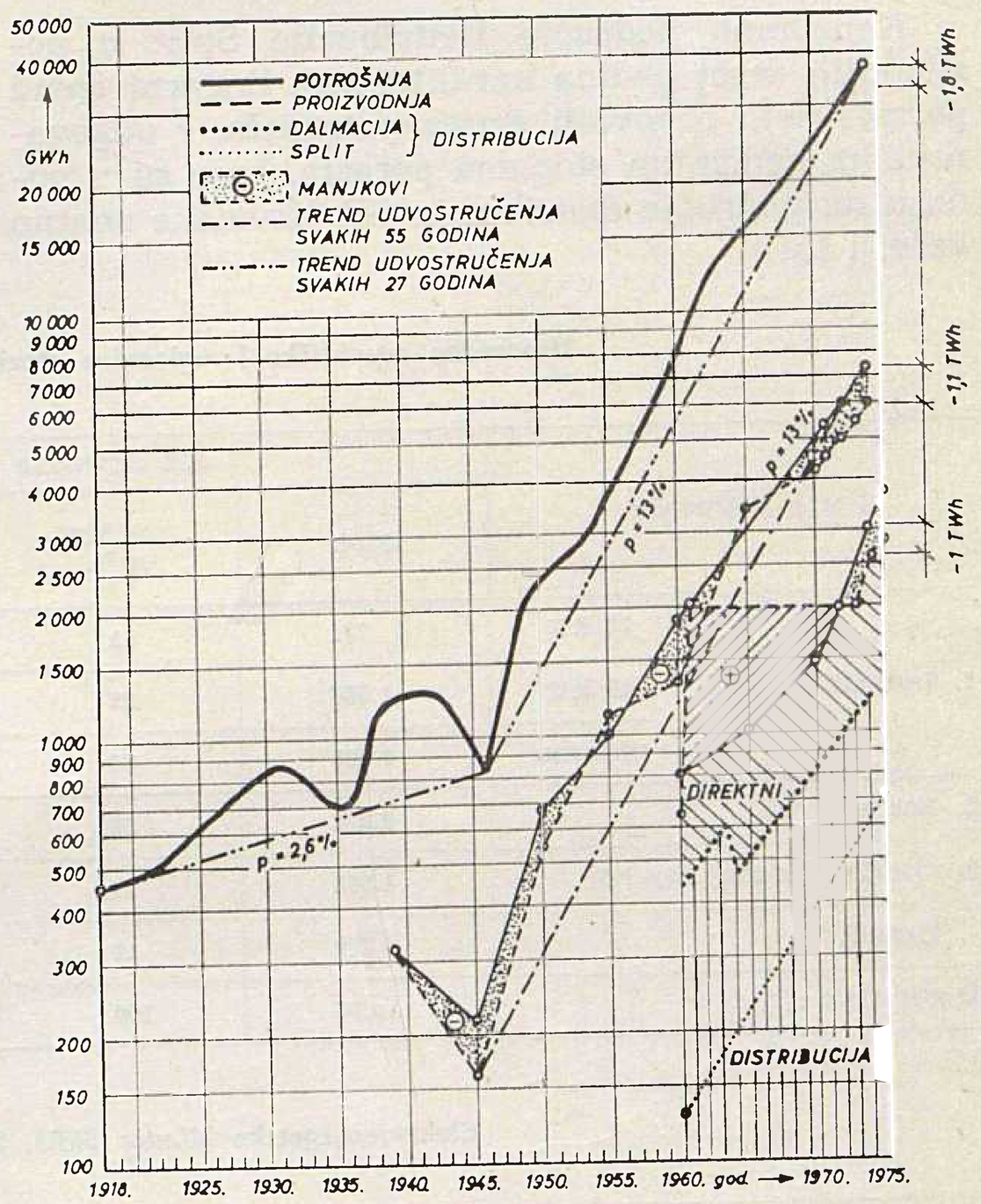
— struktura distributivnog konzuma i njeno značenje u vrijeme redukcije,
— iskustva o provedbi redukcije u toku 1973. god. na području »Elektrodalmacije« — Split,
— rezultati ankete o praktičkim mogućnostima štednje i racionalizacije potrošnje distributivnih potrošača u posebnim uvjetima, i
— utjecaj tarife i cijene električne energije na razvoj distributivne potrošnje.

Dobiveni rezultati analiza pokazuju, da postojeći distributivni konzum ispoljava veliku tromost, zbog čega i manji poremećaji u kvaliteti i količini isporučene električne energije izazivaju velike psihološke probleme, materijalne i ostale probleme vezane za svakodnevno praktičko organiziranje života i opskrbe stanovništva. Nadalje, da postoje znatne potencijalne mogućnosti štednje i racionalizacije potrošnje posebno u posebnim uvjetima, kod svih grupa distributivne potrošnje, naročito kućanstva i ostale potrošnje na 0,4 kV na koje otpada oko 50% ukupne distributivne potrošnje. Realizacija ovih mogućnosti vezana je za odgovarajuće solidne i sistematski organizirane pripreme, ugradnju odgovarajućih uređaja MTK, pa i za dodatna financijska ulaganja u adaptiranje električnih instalacija potrošača.

1. Struktura potrošnje električne energije i njeno značenje u vrijeme redukcije

Trend razvoja potrošnje i proizvodnje električne energije u Jugoslaviji, SRH i na području Dalmacije, prikizan je na slici 1.

Ovako nagli porast potrošnje električne energije na području SR Hrvatske, s prosječnom godišnjom stopom od oko 13%, čemu odgovara udvostručenje svakih 5—6 godina, pratilo je povremeno zaostajanje u izgradnji elektroenergetskih izvora, posebno iza 1965. godine. Već 1973. godine ukupni je manjak iznosio 1.068 GWh ili 14,5% s daljnjom tendencijom povećanja.



Sl. 1. Trend razvoja potrošnje i manjkovi električne energije u SFRJ, SRH i Dalmaciji

U našem elektroenergetskom sistemu, kao što je poznato, postoje dvije osnovne grupe potrošača:

— direktni potrošači elektroprivrede
— distribucija,

čije učešće u ukupnoj potrošnji električne energije iznosi kao što je navedeno u tablici 1.

Struktura konzuma električne energije u % — Tablica 1

Područje	Učešće u ukupnoj potrošnji u %		
	Direktni potrošači elektro-privrede	Distribucija	Odnos
1. Jugoslavija	28,4 %	65,2 %	1 : 2,5
2. SR Hrvatska	19 %	81 %	1 : 4,25
3. Dalmacija	62 %	38 %	1 : 0,61

Ovi podaci pokazuju, da se struktura potrošje na području Dalmacije bitno razlikuje od ostalog područja zbog velikog učešća direktnih potrošača, na koje otpada više od 60% ukupne potrošnje, a na distribuciju tek oko 40%, za razliku od ostalog područja, gdje ovaj postotak iznosi 65—80%.

Struktura distributivnog konzuma Distribucije Split, u usporedbi s odgovarajućom strukturom SR Hrvatske i odgovarajućim prosječnim godišnjim stopama, navedena je u tablici 2.

Podaci pokazuju, da postoje znatne razlike u strukturi distributivnog konzuma između pojedinih distributivnih poduzeća, posebno dijelova područja tih poduzeća.

Konzumno područje Distribucije Split u posljednjih deset godina karakterizira linearni trend porasta svih osnovnih grupa potrošača, s odgovarajućim godišnjim stopama porasta, koje su u odnosu na područje distribucije SR Hrvatske znatno veće, i to:

— kod industrije za oko 1,5 puta
— kod kućanstva za oko 1,65 puta
— kod ostale potrošnje, na 0,4 kV, za oko 2 puta,

ili ukupno za oko 1,5 puta.

U Splitu, na kojeg otpada oko 10% od ukupne površine distributivnog područja, koncentrirano je 62% opterećenja, iako 72% ukupne distributivne potrošnje. Na obalnom pojasu i otocima na koje otpada 48% površine, tek 25% opterećenja i 19% potrošnje, a na zagorski dio 41% površine 15% opterećenja i tek oko 8% potrošnje, a odnos površinskih gustoća opterećenja je 1 : 26 : 33.

To znači, da se neka područja, zbog posebnog geografskog položaja, atraktivnosti i razvoja turizma nalaze u fazi nagle stambene, turističke i ostale izgradnje, u vezi s tim i u fazi naglog porasta i promjene strukture distributivnog konzuma. U razdoblju ograničenja potrošnje električne energije, na nivou ostvarenja 1973. godine, ta se područja, u odnosu na druga distributivna područja, nalaze u znatno lošijem položaju.

Usporedba republičke i regionalne strukture distributivnog konzuma grada Splita

Tablica 2

Grupa potrošača		SR Hrvatska			Split — šire područje		
		GWh	učešće u %	godišnja stopa porasta %	GWh	učešće u %	godišnja stopa porasta %
1. Industrija	35 kV	771	11	6,5	210	36,3	10
	10 kV	1.556	22	10,2	85	14,7	16,6
	ukupno	2.327	33	9,7	295	51	13
2. Kućanstvo		2.528	36	11	175	30	18
3. Ostala potrošnja 0,4 kV		1.382	20	10,4	60	10,4	20
4. Gubici		770	11	—	50	8,6	
Ukupno:		7.006	100	10,2	580	100	15,3

Elektroenergetska bilanca SFRJ, SRH i Dalmacije za 1974. godinu

Tablica 3

Veličina		SFRJ		SRH		Dalmacija	
		GWh	%	GWh	%	GWh	%
1.	1.1 Direktni potrošač	10.689	28,4	2.448	28	1.781	56
	1.2 Distribucija	24.465	65,2	5.890	67	1.247	38
	1.3 Gubici prijenosa	1.901	5,2	428	5	185	6
	Ukupno	37.055	98,8	8.766		3.213	
2. Izvoz		453	1,2	—	—	—	—
3. Ukupne potrebe		37.055	100 %	8.766	100 %	3.213	100 %
4.	4.1 HE	18.666	49,6	3.840	43,8	1.991	62
	4.2 TE	16.639	44,4	2.085	23,7	150	4,7
	Ukupno (HE + TE)	35.305	94	5.925	67,5	2.141	66,7
5. Uvoz		376	1	1.710	19,5	—	—
6. Raspoloživo		35.681	95	7.635	87	2.141	66,7
7. Manjak		—1.827	—5 %	—1.131	—13 %	1.072	—33,5

Struktura konzuma Dalmacije po grupama i prioritetu redukcije definirano zakonom o elektroprivredi

Tablica 4

Grupa	Potrošač	Plan za 1974. godinu		Reducirani iznos	
		GWh	Učešće u %	GWh	Mogući % od planirane nabave
I.	1. »Dalmacija« D. R.	263	8	131	do 50% i više
	2. TEF Šibenik	163	5	81,5	
	Ukupno I.	426	13	212,5	
II.	1. »Jugovinil«	69	2,12	20,7—34,6	od 30%—50%
	2. »Ražine« el. liz.	1083	33	326—542	
	3. »Lozovac« el. liz.	174	5,35	52—87	
	4. »Jadranska Ž.« — peći	30	0,92	9—15	
	Ukupno II.	1356	41,5	407,7—680	
III.	1. »Ražine« — prer.	71	2,18	7,1—8,5	od 10%—12%
	2. Distribucija (ind. + 0,4 — peći)	605	18,6	60,5—72,5	
	Ukupno III.	676	20,8	67,6—81	
IV.	1. Kućanstva	461	14,2	92,2	do 20%
V.	1. Gubici distribucije	147	4,5	—	—
	2. Gubici prenosa	185	5,7	—	
	Ukupno gubici	332	10,2	—	
Sveukupno:		3251	100 %	780—1072	od 24%—33%
Ostaje nepokriveno:				292—0	od 9%—0%

Kao ilustracija toga, navodi se u tablici 3. elektroenergetska bilanca 1974. god. za: SFRJ, SRH i Dalmaciju, iz koje se vidi da od ukupnog manjka u SFRJ koji iznosi 1.827 GWh ili 5%, otpada na područje SR Hrvatske 1.131 GWh ili 13%, od čega 1.072 GWh ili 33% samo na Dalmaciju. To znači, da u ukupno planiranom manjku električne energije učestvuje SR Hrvatska s oko 62%, a sama Dalmacija s oko 60%.

Struktura ukupnog konzuma električne energije Dalmacije po grupama definiranim članom 30. Zakona o elektroprivredi, s obzirom na redoslijed provedbe redukcije i potreban postotak smanjenja potrošnje radi pokrića planiranog manjka u 1974. godini, iznosi, kao što je navedeno u tablici 4.

Navedeni podaci pokazuju:

— Da neka područja zbog nepovoljne strukture konzuma, kao što je npr. slučaj s konzumom Dalmacije, gdje na distribuciju električne energije odpada tek 38% ukupne potrošnje (SFRJ 65%, SRH 81%) otpada oko 8,6% ukupnog konzuma i više od 58% ukupno planiranih manjkova u SFRJ, ili 37% konzuma i 95% ukupnih manjkova SRH u 1974. godini.

— Distributivni konzum Splita i Dalmacije se nalazi u nepovoljnijem položaju prilikom redukcije u odnosu na ostala konzumna područja, zbog manje mogućnosti redukcija, posebno u kućanstvima, kod kojih je električna energija najčešće jedini oblik energije, a kuće su građene bez dimnjaka.

2. Iskustva o redukciji potrošnje električne energije distributivnih potrošača na području Elektrodalmacije Split u 1973.

Zbog manjka u elektroenergetskom sistemu, što je 1973. godine u odnosu na ugovorenu nabavu za područje SR Hrvatske iznosio 1.068 GWh ili oko 14,5% od ukupnih potreba na području Elektrodalmacije Split, svi distributivni potrošači reducirani su 3 puta i to:

— Od 15. do do 18. siječnja 1973. god.: kućanstva 20% ili 240 MWh/dnevno, što se provodilo povremenim iskapčanjem pojedinih područja, pa je u ovom razdoblju na području Dalmacije distribucija reducirala 800 MWh, od čega na području OOUR DISTRIBUCIJE SPLIT 600 MWh, ili 75% ukupno reducirane distributivne potrošnje Dalmacije;

— Od 17. do 26. rujna 1973. god., ili ukupno 10 dana: kućanstvo 20% radnim danom osim nedjelje, što se provodilo također iskapčanjem pojedinih područja, industrije i ostalih distributivnih potrošača ograničavanjem dnevne potrošnje za 10%. U tom razdoblju je reducirano na području Dalmacije 2,2 GWh, od čega samo na području OOUR »DISTRIBUCIJA« SPLIT 1,8 GWh, ili 81,5%, ili na području JUR SPLIT-GRAD 1,25 GWh, ili 57%, od ukupno reduciranog distributivnog konzuma Dalmacije;

— Od 4. do 21. prosinca 1973. god., ili ukupno 18 dana: kućanstvo 20% iskapčanjem pojedinih

područja svaki četvrti dan od 7—17 h i ograničenjem dnevnih količina od 7—20 h industrijskim i ostalim distributivnim potrošačima, smanjenje javne rasvjete za 50%, zabranom paljenja reklama, osvjetljenje izloga u najnužnijem opsegu, uz zabranu upotrebe električnih grijalica.

U ovom razdoblju od 18 dana reducirano je na području Dalmacije 9,523 GWh, od čega na području OOUR Salit 9,295 GWh, ili 97,5% ukupno reduciranih iznosa distributivnog konzuma Dalmacije.

Redukcija je provedena bez upotrebe daljinske komande za iskapčanje postrojenja i bez MTK za iskapčanje potrošača, pa je pokazala slijedeće:

— Ovakva provedba ograničenja potrošnje el. energije distributivnih potrošača klasičnom redukcijom i iskapčanjem pojedinih dijelova područja je najneugodnija za distributera. Ona angažira veći broj ljudi, izaziva oštećenja na pojedinim dijelovima distributivnih postrojenja zbog čestih iskapčanja i otežava uspostavljanje normalnog pogonskog stanja.

— Kod potrošača, posebno kućanstva, izaziva veliki broj raznih problema i to: psiholoških zbog potreba naglog mijenjanja organizacije života i navika, zatim probleme opskrbe posebno kod kućanstva koja u stanu imaju samo električnu energiju, a da se i ne spominju problemi vezani za vertikalni transport u neboderima na području nove stambene izgradnje.

— S obzirom na strukturu distributivnog konzuma osnovne stavke, gdje su moguće značajnije uštede su industrija, na koju otpada oko 50% i kućanstvo na koje otpada od 30—40% ukupne distributivne potrošnje.

Javna rasvjeta na koju otpada tek oko 1,5% postojeće gradske potrošnje, nema praktički nikakvo energetsko značenje, niti je iskapčanjem moguće postići neke uštede. Naprotiv, povećavaju se poteškoće, jer se smanjuje i onako skromni intenzitet rasvjete grada, koji je u našim prilikama 3—4 puta manji od normalnoga (normalni iznos potrošnje javne rasvjete iznosi oko 5% od ukupne gradske potrošnje), čime se povećava broj nesreća u saobraćaju, povećava broj delikata, a smanjuje kulturni i opći standard građana. Smanjuju se i informacije građanima, posebno turistima, jedne od najvažnijih funkcija javne rasvjete. Prema tome, iz energetskih, sigurnosnih i psiholoških razloga, u vrijeme nedostatka električne energije, javna rasvjeta se ne bi smjela iskapčati.

— Kod većine industrijskih potrošača ograničenje do 10% potrošnje nije predstavljalo osobite probleme. No kod kućanstva i kraća iskapčanja izazivaju niz raznih problema, a organiziranom akcijom, i uz primjenu MTK, moguće su uštede i do 60%, a da se bitno ne remeti normalna organizacija dnevnog života, napose kod onih koji u stanu imaju i plin. Zabranom upotrebe električnih grijalica, klima uređaja i smanjenje rasvjete 30—50%, moguće su također značajne uštede, iako je praktička provedba dosta komplicirana, zbog velikog broja različitih potrošača u okviru ove grupe trošila.

U vrijeme redukcije 1973. god., na području »Elektrodalmacije«, OOUR Split, obuhvaćena su ukupno 32 ili oko 10% dana u godini, i oko 125.000 potrošača na površini od oko 5.000 km² i godišnjom potrošnjom od oko 722 GWh uz skromni efekat redukcije od oko 12 GWh ili 1,8% ukupne godišnje potrošnje.

Ovi podaci, kao i iskustva drugih distributivnih poduzeća, gdje su se ograničenja provodila kroz upućivanje potrošača na štednju putem općinskih štabova, upućuje na zaključak, da ograničenje potrošnje el. energije valja provoditi u prvom redu štednjom i racionalnijom potrošnjom, pa tek onda redukcijom, kao krajnjom mjerom ograničenja potrošnje.

3. Rezultati ankete o praktičnim mogućnostima štednje i racionalizacije potrošnje električne energije distributivnih potrošača u specijalnim uvjetima

Polazeći od iskustva o provedbi redukcije potrošnje električne energije distributivnih potrošača u 1973. godini na području »Elektrodalmacije« Split, izvršena je početkom 1974. godine posebna anketa o praktičkim mogućnostima štednje i racionalizacije potrošnje pojedinih grupa distributivnog konzuma u specijalnim uvjetima. Pri tom su sva trošila podijeljena u 3 kategorije:

I kategorija — obuhvaća trošila koja se ne bi mogla iskapčati.

II kategorija — obuhvaća trošila koja se mogu iskapčati povremeno ili prebacivati u vrijeme niže tarife.

III kategorija — obuhvaća trošila koja se mogu češće i duže iskapčati ili prebacivati u vrijeme niže tarife.

Dobiveni rezultati ankete po pojedinim grupama iznose kako slijedi:

3.1. Industrija: — Od ukupno 77 industrijskih potrošača na 35 kV i 10 kV, snage 64 MW godišnje potrošnje i 351 GWh ili 46% ukupne distributivne potrošnje, anketom su obuhvaćena 22 pogona karakterističnih potrošača i to:

— 5 tvornica cementa snage	26,6	MW i	158 GWh/god.
— brodogradilište	3,38	MW i	24 GWh/god.
— 15 tvornica Kombinata »Jugoplastike«	3	MW i	13 GWh/god.
— Dalmastroj	1	MW i	2 GWh/god.
Ukupno:	40	MW i	197 GWH/god.

(70% od opterećenja i potrošnje industrije »ED« Split), kod kojih je izvršena selekcija po kategorijama opterećenja i potrošnje, kako je navedeno u tablicama 5, 6 i 7.

Kod poduzeća Dalmastroj, zbog specifičnog tehnološkog procesa pocinčavanja i serijske proizvodnje, moguća je ušteda samo iskapčanjem elektri-

Selekcija potrošnje industrije cementa

Tablica 5

Kategorija	Vrsta potrošnje	Struktura konzuma			Moguće uštede			
					Snaga		Energija	
		%	MW	GWh	%	MW	%	GWh
I.	Pečenje klinkera	15	4	34	—	—	—	—
II.	Mlinovi (sirovine + ceme)	45	12	100	45	12	27,25	43
					Samo na dnevnoj potrošnji			
III.	Ostali pomoćni strojevi, radionice i uredi	40	12	24	5	1,4	3,75	6
Ukupno	Dnevna potrošnja	100	28	68	—48%	—13,4	—31	—50
	Noćna potrošnja	57	16	90	+43%	+12	+27,25	+43
	Ukupno	100	28	150	5%	1,4	3,75	6

* Kod poduzeća »Dalmacijacement« Split, zbog nedovoljnog kapaciteta mlinova pogoni moraju raditi svih 24 sata. Racionalizacija prema podacima u tablici 5. vezana za veća investiciona ulaganja.

Selekcija potrošnje brodogradilišta »Split«

Tablica 6

Vrsta potrošnje		1. Kategorija		2. Kategorija		3. Kategorija		Ukupno	
		Pi (MW)	%	Pi (MW)	%	Pi (MW)	%	Pi (MW)	%
1. Strojevi		7,35	75	0,98	10	1,47	15	9,8	100
2. Aparati za varenje		13	65	3,48	20	2,62	10	19,1	100
3. Dizalice		4,4	78	0,883	15	0,587	10	5,870	100
4. Grijanje		0,510	60	0,170	20	0,170	20	0,85	100
5. Rasvjeta		0,972	40	0,486	20	0,972	40	2,43	100
Ukupno	Pi (MW)	26,232		6		5,819		38	
	Fi	0,244	70	92	15	0,207	15	0,23	100
	P (MW)	6,4		1,2		1,2		8,8	

Selekcija potrošnje kombinata »Jugoplastika«

Tablica 7

Kategorija	Vrsta potrošnje	Struktura opterećenja			
		Normalni pogon		Moguće uštede	
		MW	%	MW	%
I.	1. Pogon	1,08	54,2	0,04	3
	2. Kompresor. stanica	0,20	10		
	3. Kotlovnica teh. pare	0,02	1		
	4. Teretna dizala	0,04	1,8		
	Ukupno	1,34	67		
II.	Rasvjeta	0,6	30	0,2	30
III.	Kuhinja	0,06	3	0,06	100
	Ukupno	2	100	0,3	15
GWh	Energija	10		5	

Praktički rezultati ankete o mogućnosti racionalizacije industrijskih potrošača u razdoblju energetske krize

Tablica 8

Naziv potrošača	Kategorija potrošnje	Struktura ukupnog konzuma			Moguće smanjenje racionalizacijom		
		%	MW	GWh	%	MW	GWh
1. Dalmacijacement«	I.	50	13,8	79	—	—	—
	II.	45	12,4	71	45 (dan)	12,4 (dan)	71 (noć)
	III.	5	1,4	8	5	1,4	8
	ukupno	100	27,6	158	50	13,4	79
2. Brodogradilište »Split«	I.	70	5,86	16,8	—	—	—
	II.	15	1,26	3,6	15	1,26	3,6
	III.	15	1,26	3,6	15	1,26	3,6
	ukupno	100	8,38	24	30	2,52	7,2
3. Kombinat »Jugo« plastika«	I.	67	2	8,7	3	0,6	0,26
	II.	30	0,9	3,9	30	0,9	3,9
	III.	3	0,09	0,39	3	0,39	0,39
	ukupno	100	3	13	35	1,89	4,55
4. »Dalmastroj«	I.	100	1	2	—	—	—
	II.	—	—	—	—	—	
	III.	—	—	—	7	0,07	0,07
	ukupno	100	1	2	7	0,07	0,074
Ukupno	I.	56,5	22,66	106,5	1,5	0,6	0,26
	II.	36	14,56	78,2	35	14,16	78,5
	III.	7,5	2,75	11,96	7,8	3,12	12,6
	ukupno	100	40	196,76	44,3	17,88	89,36

čnog grijanja uredskih prostorija, na koje otpada 70 kW ili 7% opterećenja i potrošnje od 70 MWh ili 3,5% potrošnje poduzeća.

Na temelju anketnih podataka iz tablica 6, 7 i 8, praktičke mogućnosti ušteda anketiranog dijela industrijskih potrošača iznose, kao što je pregledno navedeno u tablici 8.

Podaci iz tablice 8. pokazuju:

— Kad bi industrija cementa raspolagala dovoljnim kapacitetima mlinova za mljevenje sirovine cementa, onda bi kod anketiranog dijela potrošnje bile moguće uštede od oko 17 MW ili 44% opterećenja i 89 GWh ili 45% potrošnje industrijskih potrošača.

— U sadašnjoj situaciji, ako isključimo iz anketiranih podataka dio potrošnje i opterećenja industrije cementa, zbog specifičnih okolnosti rada, ipak ostaje kod ostalih industrijskih potrošača mogućnost ušteda u specijalnim uvjetima u prosjeku od 15—30% snage i 10—25% energije, ovisno o tehnološkom procesu.

3.2. Praktičke mogućnosti racionalizacije potrošnje električne energije kućanstva

Na konzum kućanstva »Elektrodalmacije« — Split, još uvijek otpada više od 30% ukupne distributivne potrošnje, koja se s obzirom na iznos spicifičnog opterećenja i potrošnje može podijeliti na 3 zone:

1. Zona: Split — gradsko područje
2. Zona: Obalni dio i otoci
3. Zona: Zagorski dio područja,

s iznosima specifične potrošnje:

1. Zona: 3000 kWh/kućanstvu
2. Zona: 1500 kWh/kućanstvu
3. Zona: 1000 kWh/kućanstvu

Na području 1. zone sa svega 10,5% ukupne površine koncentriran je najveći broj kućanstva, oko 45 %,na koje otpada više od 65% potrošnje kućanstva i oko 28.000 ili više od 35% dvotarifnih brojila.

Na područje 2. zone, koja obuhvaća dio površine oko 48% ima 33% kućanstva na koje otpada svega oko 24% potrošnje, na području 3. zone sa 41,5% površine ima samo 21% kućanstva, i oko 11% ukupnog konzuma kućanstva do danas, ugrađeno je tek oko 3.000 ili svega 4% dvotarifnih brojila, od kojih oko polovine otpada na direktne potrošače.

Prema tome je racionalizaciju potrošnje el. energije u vrijeme planiranih manjkova praktički

moguće provesti samo na području novih stambenih naselja u Splitu s oko 20.000 stanova, čija godišnja potrošnja iznosi oko 100 milijuna kWh ili oko 40% ukupne potrošnje kućanstva, čime je obuhvaćeno tek oko 15% od ukupnog broja kućanstva.

Na području nove stambene izgradnje u Splitu već je postignut relativno visoki stupanje elektrificiranosti kućanstva, u prosjeku 60% od maksimalno mogućeg s obzirom na sadašnje stanje proizvodnje kućanskih aparata, posebno osnovnih kućanskih aparata kao što su na primjer:

— električni štednjak, hladnjak, televizor, bojler i stroj za pranje rublja, u prosjeku 96%,
— ostali mali kućanski aparati u prosjeku znatno niže, oko 35%.

Ova kućanstva u vrijeme redukcije električne energije karakterizira:

— velika osjetljivost na iskapčanje zbog toga što električna energija predstavlja osnovi i najčešće jedini oblik energije, i

— mogućnost relativno velikih ušteda smanjenjem snage žarulje na 40W, orijentacijom kod kupanja na tuširanje, čime se smanjuje potrebna količina električne energije za oko 2/3, zabranom električnog grijanja, ugradnjom u stanove kombiniranih štednjaka (50% plin + 50% elektrika) te prebacivanjem dijela dnevne potrošnje u sate niže tarife u prosjeku po jednom domaćinstvu, kao što je navedeno u tablici 9.

Kod većeg broja stanova novih stambenih naselja u Splitu električne instalacije su izvedene tako da je moguća ugradnja i normalno funkcioniranje uređaja MTK i upravljanje dijelom termičkih trošila s odgovarajućim efektima mogućih ušteda, kao što je navedeno u tablici 9.

Za ostali dio na koji otpada oko 80% postojećih kućanstva i oko 60% potrošnje električne energije na području stare gradske jezgre, prigradskih naselja i područja seoske elektrifikacije nema tehničke mogućnosti štednje, već se ograničenje potrošnje i dalje može provoditi jedino disciplinom potrošača, iskapčanjem, redukcijom ili odgovarajućom cijenom električne energije.

3.3. Praktičke mogućnosti štednje i racionalizacije kod ostale potrošnje na 0,4 kV

Ova grupa distributivnih potrošaća iza kućanstva ima najrazličitiju vrstu potrošača, na koju otpada u cjelini oko 10% ukupne distributivne potrošnje i oko 7,5% od ukupnog broja distributivnih potrošača. Praktički se mogu podijeliti u dvije osnovne kategorije:

Na potrošače 0,4 kV manje snage napajane iz mreže 0,4 kV, i

potrošače 0,4 kV veće snage napajane iz vlastitih TS 10/0,4 kV.

3.3.1. Racionalizacija potrošnje manjih distributivnih potrošača na 0,4 kV

Na ovu kategoriju malih potrošača 0,4 kV otpada na području DISTRIBUCIJE SPLIT oko 9.575 ili više od 98% ostale potrošnje na 0,4 kV, od čega na Split oko 3.810 ili 40%, što sačinjavaju:

— manje trgovine 45%
— zanatstvo 11%
— društveno-političke institucije 3%
— školstvo, zdravstvo, kultura i fizička kultura 30%,

s odgovarajućom strukturom opterećenja i potrošnje električne energije i mogućnostima uštede, kao što je navedeno u tablicama 10, 11 i 12.

Selekcija električnih trošila i moguće uštede električne energije kućanstava nove stambene izgradnje uz primjenu MTK

Tablica 9

Vrsta potrošnje		Moguće uštede za vrijeme redukcije električne energije								Stanje u vrijeme normalne opskrbe električne energije			
		Sa plinom				Bez plina							
		Potrošnja		Opterećenje		Potrošnja		Opterećenje		Potrošnja		Opterećenje	
		kWh	%	W	%	kWh	%	W	%	kWh	%	W	%
1. Rasvjeta	Rasvjeta, TV, hladnjak i ostala trošila	115	50	290	50	115	50	290	50	230	26	576	26,6
2. Sitna el. trošila		—		—		—		—		876	26	3.290	26,6
Ukupno		115	10,4	290	7,5	115	10,4	290	7,5	1.106	26	3.866	26,6
1. Bojler	Termička trošila	500	67	1.500	100	500	67	1.500	100	750	74	1.500	74,4
2. Štednjak		700	74	3.300	50	—		—		945	74	6.300	74,4
3. Stroj za pranje rublja		150	50	2.030	100	150	50	2.030	100	306	74	2.030	74,4
4. Električno grijanje		1.000	100	1.000	100	1.000	100	1.000	100	1.000	74	1.000	74,4
Ukupno		1.350	78	7.830	72	2.806	93	4.530	42	3.001	74	10.830	74,4
Sveukupno		1.465	58	8.120	56	1.765	41	4.820	34	4.207	100	14.500	100

3.3.2. Racionalizacija potrošnje većih distributivnih potrošača na 0,4 kV

U ovu grupu većih distributivnih potrošača na 0,4 kV na području distribucije SPLIT, otpada oko 172 ili oko 2%, ostale potrošnje na 0,4 kV, od čega na Split otpada 70 potrošača ili oko 40% ove kategorije u koju spadaju uglavnom:

— bolnice
— fakulteti i srednje škole
— hoteli i turistička naselja
— robne kuće
— banke, veće uredske zgrade, itd.,

s odgovarajućom strukturom opterećenja i potrošnje, kao što je navedeno u tablici 13.

Na temelju izvršene ankete u specijalnim uvjetima planiranih manjkova električne energije, moguće su uštede i racionalizacija potrošnje potrošača ove kategorije kako slijedi:

Bolnice, koje, iako spadaju u grupu važnijih i prioritetnih potrošača, uz slijedeću selekciju potrošnje:

a) rasvjeta:

— bolnička soba na 50%
— uredske sobe na 30%
— pregledi na 80%
— operacione sobe na 100%
— komunikacije na 15%.

Struktura potrošnje i moguće uštede električne energije u trgovinama prehrambenih proizvoda (u %)

Tablica 10

Vrsta	Struktura potrošnje u %				Moguće uštede u %
	Rasvjeta	Klima i ventilacija	Ostalo	Ukupno	
1. Kruh i pecivo	40	10	40	100%	40
2. Delikatese	84	14	—		74
3. Voće i povrće	40	10	40		40
4. Mesnice	26	4	70		13
5. Duhan, tisak	44,5	11	44,5		86
6. Vino	28	14	57		34
7. Mliječni proizvodi	22	11	67		26
8. Suhomesnati proizvodi	27	7	64		15

Struktura potrošnje i moguće uštede električne energije u trgovinama neprehrambenih proizvoda (u %)

Tablica 11

Vrsta	Struktura potrošnje u %				Moguće uštede u %
	Rasvjeta	Klima i ventilacija	Ostalo	Ukupno	
1. Trgovina obuće	86	14	—	100%	74
2. Trgovina konfekcije	86	14	—		74
3. Kućni strojevi i oprema	22	11	67		26
4. Metalna roba	67	33	—		80
5. Plastični proizvodi	80	20	—		76
6. Staklo	58	14	28		82
7. Knjižara i papirnica	80	20	—		76
8. Boutique za obuću	86	14	—		74
9. Boutique za tekstil	86	14	—		74

Struktura konzuma i moguće uštede električne energije u ugostiteljskim i ostalim uslužnim radnjama (u %)

Tablica 12

Vrsta	Struktura potrošnje u %				Moguće uštede u %
	Rasvjeta	Klima i ventilacija	Ostalo	Ukupno	
1. Kozmetički salon	46	8	46	100%	40
2. Frizer	34	6	60		30
3. Krojač	10,5	5,5	84		6
4. Kemijske čistionice	50	50	—		85
5. Postolari	30	15	55		35
6. Zanatski lokali	22	11	67		25
7. Fina mehanika	36	10	54		35
8. TV i radio servisi	50	25	25		60
9. Kavane	40	10	50		40
10. Restauracije	34	10	56		30
11. Gostionice	52	43	5		80
12. Caffe, bar	26	70	4		90
13. Točionice bezalkohol. pića	80	—	20		50
14. Disko klubovi	26	70	4		88

b) aparati:

— sterilizacija, centralna, na 40%, ostalo na 20%
— rentgen na 25% ili najmanje 1 aparat
— zubno na 20%
— operacioni trakt 60% (bar dvije sobe)
— šok sobe 90%
— prva pomoć 60%
— prijem bolesnika 30%
— ATD 20%
— fizikalna rehabilitacija 20%

c) prateći objekti:

— kotlovnica 50%
— praonica 40%

Struktura opterećenja i potrošnje električne energije važnijih potrošača ostale potrošnje na 0,4 kV

Tablica 13

Vrsta potrošnje	Struktura opterećenja i potrošnje u %			
	Rasvjeta	Klima i ventilacija	Ostalo	Ukupno
1. Bolnice	17	37,5	46	100
2. Fakulteti	20	—	80	100
3. Srednje škole	65	—	35	100
4. Hoteli	61	12	27	100
5. Robne kuće	35	10	55	100
6. Banke	85	15	—	100
7. Uredske zgrade	40	10	50	100

— kuhinja 50%
— radionice na 20%.

Moguće su uštede u razdobljima nedostatka električne energije, kao što je navedeno u tabl. 14.

Osnovni elektroenergetski pokazatelji bolnice i uštede električne energije u razdoblju ograničene potrošnje (Split)

Tablica 14

Veličina		U normalnim uvjetima opskrbe	U vrijeme ograničenja potrošnje	
			Iznos	%
Opterećenje u kW	Ljeto	850	300	35
	Zima	420	113	27
Potrošnja u GWh		1,2	0,37	31
Specifično opterećenje	W/bolesn.	900	315	35
	W/m²	35	10	27
Moguće uštede	Optereć.	60% ljeti	73% zimi	
	Potrošnja	oko 70%		

HOTELI, na temelju selekcije potrošnje, kao što je navedeno u tablici 15.

ROBNE KUĆE, na temelju selekcije potrošnje, kao što je navedeno u tablicama 16, 17 i 18.

Na temelju rezultata izvršene ankete o mogućnosti uštede potrošnje električne energije u specijalnim uvjetima, čiji su rezultati navedeni u tablicama 10—18 proizlazi:

Osnovni elektroenergetski podaci i moguće uštede potrošnje električne energije hotela u vrijeme ograničenja potrošnje

Tablica 15

Vrsta potrošnje	Normalni uvjeti rada			U vrijeme manjka električne energije		
	Opterećenje		Korištenje plina u %	Opterećenje		Korištenje plina u %
	kW	%		kW	%	
1. Kuhinja	90	6,66	25	20	1,35	70
2. Klima, Vent.	180	12	—	60	4	—
3. Kotlovnica	97	6,5	—	20	1,35	
4. Dizala	78	5,2	—	30	2	
5. Praonica	84	5,6	—	25	1,67	
6. Hladnjača	45	3	—	45	3	
7. Rasvjeta	915	61	—	60	4	
Ukupno:	1.500	100 %	25	260	17,36	70 %
Specif. opter. W/ležaju	1.250	100	—	216	17,3	—
Od toga mreža	1.250	100	—	140	9	—
Od toga Agreg.	—	—	—	120	8	—
Moguće uštede				1.240	83	

Osnovni elektroenergetski pokazatelji i moguće uštene potrošnje električne energije salona namještaja u vrijeme redukcije

Tablica 16

Vrsta potrošnje		Opterećenje									
		Ukupno (kW)		Normalni uvjeti				Redukcija			
				Zima		Ljeto		Zima		Ljeto	
		kW	%	kW	%	kW	%	kW	%	kW	%
Opterećenje kW	Rasvjeta	97,6	41,5	97,6	25	97,6	15	36	87	37	37
	Klima i ventilacija	120,5	51,2	—	—	120,5	55	—		30,5	25
	Kotlovnica	17	7,3	17	15	—	—	17	100	—	—
	Ukupno	234,5	100	114,6	100	217,5	100	53	46	66,5	31
Potrošnja GWh				297.000			100	110.000			37
Moguće uštede	Opterećenje			297.000			100	151 kW ili 70%			
	Potrošnja			187.000 kWh ili 63%							

Selekcija opterećenja i moguće uštede potrošnje električne energije u jednom srednjem projektnom uredu

Tablica 18

Vrsta trošila	Normalna opskrba		Minimalni zahtjevi		Uštede	
	kW	%	kW	%	kW	%
1. Rasvjeta	8	14,8	4	50	4	50
2. Ostalo (aparati)	6	11,2	3	50	3	50
3. Direktno el. grijanje	40	74	0,5	1,25	39,5	98,75
Ukupno	54	100 %	7,5	14	46,5	86
Specifično opterećenje W/m²	270	100 %	37,5	14	233	86

Selekcija opterećenja i moguće uštede električne energije u vrijeme redukcije u trgovačko-poslovnom objektu

Tablica 17

	Vrsta trošila	Struktura opterećenja					
		Normalno		Minimalni zahtjev		Uštede	
		kW	%	kW	%		%
1. TRGOVAČKI DIO	1. Klima	400	56	40	10	360	90
	2. Eskalatori	21	3			21	100
	3. Dizala	34	5	16	47	16	50
	4. Podni razvod	20	3			20	100
	5. Rasvjeta	100	13	30	30	70	70
	6. Svečana rasvjeta	50	7			50	100
	7. Efekt. rasvjeta	79	10			70	100
	8. Rasvjet. pasaža	20	3	2		18	90
	9. Ukupno	695	100%	88	12,6	607	87,4
	Specif. opt. W/m²	100	100%	13,5	13,5	86,5	86,5
	Potrošnja GWh	1,4		0,19	13,5	1,21	
2. POSLOVNI DIO	1. Rasvjeta	120	81,5	36	30	84	70
	2. Računski strojevi	15	10,2	15	100		
	3. Klima, vent., grijanje	12	8,3			12	100
	Ukupno	147	100%	51	35%	96	65%
	Specif. opt. W/m²	42		14,5		27,4	
	Potrošnja GWh	0,147		0,0512		0,0955	
UKUPNO	Opterećenje	842	100%	139	16,5	703	83,5
	Potrošnja GWh	1,547	100%	0,2412	15,5	1,3	84,5
	Specifično opterećenje	84	100%	14	16,5	70	83,5

Pregled mogućih ušteda potrošnje električne energije ostale potrošnje na 0,4 kV u specijalnim uvjetima

Tablica 19

	Vrsta potrošača	Moguće uštede u % ukupno
1. Manji potrošači na 0,4 kV	1.1 Trgovine hranom	15—86
	1.2 Trgovine ostalim	80
	1.3 Uslužne djelatnosti	30
	1.4 Ugostiteljstvo	80
	1.5 Manji servisi	60
	1.6 Uredske prostorije	30—70
	1.7 Zanatstvo	30
	1.8 Kavane	40
	1.9 Ostalo	30—70
2. Veći potrošači na 0,4 kV	2.1 Hoteli	83
	2.2 Bolnice	70
	2.3 Robne kuće	60—84
	2.4 Uredi	86
	2.5 Banke	65
	2.6 Saloni	60

— Kod ove grupe distributivnih potrošača, moguće su maksimalne uštede potrošnje električne energije, (u %), u ukupnoj strukturi distributivne potrošnje ili pojedinačno, kao što je navedeno u tablici 19.

— Iako je, (u postocima), učešće ove grupe potrošnje u ukupnoj distributivnoj potrošnji relativno malo, tek 10—20%, zbog velikog postotka mogućih ušteda u specijalnim uvjetima, predstavljaju značajnu stavku smanjenja potrošnje, koja može iznositi čak od 8—16% ukupne distributivne potrošnje.

— Praktična provedba štednje kod ove grupe distributivne potrošnje povezivanja s određenim organizacionim poteškoćama, zbog stanja postojećih instalacija koje nisu izvođene za mogućnost brže selekcije rasvjete i ostalih manje važnih trošila.

4. Praktički rezultati o utjecaju tarifa i cijena električne energije na razvoj strukture distributivnog konzuma u specijalnim uvjetima

Poznato je, da različiti potrošači različito reagiraju na povećanje cijena električne energije, posebno na onaj dio tarife predviđene za stimuliranje štednje i racionalizaciju potrošnje, jer to ovisi o više različitih faktora, kao npr. o:

— ekonomskom značenju troškova električne energije i stupnju elektrificiranosti potrošača,

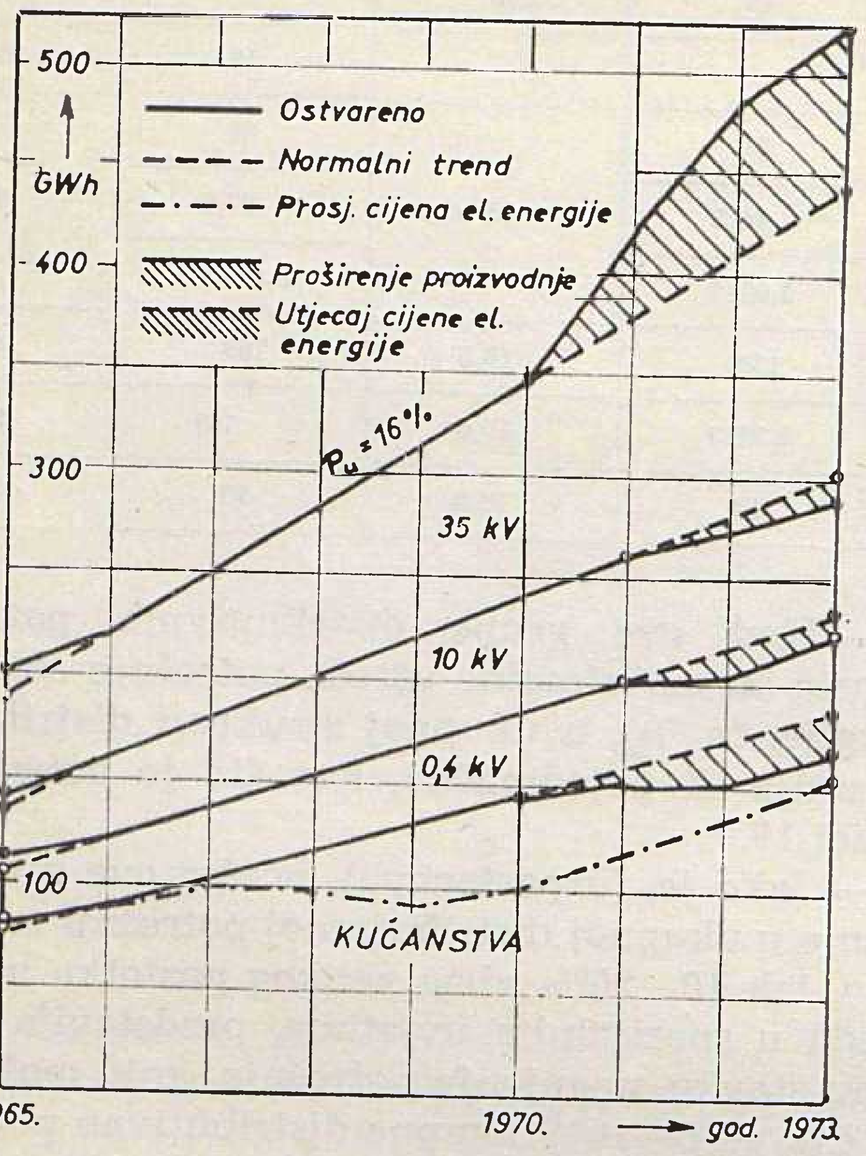
— mogućnosti upotrebe i cijene ostalih oblika energije,

— klimatskim prilikama, komforu, navikama i upućenosti potrošača, propagandi, itd.

Ilustracije radi, navode se praktički rezultati o utjecaju povećanja cijene električne energije na razvoj strukture distributivnog konzuma na područjima s različitim stupnjem elektrificiranosti i različitom strukturom distributivnog konzuma, kao što je npr. područje distribucije Split. Na ovom području, kao što je već ranije rečeno, s obzirom na strukturu konzuma i stupanj elektrificiranosti, odnosno iznos specifične potrošnje kućanstva, razlikujemo 3 osnovne zone i to:

— Grad Split
— Obalni pojas i otoci
— Zagora,

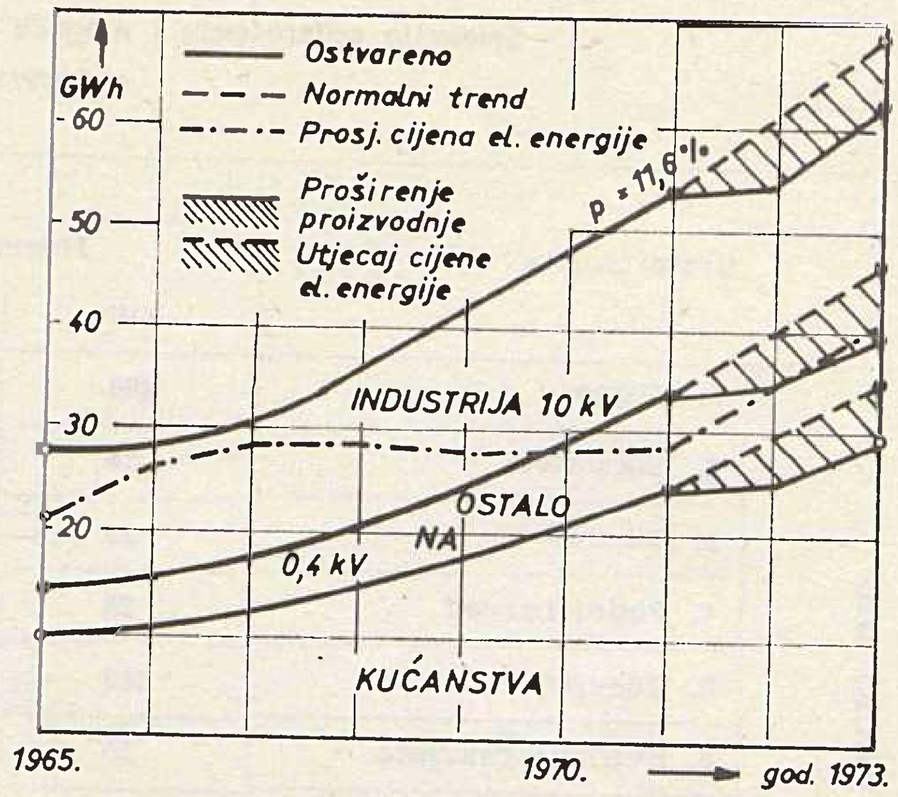
kod kojih je utjecaj povećanja cijene električne energije na razvoj strukture distributivne potrošnje iznosio, kao što je to grafički prikazano na slici 2, 3 i 4.



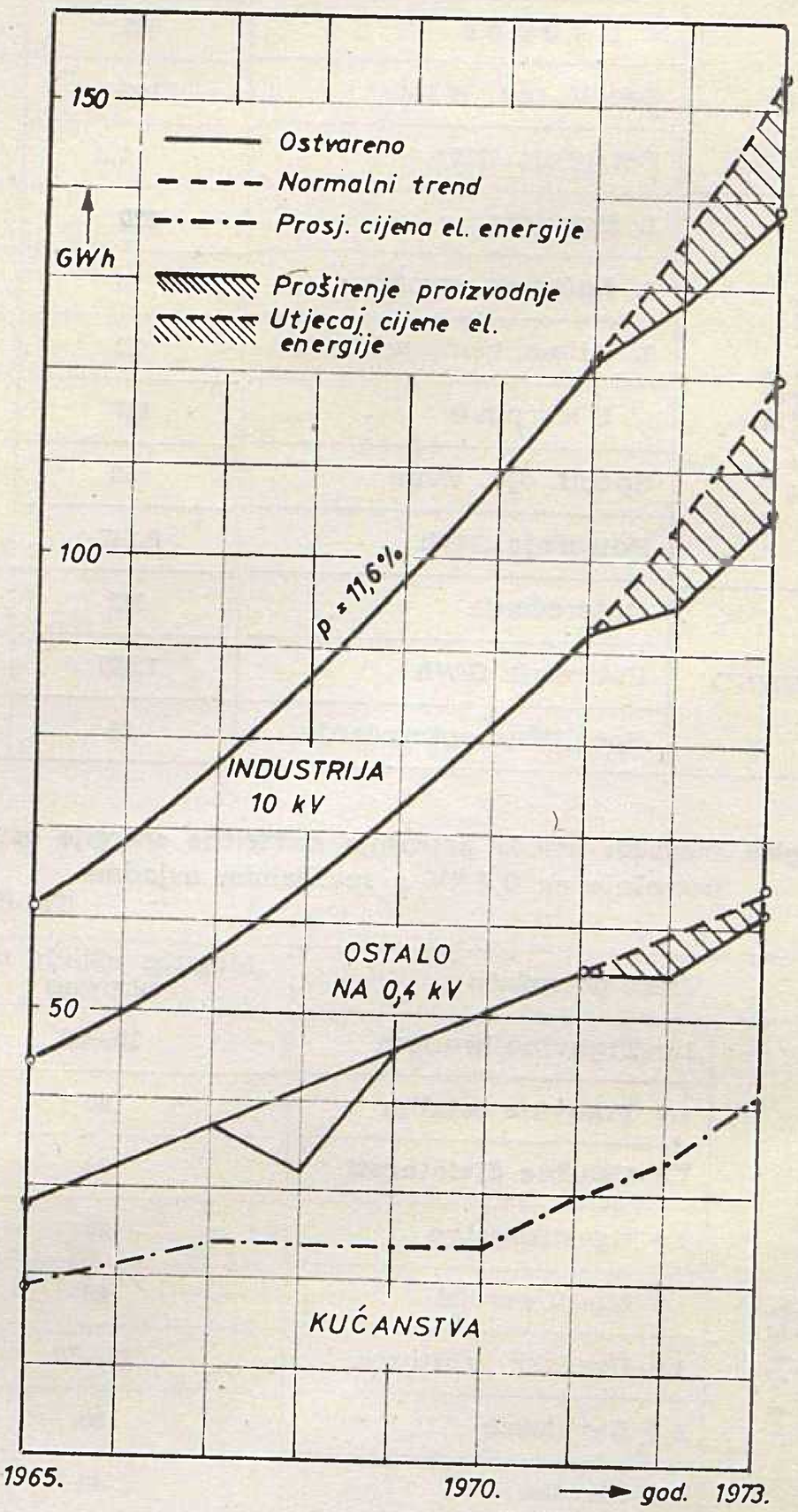
Sl. 2. Utjecaj cijene na razvoj potrošnje el. energije Splita (I zona)

Bolji uvid u kvantitativne iznose smanjenja potrošnje električne energije nekih kategorija, dobit ćemo, ako se posebno prikaže trend razvoja potrošnje pojedinih grupa distributivnih potrošača, kao što je to u usporedbi s porastom cijene električne energije, za Split, kao najvažniji dio distributivnog konzuma promatranog područja grafički prikazano na slici 5, ili za konzum kućanstvo, kao najosjetljiviji dio distributivne potrošnje za sve 3 zone, kao što je prikazano na slici 6.

Ukupno smanjenje potrošnje električne energije, zbog povećanja cijena u protekle tri godine u pojedinim dijelovima promatranog konzumnog područja i po kategorijama potrošača je iznosilo, kao što je navedeno u tablici 20.



Sl. 3. Utjecaj cijene na razvoj potrošnje el. energije Zagore (III zona)

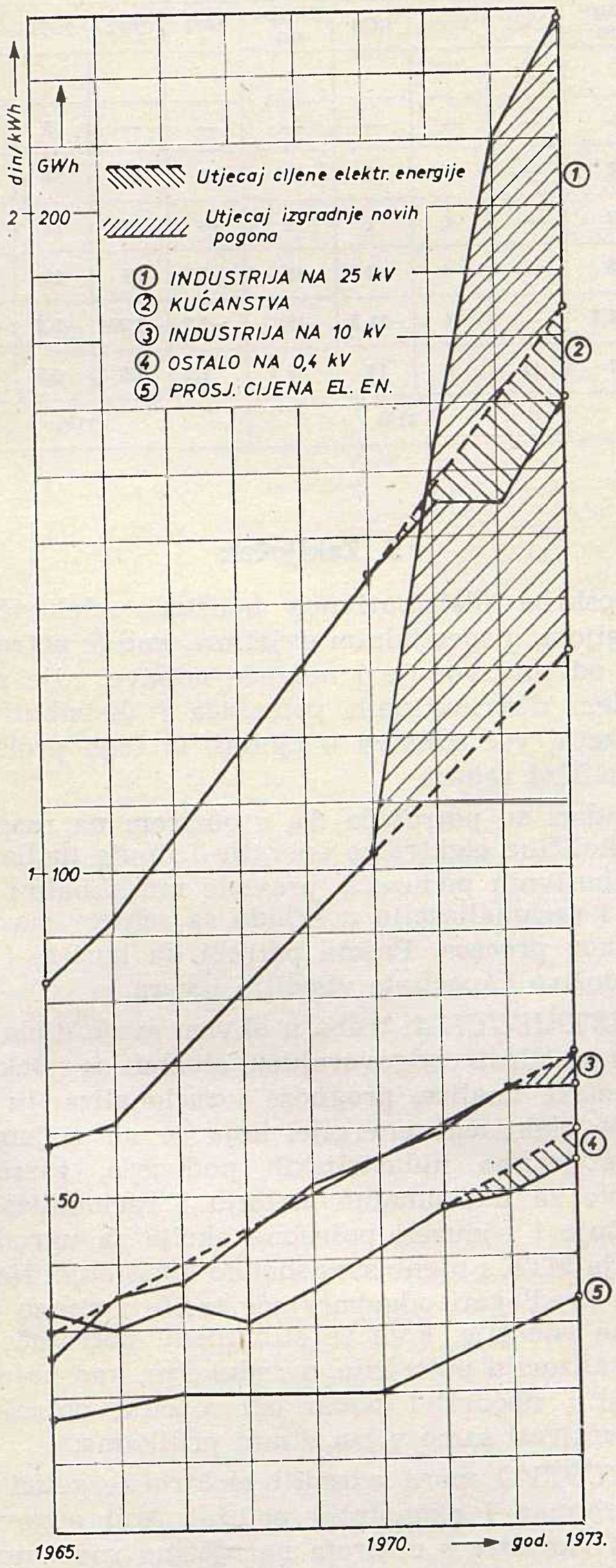


Sl. 4. Utjecaj cijene na razvoj potrošnje el. energije obalnog dijela i otoka (II zona)

Ovi podaci pokazuju:

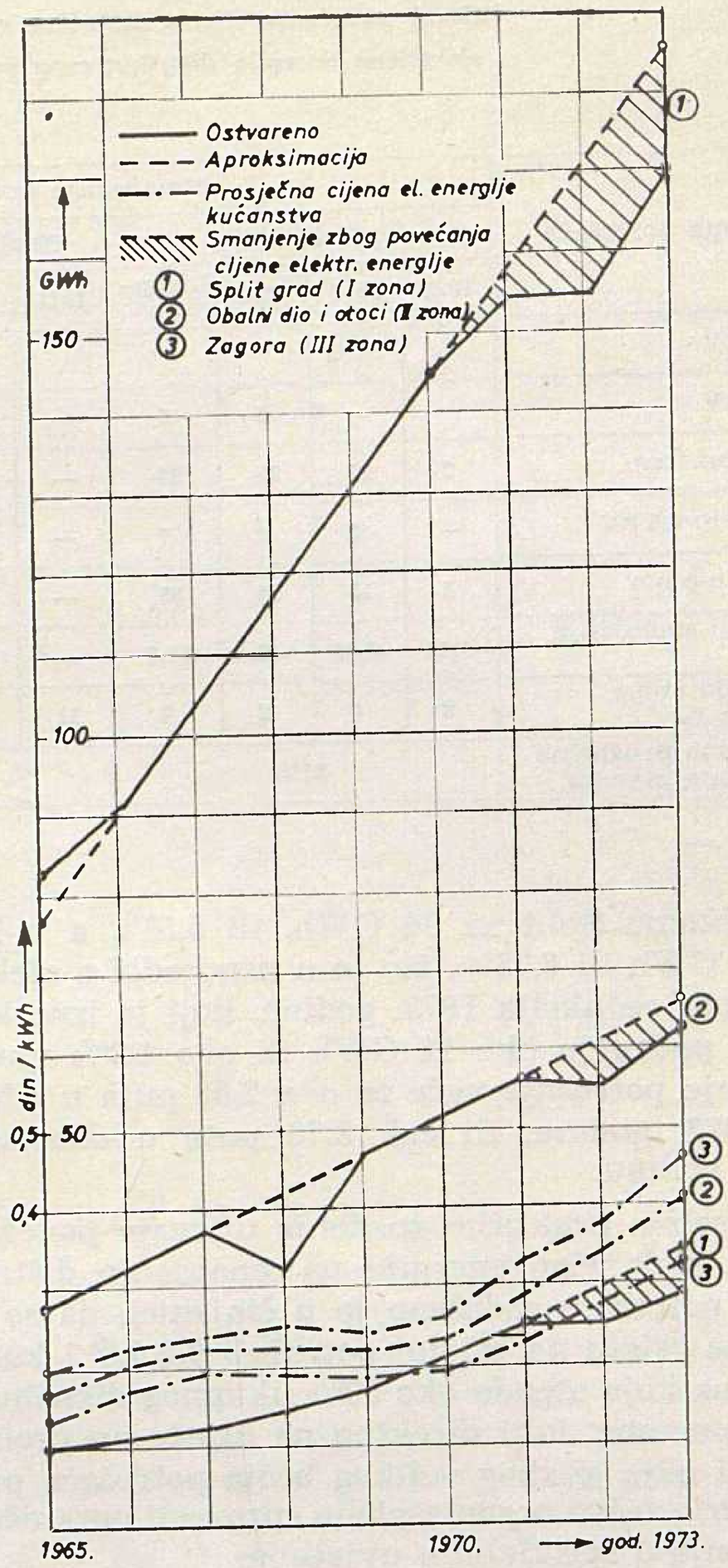
— U razdoblju promatranog smanjenja potrošnje električne energije zbog povećanja cijene, nije

se bitno smanjio broj novoprikljućenih potrošača u odnosu na raniji trend. Praktički, u cijelosti, samo za 1%, ili po grupama najviše industrije na 10 kV — 8%, zatim kućanstvo za — 1,5%, a ostala potrošnja, na 0,4 kV čak za + 1%.



Sl. 5. Utjecaj porasta cijena el. energije na strukturu distr. konzuma Splita

— U ukupnoj strukturi distributivnog konzuma, najveći utjecaj povećanja cijena imalo je na ostalu potrošnju 0,4 kV za — 21,7%, zatim kućanstvo za — 19,2%, industrija 10 kV za — 3% ili 2,67 puta manje od smanjenja priključka novih potrošača. Zatim industrija 35 kV povećanje čak za 1,3 puta, ili ukupno u protekle 3 godine, bez industrije 35 kV, smanjenje za 63 GWh ili — 12%.



Sl. 6. Utjecaj cijene el. energije na konzum kućanstva različite specifične potrošnje

— Najveće smanjenje ukupne distributivne potrošnje u postocima, zbog povećanja cijena bilo je u Zagori za — 19%, zatim na obalnom pojasu i otocima za 16,2%, a najmanje na području grada Splita za — 11,7%, ili ukupno za — 12%.

— Kod kućanstva najveći iznos smanjenja u postocima je bio u zagorskom dijelu čak — 18%, kao posljedica loše socijalne strukture, zatim na području grada zbog relativno velike stavke troškova električne energije u ukupnim troškovima stanovništva, koji iznosi do 10% i više, a najmanji na obalnom dijelu i otocima zbog povećane potrošnje električne energije u ljetnim mjesecima radi opskrbe turista u privatnom smještaju.

— Komercijalni turizam, posebno onaj u jadranskom području zbog lošeg ekonomskog stanja pojedinih hotela, poduzima značajne akcije radi smanjenja godišnje potrošnje, čak i do 80%, što se posebno vidi na dijagramu u slici 4.

Na temelju ovih podataka vidljivo je, da je povećanje cijene električne energije samo neznatno uvjetovalo pad potrošnje u 1972. god. na području

Utjecaj povećanja cijene električne energije i smanjenje izgradnje na smanjenje potrošnje električne energije distributivnog područja Split u razdoblju od 1970. do 1973. godine

Tablica 20

Grupa potrošača	Smanjenje potrošnje po pojedinim područjima i godinama u GWh															
	Grad Split				Obalni pojasi i otoci				Zagora				Ukupno			
	1971	1972	1973	Ukupno	1971	1972	1973	Ukupno	1971	1972	1973	Ukupno	1971	1972	1973	Ukupno
1. 35 kV																
2. 10 kV		—	5	5	—	—		—	—	—	—	—	—	—	5	5
3. Kućanstva	3	15	15	33	—	6	2	8	—	5	6	11	3	26	23	52
4. Ostalo 0,4 kV	—	3	4	7	—	4	13	17	—	1	1	2	—	8	18	26
Ukupno	3	18	24	35	—	10	15	25	—	6	7	13	3	34	46	63
Ukupno smanjenje u %	−1,15	−6,55	−8,4	−11,7	—	7,8	−10,8	−16,2	—	11	−11,5	−19	−0,7	−7,35	−9,6	−12
Godišnja stopa porasta %	8	6	3	7	11	5	9	7	11	0	13	6,5	7,5	4,5	6,5	6,7
Normalna prosječna god. stopa porasta	11%				11%				11%				11%			

distribucije Split za 34 GWh, ili 5,5%, a u 1973. za 46 GWh ili 6,75%, što je u usporedbi s efektom ukupnih redukcija 1973. godine, koji je iznosio na istom području oko 12 GWh ili oko 1,8% ukupne godišnje potrošnje veće za oko 2,85 puta u odnosu na 1972. godinu, ili čak 3,75 puta u odnosu na 1973. godinu.

Posebno praktičko značenje utjecaja povećanja cijena električne energije na smanjenje distributivne potrošnje sadržano je u činjenici, da se ovo najviše osjeća na ostaloj potrošnji 0,4 kV i kućanstvu, na koje otpada oko 50% ukupnog distributivnog konzuma, koji direktno ne utječe na proizvodnju, i gdje je zbog velikog broja potrošača praktički vrlo teško organizaciono sprovesti ograničenje potrošnje u specijalnim uvjetima.

Rezultati prethodne analize pokazuju također, da je industrija priključena na 10 kV i 35 kV praktički još uvijek neosjetljiva na povećanje cijene električne energije, pa je tendencija razvoja potrošnje u ovom razdoblju imala upravo obrnuti efekat.

Na temelju ovih rezultata, automatski proizlazi najefikasniji društveno i ekonomski najsvrsishodniji praktički način provedbe ograničenja potrošnje električne energije distributivnih načina i to:

— Kod industrijskih potrošača kojih u pravilu nema mnogo, npr. na području distribucije Split 77 ili 0,06%, na koje otpada oko 50% distributivne potrošnje izradom odgovarajućih planova štednje i racionalizacije, u ovisnosti o vrsti tehnološkog procesa bez smanjenja proizvodnje, i

— Kod kućanstva i ostale potrošnje na 0,1 kV odgovarajućim tarifama i cijenama električne energije, te ugradnjom uređaja MTK radi mogućnosti racionalizacije, ne samo u specijalnim, već isto tako i u normalnim uvjetima opskrbe, radi postizanja boljih obostranih i zajedničkih ekonomskih efekata.

5. Zaključak

Opskrba distributivnog konzuma električnom energijom, u specijalnim uvjetima, kad je potrošnja veća od proizvodnje i moguće nabave, nije samo problem distributivnih potrošača i distributivnih poduzeća, već društva u cjelini, iz čega proizlaze i specifični zadaci.

Zadaci su potrošača da, s obzirom na raspoložive količine električne energije i upute nadležnih distributivnih poduzeća, provode maksimalnu štednju i racionalizaciju u skladu sa zahtjevima tehnološkog procesa. Prema potrebi da koriste i sve raspoložive kapacitete vlastitih izvora.

DISTRIBUCIJA, treba u okviru svoje djelatnosti organizirati odgovarajuću službu za elektroenergetske analize, prognoze i racionalizaciju potrošnje električne energije, koja će na vrijeme s energetičarima industrijskih poduzeća, razraditi planove za maksimalnu štednju i racionalizaciju potrošnje i poduzeti potrebne akcije za ugradnju uređaja MTK i njeno svrsishodno korištenje. Nadalje će predlagati odgovarajuće tarife i cijene električne energije, koje će stimulirati potrošače na racionalizaciju potrošnje, a redukciju, kao najneugodniji i neodrživi način ograničenja potrošnje, primjenjivati samo u izuzetnim prilikama.

DRUŠTVO mora odrediti elektroenergetici takav tretman i ekonomski položaj, koji odgovara njenoj važnosti, s obzirom na njezino značenje za gospodarski razvoj, standard stanovništva i korištenje kulturnih i ostalih tekovina moderne civilizacije. U specijalnim uvjetima, kada zbog različite strukture konzuma provedba ograničenja potrošnje pojedina poduzeća i potrošače dovodi u neravnopravan ekonomski položaj, donositi odgovarajuće mjere ekonomskog stimuliranja maksimalne štednje i racionalizacije radi osiguranja zajedničkog optimalnog razvoja.

Josip Nevešćanin, dipl. ing.
»Elektrodalmacija« — Split

ANALIZA STRUKTURE INSTALIRANIH KUĆANSKIH APARATA U DOMAĆINSTVIMA I MOGUĆNOSTI ŠTEDNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE PROMJENOM NAVIKA KORISNIKA KUĆANSKIH APARATA

Josip Moser, Zagreb

DK 621.316.1

1. Uvod

Govoriti o racionalnijoj potrošnji električne energije u kućanstvima u nas zahtijeva prije svega dobro poznavanje načina trošenja električne energije, a s tim u vezi i poznavanje strukture kućanskih aparata instaliranih u našim domaćinstvima. Kućanstva su značajan dio ukupne mase potrošača električne energije, a svojom brojnošću i pojavom na mreži znatno utječu na nužno opterećenje mreže. Po svom karakteru su kućanstva vrlo osjetljiva na restrikcije i prekide snabdijevanja, a ta je osjetljivost vezana jednako za financijske posljedice, kao i za gubljenje povjerenja u pouzdanost električne energije kao najpovoljnijeg oblika energije za potrebe domaćinstva.

S druge strane, distributer električne energije u normalnim situacijama nastoji stimulirati povećanje potrošnje električne energije, nastojeći da što racionalnije i sigurnije prenese energiju iz mreže prijenosa do potrošača. Samo u posebnim uvjetima krize, uvjetovane nedostatkom izvora za proizvodnju ili mreže za prijenos i razdiobu električne energije, dolazi do situacije da distributer mora destimulirati povećanje potrošnje, ili mora nastojati da potrošnju ili opterećenje održi na određenom, najčešće smanjenom nivou.

Prema tome, da bi mogli proučiti koje su mogućnosti štednje i racionalizacije električne energije u kućanstvima, potrebno je kućanstva promatrati kao skup trošila koja se slučajno i povremeno uključuju i isključuju u mreži. Kućanstva zato valja promatrati kao element koji ima definiranu strukturu kućanskih trošila i koji ta trošila prema potrebi uključuje na mrežu. Struktura instaliranih kućanskih aparata ovisi o životnom standardu, tržištu i mnogim drugim faktorima, a njihova upotreba ovisi o potrebama i navikama korisnika.

Svrha ovog članka je ispitivanje potrebe i navika potrošača električne energije u kućanstvima, da bi se mogle uočiti mogućnosti štednje promjenom navika korisnika, bilo prinudno ili bez prinude, distributera. Da bi ovo mogli ispitati, potrebno je proučiti strukturu instaliranih kućanskih aparata u kućanstvima i uočiti zakonitosti između strukture i potrošnje električne energije.

Ova ispitivanja strukture instaliranih trošila i njihove potrošnje obavljaju se na bazi anketa potrošača i prema metodama matematičke statistike, i to metodom diferenciranja za ocjenu strukture potrošnje električne energije u domaćinstvima i metodom statističkog ocjenjivanja faktora istodobnosti korištenja snaga kućanskih aparata i vršnog opterećenja kućanstva u mreži. Ove metode su obrađene u (lit. 1 i 2), i predstavljaju uobičajeni oblik obrade anketiranih kućanstava u Institutu za elektroprivredu u studijskoj jedinici za razdjelne mreže. U detalje ovih metoda nećemo se upuštati, niti ćemo iznositi sve dosad dobivene rezultate analiza provedenih posljednjih deset godina na obradi anketiranih kućanstava u Tuzli, Sisku, Puli, Karlovcu, Osijeku, Tenju, nekim selima u Slavoniji, Somboru, Varaždinu i drugdje. Umjesto toga navest ćemo one najzanimljivije i najvažnije podatke imajući u vidu i to, da su ovi rezultati jako podložni promjenama.

2. Struktura aparata i veličina instalirane snage u kućanstvima

U našim kućanstvima možemo susresti oko dvadesetak različitih kućanskih aparata, različite namjene. Kućanska trošila se mogu svrstati prema namjeni za:

1. — rasvjetu,
2. — kuhanje,
3. — pripremu tople vode,
4. — hlađenje namirnica,
5. — grijanje prostorija,
6. — pranje rublja i posuđa,
7. — motorne pogone u kućanstvima.

Ovih dvadesetak kućanskih aparata može imati različite priključne vrijednosti, što ovisi o proizvođačima kućanskih aparata. Međutim, moguće je definirati prosječnu priključnu vrijednost. Prema namjenama radi se o slijedećim grupama trošila:

1.	Trošila za rasvjetu i razna sitna trošila:	
	rasvjeta ukupno	1.000 W
	radio aparat	50 W
	televizor	200 W
	glačalo	1.000 W
	usisač prašine	200 W
	laštilica za parkete	200 W
	razna mala trošila	150 W
2.	Trošila za kuhanje i pripremu hrane:	
	štednjak s pećnicom	6.300 W
	kuhalo	800 W
	el. lonac	1.200 W
	mikseri	500 W
3.	Trošila za pripremu tople vode:	
	bojler u kupaonici	1.500 W
	bojler u kuhinji	1.200 W
4.	Trošila za hlađenje namirnica:	
	hladnjak	120 W
	sanduk za duboko smrzavanje	250 W
5.	Trošila za grijanje prostorija:	
	termo-akumulacione peći	od 1.500 W do 6.000 W
	grijalice	od 1.000 W do 3.000 W
	infragrijač	1.200 W

6. Trošila za pranje rublja i posuđa:

stroj za pranje rublja	2.300 W
stroj za pranje posuđa	2.500 W
centrifuga	100 W

7. Trošila za motorne pogone u kućanstvima:

hidrofor	1.100 W
sječkalice (na selima)	1.500 W
šivaći stroj	200 W

Osim ovih trošila mogu se susresti još i trošila koja nismo spomenuli. Prema tome moguće je u mreži susresti domaćinstva koja imaju ukupnu instaliranu snagu od 50 W do 30.000 W. Kolika će biti instalirana snaga ovisi o broju članova kućanstva, o životnom standardu ukućana, o veličini i komfornoj opremljenosti stana, o vrsti primjene električne energije, kao i mogućnosti korištenja nekih drugih oblika energije.

Promatramo li dovoljno reprezentativan skup kućanstva kao što su npr. bila 1362 domaćinstva u Tuzli 1973. godine, možemo za cijeli promatrani skup odrediti prosječnu instaliranu snagu svih kućanskih aparata od 11.250 W/dom.

Moguće je postaviti i rang listu zastupljenosti trošila u svim anketiranim kućanstvima i to ovim redom:

1. Rasvjeta	100 %
2. Štednjak	96,4%
3. Glačalo	89,7%
4. Televizor	87,9%
5. Hladnjak	83,1%
6. Bojler u kupaonici	74,9%
7. Stroj za pranje rublja	69,5%
8. Usisač prašine	68,7%
9. Radio	60,3%
10. Grijalice	19,2%
11. Bojler u kuhinji	16,3%
12. Termoakumulaciona peć	4,1%
13. Kuhalo	1,3%
14. Stroj za pranje posuđa	0,8%
15. Električni lonac	0,7%
16. Motori	0,1%
17. Ostali razni aparati	0,1%

Posebno je važno uočiti da se struktura instaliranih kućanskih aparata mijenja tokom vremena. Kupuju se novi kućanski aparati, zamjenjuju zastarjeli modeli ili se čak podvostručuju. Ovo ćemo ilustrirati tako da ukažemo na to da je onaj isti skup kućanstava u Tuzli u 1963. godini, dakle, prije 10 godina imao prosječnu instaliranu snagu 4.409 W,

odnosno da se, u prosjeku, povećala instalirana snaga u deset godina 2,55 puta, tj. po prosječnoj godišnjoj stopi porasta od 9,81%.

Iz ovoga slijedi zaključak, da je u razdoblju 1963—1973, došlo do osjetne promjene instaliranih snaga kućanskih aparata, a što se može potvrditi usporedbom njihove strukture. Osim toga se mora konstatirati da se mijenja i značaj pojedinih kućanskih aparata. To ćemo najbolje uočiti usporedbom rangova pojedinih vrsta trošila u 1963. i 1973, što se vidi iz slijedeće tablice:

aparat	frekv. 1963.	frekv. 1973.	rang 1963.	rang 1973.
1. rasvjeta	100 %	100 %	1	1
2. radio	86,3%	60,3%	2	9
3. glačalo	81,3%	89,7%	3	3
4. štednjak	42,3%	96,4%	4	2
5. kuhalo	40,7%	1,3%	5	13
6. bojler u kup.	30,7%	74,3%	6	6
7. televizor	18,4%	87,9%	7	4
8. usisač	17,2%	68,7%	8	8
9. hladnjak	15,4%	83,1%	9	5
10. grijalica	12,4%	19,2%	10	10
11. stroj za pranje rublja	2,9%	69,5%	11	7
12. električni lonac	2,8%	0,7%	12	15
13. ostali aparati	0,3%	0,1%	13	17
14. stroj za pranje posuđa	0	0,8%	—	14
15. bojler u kuhinji	0	16,3%	—	11
16. termo-akumulaciona peć	0	4,1%	—	12
17. motori	0	0,1%	—	16

Promatra li se rang, što ga pojedini aparati imaju sada prema ranijem, očite su i vrlo značajne promjene, tako da su neki aparati izgubili na značaju što ukazuje da se rjeđe upotrebljavaju, a drugi su pak dobili, brojniji su u promatranom uzorku. Aparati koji su znatno izgubili u značaju su:

— radio aparat (vjerojatno posljedica većeg broja pristupačnijih i jeftinijih tipova tranzistora) koji je pao sa 2. na 9. mjesto, a u zastupljenosti sa 86,3% na 60,3%, što znači pad od gotovo 30%,

— kuhalo, sa 5. na 13. mjesto, u zastupljenosti sa 40,7% na 1,3%, što je vjerojatno posjedica velikog porasta broja štednjaka;

— električni lonac, sa 12. na 15. mjesto, a u zastupljenosti sa 2,8% na 0,7%, što nije čudno za aparat koji nije osobito popularan u domaćinstvu.

Međutim aparati koji su znatno dobili na značaju su:

— štednjak, koji se sa četvrtog probio na drugo mjesto rang liste, s porastom zastupljenosti sa 42,3% na 96,4%, tako da se broj štednjaka udvostručio u razdoblju od 10 godina;

— televizor, sa sedmog na četvrto mjesto, s tim da se broj učetverostručio, mada to nije trošilo koje ima veliku snagu, ipak može znatno utjecati na potrošnju u domaćinstvu;

— hladnjak, sa 9. na peto mjesto, a broj aparata se promijenio — povećao gotovo četverostruko;

— stroj za pranje rublja, sa 11. mjesta i 2,9% zastupljenosti popeo se na sedmo mjesto sa 69,5% tako da se broj ovih strojeva povećao gotovo 23 puta. Ovo je vrlo značajno, jer zbog znatne instalirane snage (2.300 W) i dužine rada (1,5 do 3 sata) može predstavljati vrlo značajno trošilo u kućanstvu.

Osim ovih aparata na strukturu utječu i četiri nova aparata, sto su se pojavila u međuvremenu, između 1963. i 1973, i to: stroj za pranje posuđa (0,8%), bojler u kuhinji (16,3%), termoakumulaciona peć (4,1%) i motori (0,1%), uglavnom trošila koja mogu znatno povećati udio potroška kućanstava.

Promotri li se pomnije zastupljenost pojedinih aparata u kućanstvima danas, može se uočiti da su kućanstva dostigla visoku zastupljenost kod 9 trošila između 100% i 60% (rasvjeta, štednjak, glačalo, televizor, hladnjak, bojler u kupaonici, stroj za pranje rublja, usisač i radio aparat), dok ostalih 8 trošila, po zastupljenosti su mnogo rjeđa i svrstana su u red od 0,1% do 20%. To znači, da su zastupljenosti pojedinih trošila tolike, da je došlo do zagušivanja ili da u budućnosti ne treba očekivati povećanje udjela tih aparata, a da se iz druge skupine mogu pojaviti aparati koji se sada mogu zateći samo u trgovinama, i da će se tek u budućnosti početi nabavljati.

Iz analiza zastupljenosti pojedinih aparata mogu se zaključiti osnovne orijentacije kućanstava na korištenje električne energije na rasvjetu prostorija, termoakumulacionu primjenu, kuhanje, pripremu tople vode, pranje i glačanje te čišćenje prostorija. U te svrhe električna energija je gotovo isključiti izvor energije u kućanstvima. Pri tome je interesantno primijetiti dvije značajne činjenice. Prva, da namjensko trošenje električne energije za grijanje prostorija nije veliko (oko 20% grijalica i termoakumulacionih peći) što pokazuje da je grijanje prostorija rješeno na neki drugi način, dok je električna energija samo dopunski izvor energije za grijanje prostorije. Drugi važan faktor je veliki porast broja štednjaka u kućanstvima, dok je električno kuhalo, rešo, gotovo nestao iz upotrebe u kućanstvima. Bilo bi interesantno znati za koliko se povećao broj kuhala u uredima. Prosječna zastupljenost štednjaka od 96,4% prosječno, govori da je došlo do značajne promjene u upotrebi štednjaka, odnosno električne energije, za kuhanje hrane. Električna energija i štednjak dostigli su isključivost primjene bez obzira na mogućnost korištenja plina ili krutih goriva, pa se može gotovo sa stopostotnom sigurnošću reći, da elektrificirano kućanstvo koristi električnu energiju za pripremanje hrane. Ovo je vrlo značajno, jer je štednjak značajan potrošač električne energije sa dosta visokom instaliranom snagom, oko 6300 W u prosjeku, a pripremanje obroka traje sat ili dva, pa i više, što znači, da je štednjak vrlo značajan, ako ne i najznačajniji, potrošač u kućanstvu. Velika zastupljenost štednjaka u anketiranom skupu ukazuje na razloge povećanja prosječne instalirane snage u domaćinstvima.

Izneseni pokazatelji odnose se na gradska kućanstva, dok se elektrificirana kućanstva u selima, ovisno o udaljenosti od grada, sve više udaljuju od iznesenog oblika opremljenosti aparatima. Općenito se može reći, da se njihov prosjek instalirane snage kreće oko 2.500 do 3000 W i da je 3 puta manji od gradske opremljenosti. I u strukturi posjedovanja kućanskih trošila postoje bitne razlike, 100% je uglavnom samo rasvjeta ali znatno manje snage (300 W), visok postotak posjedovanja glačala i radio aparata, dok oko 50% kućanstava, posjeduje štednjak, kuhalo, televizor i hladnjak, a eventualno i motore u poljoprivrednom dvorištu. Svi ostali kućanski aparati mogu se susresti samo u vrlo rijetkim slučajevima.

Prigradska naselja nastaju u nas na rubovima velikih gradova, a posljednjih su godina potencirana izgradnjom stambenih objekata naših građana, uglavnom sa sela, koji su na privremenom radu u inozemstvu. Stanovi u ovim prigradskim naseljima su najčešće puni kućanskih aparata, pa se po opremljenosti i strukturi ne razlikuju od gradskog kućanstva. Općenito gledajući, sva kućanstva u prigradskim naseljima uz velike gradove mogu se razlučiti u čisto gradska i ona koja su po strukturi seoskog karaktera. To je ujedno i najbolji način njihovog proučavanja. Jedina razlika između prigradskog tipa i gradskog tipa je u tome što kod kućanstava prigradskog tipa još ne postoji naviknutost na upotrebu nekih trošila, pa zato troše nešto manje električne energije od gradskih.

Sva ova iskustva stečena su, ipak, na jednom relativno malenom skupu anketiranih kućanstava. Jedna sveobuhvatna anketa, koja bi pokrila barem 10% svih kućanstava u Hrvatskoj, i koja bi obuhvatila tipove kućanstava i njihove razlike (primorska naselja, slavonska naselja, gradska, seoska i sl.) mogla bi nam dati bolje podatke. Nužnost takvog analiziranja je već sagledana i Institut za elektroprivredu će u okviru jedne od studijskih tema izvršiti sveobuhvatnu analizu konzuma u kućanstvima u nas. Vjerujem da će se nakon te analize moći točnije govoriti o strukturama instaliranih kućanskih aparata u gradskim i seoskim kućanstvima, kao i o potrošnji električne energije svakog od instaliranih kućanskih trošila.

3. Veličina i razdioba potrošnje električne energije u kućanstvima

Potrošnja električne energije u kućanstvu neprestano raste. Distributeri taj rast osjećaju kroz sve veću nabavu električne energije. Već ranije spomenuti skup kućanstava u Tuzli 1963. godine imao je prosječnu potrošnju električne energije po kućanstvu od

1.370 kWh/kuć,

dok u 1972. godini, dakle za 10 godina,

3.001 kWh/kuć.,

što odgovara porastu, po prosjećnoj godišnjoj stopi porasta, od 8,6%.

Dok su se 1963. sve vrijednosti potroška kretale od najmanje

100 kWh/kuć. do najviše 8.000 kWh/kuć.

u 1972. godini taj je raspon od

najmanje 100 kWh/kuć. do najviše 19.800 kWh/kuć.

Karakteristično je, da se u jednom anketiranom skupu gradskih kućanstava redovito može izdvojiti dvadesetak tipova istovrsnih kućanstava, koja obuhvaćaju gotovo 80—90% svih kućanstava. Na taj način je moguće povezati strukturu instaliranih kućanskih aparata s potrošnjom. Primjera radi dat ćemo ovdje 10 takvih karakterističnih skupina, za koje se dobiju slijedeći iznosi prosječne

potrošnje električne energije, a koji zapravo obuhvaćaju 90% svih anketiranih kućanstava:

— kućanstva s rasvjetom i sitnim aparatima (24 dom.)	745 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom i rasvjetom i sitnim aparatima (28 dom.)	1.757 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kupaonici, rasvjetom i sitnim aparatima (36 dom.)	1.850 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kuhinji, rasvjetom i sitnim aparatima (90 dom.)	1.903 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kupaonici, hladnjakom, rasvjetom i sitnim aparatima (106 dom.)	2.376 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, hladnjakom, strojem za pranje rublja, rasvjetom i sitnim aparatima (91 dom.)	2.798 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kupaonici, hladnjakom, strojem za pranje rublja, rasvjetom i sitnim aparatima (415 dom.)	3.334 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kupaonici, hladnjakom, grijalicom, strojem za pranje rublja, rasvjetom i sitnim aparatima (148 dom.)	3.588 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kuhinji, bojlerom u kupaonici, hladnjakom, strojem za pranje rublja, rasvjetom i sitnim aparatima (139 dom.)	3.782 kWh/kuć. god.
— kućanstva sa štednjakom, bojlerom u kuhinji, bojlerom u kupaonici, hladnjakom, strojem za pranje rublja, grijalicom, rasvjetom i sitnim aparatima (55 dom.)	4.478 kWh/kuć. god.

Primijenimo li već ranije spomenutu metodu diferenciranja, možemo odrediti prosječnu potrošnju pojedinih aparata, tako da se odrede granične vrijednosti i srednja vrijednost potrošnje. Nakon što smo zaokružili srednje vrijednosti možemo reći da troše:

— rasvjeta i ostali aparati	750 kWh/god.
— štednjak	1.000 kWh/god.
— bojler u kuhinji	1.100 kWh/god.
— bojler u kupaonici	800 kWh/god.
— hladnjak	750 kWh/god.
— grijalica	850 kWh/god.
— stroj za pranje rublja	1.200 kWh/god.

Ako se pak izračunavaju udjeli glavnih namjena u ukupnoj godišnjoj potrošnji u postocima dobiva se slijedeće:

— za rasvjetu i sitne aparate	18,8%
— za kuhanje	24,0%
— za pripremu tople vode	19,4%
— za hlađenje namirnica	13,9%
— za grijanje prostorija	4,1%
— za pranje rublja	20,7%
ukupno	100,0%

Karakteristično je također ispitati koliko su se izmijenile namjene električne energije u razdoblju od deset godina. Promjene u navikama, kao i promjena korištenja električne energije u kućanstvima mogu se pratiti iz ovog pregleda:

	1963.	1972.
— rasvjeta i sitni aparati	32,5%	18,8%
— kuhanje	39,6%	24,0%
— priprema tople vode	15,0%	19,4%
— hlađenje namirnica	7,5%	13,0%
— grijanje prostorija	5,3%	4,1%
— pranje rublja	0,1%	20,7%
	100,0%	100,0%

Pranje rublja je 1963, zbog vrlo malenog broja strojeva za pranje rublja, bilo beznačajno po potrošku, međutim danas je to jedna od značajnih potrošnji u kućanstvu.

4. Efekti prinudne racionalizacije potrošnje električne energije

Pod prinudnom racionalizacijom smatramo ono smanjenje potrošnje kod potrošača što je provodi distributer električne energije. Prinudna racionalizacija može biti provedena povremenim ili trajnim iskapčanjem na određeni rok, određene skupine potrošača ili privremenom ili trajnom blokadom rada, odnosno korištenja određenih tipova korisnikovih trošila. Nakon što smo upoznali strukturu aparata što ih naša kućanstva posjeduju i veličinu njihove potrošnje, možemo analizirati kakvi će biti efekti prinudne, a kakvi efekti svjesne racionalizacije kućanstava radi štednje električne energije.

Promatramo li kao model grad ili naselje sa 1.000 domaćinstava (odprilike 3.000—3.500 stanovnika) možemo pretpostaviti da će ukupna potrošnja svih kućanstava biti, prema ranije pokazanim prosjecima, oko

2.500.000 kWh/god.

za cjelokupnu potrošnju u kućanstvima.

Ako distributer provodi prinudnu racionalizaciju, tako da svaki dan isključuje pola potrošača, a sutradan drugu polovinu, što je inače u nas dosta čest slučaj kod redukcije, i ako usvojimo trajanje tog postupka kroz 3 mjeseca možemo izračunati da kućanstvima neće biti predano

400.000—600.000 kWh/god.

odnosno 15 do 20% ukupne potrošnje.

Međutim, veliko je pitanje može li se ostvariti ovoliki efekt. Kod ovakvog načina redukcije dolazi do latentnog otpora posebno kod domaćica. One, naime, žele u vremenu kada im je na raspolaganju električna energija iskoristiti je maksimalno, pa troše više nego inače, želeći skuhati ručak za sutra, izglačati rublje, očistiti stan, oprati rublje i tako redom, sve pod pritiskom »sutra neće biti struje«. Osim toga valja znati, da je u velikim gradovima nestanak električne energije praćen nestankom topline za grijanje stanova, prestankom rada liftova, tako da je česta pojava odlaska većeg broja stanovnika u one dijelove grada koji taj dan imaju snabdijevanje.

Ukratko možemo zaključiti, da se na ovaj način ne može postići značajnija ušteda električne energije.

Blokiranje rada pojedinih trošila kod nas nije još steklo pravo građanstva, mada se njime mogu postići bolji efekti. Naime ono je vezano uz posebno instaliranje mrežne-tonfrekventne komande (MTK) i posebnih kopčalica. Iz pregleda strukture i potrošnje pojedinih kućanskih aparata mogu se uočiti aparati koji su najpogodniji za upravljanje putem blokada. To su stroj za pranje rublja, bojleri u kupaonici i kuhinji, grijalice i termoakumulacione peći, te eventualno štednjak.

5. Svjesna racionalizacija potrošača

Svjesna racionalizacija električne energije od strane potrošača vezana je uz dobro poznavanje mogućnosti štednje. Kod nas se do sada malo pažnje polagalo odgoju potrošača, posebno kućanica, o tome kako optimalno trošiti električnu energiju, nedostaju nam posebni propangandisti zaposleni u elektrodistributivnim poduzećima, čija bi to bila briga. Nedostaju nam knjige, publikacije i prospekti o kućanskim aparatima i njihovim mogućnostima, kao i o načinima štednje. Akcije provedene krajem 1973. u Sloveniji i Hrvatskoj dale su pozitivne efekte štednje na temelju apela distributera građanstvu da provodi štednju električne energije.

Taj efekt je pozitivan već i zbog činjenice da se mnogo kućanstava upoznalo s osnovnim pojmovima potrošnje. Pretpostavimo li da jedno prosječno kućanstvo na ovaj način smanji svoju godišnju potrošnju samo za 10%, već dobijemo za ranije odabrani model 600.000 kWh uštede. Posebno je značajno upoznati kućanstva s načinom štednje rasvjete, kuhanja, a pogotovo u pripremi tople vode i pranju rublja.

Osvrnimo se za tren na upotrebu televizora u kućanstvu. To je aparat koji ima malu snagu, oko 200 W, ali nalazi se gotovo u svakom kućanstvu i sa sigurnošću se može konstatirati da je svaki dan uključen u prosjeku tri sata, što bi odgovaralo potrošku od 0,6 kWh/dnevno ili 180 kWh godišnje. Za promatrani skup od 1.000 kućanstava, ovo bi predstavljalo za tri kritična mjeseca 50.000 kWh što je dosta značajna količina električne energije. Radi toga je opravdano tražiti da se opseg emitiranja televizijskog programa smanji.

6. Zaključak

U ovom članku smo pokušali pokazati kakva je struktura instaliranih kućanskih aparata u našim kućanstvima i kakav je danas njihov potrošak. Možemo zaključiti, da na praćenju ovih podataka treba i dalje raditi, i da točno poznavanje strukture i potrošnje trošila u kućanstvima omogućuje da još bolje uočimo efekte mogućih ušteda.

Posebno još naglašavamo potrebu široke akcije upoznavanja građana, posebno kućanica s mogućnostima korištenja i mogućnostima štednje električne energije u kućanstvu, zalažući se pritom za propagandu pomoću pisanih tekstova, predavanja i obavještavanja putem sredstava javnog informiranja, i slično.

Literatura

(1) V. Štengl i D. Borojević: *Neke mogućnosti za analizu energetskih karakteristika kućanstava*, Energija, 7—8/1965.
(2) J. Moser: *Istraživanja karakteristika potrošnje električne energije u kućanstvima*, Institut za elektroprivredu, 1969.

Naslov pisca: Josip Moser, dipl. ing.,
Institut za elektroprivredu, Zagreb

PODUZEĆE ZA IMPREGNACIJU DRVA I PROIZVODNJU KOMPRIMIRANIH PLINOVA

KARLOVAC

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

Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

ZADACI PROCESNOG RAČUNALA U VOĐENJU POGONA DISTRIBUTIVNOG ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Nikola Čupin

Razmatraju se zadaci koji se u području vođenja pogona distributivnog elektroenergetskog sistema mogu povjeriti procesnom računalu s tehničkog stajališta, što je prvi korak kojega treba načiniti prije uvođenja procesnog računala.

DK 621.316.1

UVOD

Elektrodistributivna poduzeća, kakva postoje u Jugoslaviji, bave se kupoprodajom električne energije i vode brigu o održavanju, projektiranju i, općenito, o koncepciji Distributivnog elektroenergetskog sistema (DEES). Karakteristika je ovih poduzeća da ne raspolažu izvorima el. energije, iako su izvori ponekad locirani u centru potrošnje i, što je češći slučaj, proizvode za iste potrošače i toplinsku energiju.

Možemo reći, da su glavne aktivnosti koje se obavljaju u spomenutim poduzećima relativno jednostavni, često ponavljani procesi, utoliko masovniji ukoliko se radi o većem broju žitelja, što je pogodno za primjenu elektroničkih računala. Sve aktivnosti možemo podijeliti u tri osnovne grupe:

Tehničko-ekonomsku
Komercijalnu (trgovačku)
Personalnu.

Iako svaka grupa aktivnosti ima značajke zatvorenog sistema, među njima postoji međusobna veza, pa jedna grupa aktivnosti utječe na drugu i time na vršenje ukupne funkcije distributivnog poduzeća u društvu.

Od spomenutih grupa aktivnosti jedino u tehničko-ekonomskoj grupi postoje materijalni procesi zbog čega se, za razliku od druge dvije grupe aktivnosti, gdje se koristi obično digitalno računalo, mora za obradu upotrijebiti procesno računalo.

Zadatke koje iz područja vođenja pogona DEES može obavljati procesno računalo možemo podijeliti u pet grupa (L1):

1. zadaci u indirektnom radu
2. prikupljanje i zapis informacija
3. nadzor energetskog procesa
4. programsko upravljanje
5. zadaci u zatvorenoj petlji

U ovom članku nastojat ćemo razmotriti što je moguće širi spektar zadataka svake od nabrojenih grupa, ne ulazeći u ekonomsku opravdanost obrade takvih zadataka pomoću procesnog računala, već samo tehnološko-tehničke koristi koje se iz obrade mogu očekivati. Pri tom se nećemo strogo ograničiti na DEES, već ćemo razmatrati općenito elektroenergetski sistem (EES) za napajanje gradskih područja koja u sebi uključuju i izvore električne i toplinske energije.

Takvo razmatranje je prvi korak u uvođenje procesnog računala.

1. Zadaci u indirektnom radu

Za rješavanje zadataka iz ove grupe može se upotrijebiti i obično digitalno računalo, jer oni nisu neophodni za neposredno vođenje pogona u realnom vremenu. Razlog zašto se upotrebljava procesno računalo leži u nastojanju da se ono što više iskoristi, jer zadaci koji su vezani neposredno za proces ostavljaju relativno mnogo vremena za druge obrade. Zadaci se odnose uglavnom na planiranje i prognozu, tj. na istraživanje karakteristika konzuma, prognoziranje potrošnje električne energije i snage, planiranje prijenosnih kapaciteta, rezerve u sistemu, razmjene energije i snage s ostalim EES, izradu programa održavanja, itd.

Spomenute zadatke, koji ustvari predstavljaju analizu postojećeg i budućeg pogona, možemo podijeliti na:

Dugoročne analize, čiji je cilj prognoza potrošnje u duljim vremenskim razdobljima i određivanje opće politike: strategije za zadovoljenje prognozirane potrošnje, planirajući prijenosne kapacitete, dobavu, odnosno proizvodnju energije i snage, veće radove na održavanju i reviziji postrojenja, nastojeći istovremeno zadovoljiti određeni stupanj pogonske sigurnosti, kvalitetu napajanja i ekonomski optimum upotrebe distributivnih prijenosnih i proizvodnih kapaciteta. Rezultati takvih, najčešće godišnjih analiza su planovi za korištenje elektrana tijekom godine, planovi kao osnova za ugovaranje razmjene energije i snage sa susjednim EES, planovi za korištenje distributivne mreže i planovi za izvođenje većih radova na održavanju.

Tjedne analize, koje se rade tjedan dana unaprijed, a u biti obuhvaćaju iste poslove kao i dugoročne analize, za razliku od poslova koji se mogu potpuno točno odrediti, npr.: izvođenje radova na održavanju, zatim uzimanje u obzir kvara u sistemu, itd.

Dnevne analize, koje se rade jedan dan unaprijed, a predstavljaju podlogu za konkretne upute za korištenje elektrana i izmjenu energije i snage između sistema.

Kod dugoročnih analiza može se pomoću računala prognozirati ne samo godišnja potrošnja, nego i potrošnja u svakom mjesecu, tjednu ili danu i, na osnovi toga, opterećenje pojedinih čvorova u EES, što znači opterećenje u pojedinim dijelovima postrojenja. Pri tom se, također pomoću računala, pronalazi optimalno uklopno stanje, analizira sigurnost mreže za slučaj kvara na nekom elementu odnosno, jednom riječju, unaprijed obavlja analiza pogona da bi se ustanovile slabe točke,

što je neobično važno za planiranje izgradnje i proširenja.

Da se prognoza i analiza pogona ne može provesti bez računala slijedi iz kompliciranosti zadatka u kojem se najprije prognoza treba izvršiti obradom statističkih podataka, a zatim pronalazeći optimalno uklopno stanje više puta obaviti proračun tokova snaga, da bi se kao konačan rezultat dobio vjerojatni dijagram opterećenja za svako postrojenje u EES.

U tjednim i dnevnim analizama obavljaju se slični zadaci s napomenom, da su zbog poznatijih podataka rezultati više deterministčke, a manje stohastičke naravi, dakle, određeniji.

Nužna pretpostavka za bilo koju od spomenutih analiza jeste postojanje sređenih podataka o elementima i postrojenjima DEES. U tu svrhu potrebno je u računalu organizirati Memoriju tehničkih podataka (banku podataka) u kojoj se spremaju i stalno ažuriraju tehnički podaci svakog elementa; za kabele npr.: presjek, dužina, (za transformatorsku stanicu npr.: podaci o sklopkama i ostalim aparatima, podaci o zaštitnim relejima, broj transformatora i broj odvoda, podaci o uzemljenju, itd.

Također je, zbog usmjeravanja investicija i politike održavanja, potrebno obaviti statističku obradu kvarova koja se može povezati sa spomenutom memorijom.

Zadaci iz pogonske operative također se mogu obaviti u indirektnom radu procesnog računala, npr.: izdavanje dozvole za rad stalnim pogonskim ekipama za održavanje, lociranim na različitim mjestima u gradu opremljenim termiprinterima povezanim s procesnim računalom.

Koliko zadataka i u kakvom opsegu će se obrađivati na procesnom računalu ovisi o njegovoj memoriji i namjeni. Ako u poduzeću već postoji obično računalo za obradu komercijalnih podataka (obračun potrošnje električne energije), tada se mogu zadaci iz ove grupe obrađivati na tom računalu i time ograničiti zadaci procesnog računala samo na one, koji su vezani za direktni pogon. U tom slučaju je dovoljna mala memorija procesnog računala. Druga atlernativa jeste da se uzme procesno računalo s većom memorijom sa zadatkom da obrađuje većinu zadataka iz tehničko-ekonomske grupe aktivnosti u koju spadaju i analize spomenute u ovoj točki.

Ova alternativa čini se razumnijom, jer će se u istom poduzeću raspolagati sa dva, po memoriji, približno jednaka računala, što će za neke obrade predstavljati 100%-tnu rezervu.

2. Prikupljanje i zapis informacija

Prikupljanje informacija o stanju energetskog procesa i stanju elemenata EES je aktivnost radi koje se najprije počelo uvoditi procesno računalo. Tom aktivnošću dovodi se iz uređaja za daljinski prijenos u memoriju računala osnovni skup informacija koji se, presortiran, često i zapisuje (protokolira) radi dokumentacije. Osim prikupljanja, računalo kontrolira informacije zbog mogućih pogrešaka u prijenosu ili procesnim elementima. Kontrola se obavlja s obzirom na vjerodostojnost (plauzibilnost) usporedbom s prethodnom ili s nekom odgovarajućom informacijom, i ako ta kontrola nije zadovoljila, računalo zahtijeva ponovno primanje iste informacije iz predajnog registra uređaja za daljinski prijenos. Koje sve informacije mora imati osnovni skup ne ovisi samo o zadacima što ih rješava procesno računalo, već i o svim ostalim zadacima koji se rješavaju na drugim računalima za opću upotrebu, a provode se radi kvalitetnog vođenja pogona EES, njegovog projektiranja i planiranja.

Osnovni skup informacija možemo podijeliti na:

1. Informacije o promjeni stanja glavnih i pomoćnih elemenata EES,
2. Informacije o energetskom procesu.

Prvo se sastoji od binarnih informacija jer su sva stanja glavnih i pomoćnih elemenata EES binarne varijable, tj. one koje mogu biti u jednom od dva moguća stanja:

uklopljeno — isklopljeno
ili
djelovao — nije djelovao.

Izuzetak čini regulacijska sklopka transformatora, koja ima više od dva stanja — položaja; ako se svaki položaj shvati kao element, tada se i u tom slučaju može govoriti o binarnoj varijabli.

Za razliku od binarnih varijabli za koje je dovoljna količina informacija od 1 bita, drugi podskup sadrži informacije o mjernim vrijednostima veličina koje opisuju stanje energetskog procesa: struje, napona, snage, energije itd., za što je potrebno više od 1 bita.

Što se tiče zapisa informacija potrebno je reći, da se zapis počeo voditi u uvjetima kada se nije upotrebljavalo procesno računalo, s osnovnom svrhom dokumentiranja informacija koje su se nakon toga obrađivale koristeći u većoj ili manjoj mjeri raspoloživa pomagala, odnosno služile kao pogonska dokumentacija. U uvjetima, kada procesno računalo obavlja prikupljanje informacija, ispitivanje, sortiranje i ostale obrade, ne bi valjalo zapisivati čitav prikupljeni osnovni skup informacija, već samo neke, obradom dobivene, visokovrijedne informacije koje mogu koristiti u neposrednom vođenju pogona. Ostale informacije se mogu, naročito kod manjih procesnih računala zbog ograničene obrade, spremati na magnetsku traku ili neki drugi medij i obrađivati na drugom računalu.

Uobičajeno je, da procesna računala tiskaju informacije na brzim teleprinterima za zapise i to najčešće tri zapisa (protokola) na tri teleprintera:

— zapis promjena stanja (dojava)
— zapis mjernih vrijednosti
— zapis impulsa digitalnih brojila energije.

Za razliku od spomenutih zapisa koji se obavljaju u kraćim vremenskim razmacima, poželjno je voditi i

— dnevni zapis, u kojem se na kraju dana ispišu važnije mjerne vrijednosti, zatim npr. neke karakteristike dijagrama opterećenja, i sl.

Ukoliko treba da se informacije sortiraju prema pojedinim transformatorskim stanicama, regijama itd., mogu se voditi i posebni zapisi informacija o spomenutim dijelovima EES.

2.1. Prikupljanje i zapis informacija o promjeni stanja

Promjena stanja glavnih elemenata: prekidača, rastavljača, regulacijskih sklopki i pomoćnih elemenata: zaštitnih releja, elemenata pomoćnih pogona i sl. je osnovna indikacija nekog događaja u EES.

Informacija o promjeni stanja mora sadržavati vrijeme i dan kada je došlo do promjene i koji element je promjenio stanje. Osim toga valja informirati o uzroku promjene stanja koji može biti opravdan (stanje se promijenilo namjerno ili zbog funkcijski ispravnog djelovanja, npr. isklapanje prekidača kao posljedica kvara) ili neopravdan (npr. prekidač je djelovao a nije trebao).

Navedimo sada promjene stanja koje valja poznavati. To su:

— promjene uklopnog stanja kao osnovni indikator događaja u sistemu i grubi pokazatelj promjene tokova energije. Za to je potrebno u svakom slučaju prikupiti informacije o promjeni stanja prekidača, dok dovođenje informacija o promjeni stanja rastavljača ovisi o međusobnoj vezi rastavljača i sklopke, odnosno u slučaju neovisnosti, o ulozi rastavljača u raskolpnom postrojenju.

Primijetimo na ovom mjestu, da će se mišljenje o ulozi rastavljača u rasklopnom postrojenju najvjerojatnije u budućnosti, u uvjetima daljinskog upravljanja postrojenja, mijenjati, jer će neki razlozi zbog kojih je rastavljač uveden (npr. vidno odvajanje visokonaponskog strujnog kruga) u uvjetima daljinskog upravljanja izgubiti na važnosti.

— Promjena stanja zaštitnih releja, kao osnovni pokazatelj kvara u EES.

Potrebno je prikupiti informacije o promjeni stanja svih zaštitnih releja, no pri obradi tih informacija vrijede, ovisno o vrsti i stupnju zaštite, različiti kriteriji hitnosti obrade:

— promjene stanja regulacijskih elemenata, od kojih u DEES dolazi u obzir samo regulaciona sklopka transformatora koja informira, u ovom slučaju, o mjerama za održavanje napona,
— promjene stanja elemenata pomoćnih pogona (npr. ventilatora za hlađenje transformatora). Takve informacije omogućuju brže i potpunije otkrivanje uzroka, npr. povišenja temperature transformatora, odnosno uzroke djelovanja termičke zaštite transformatora. Stoga je preporučljivo prikupljati sve one informacije o stanju elemenata pomoćnih pogona koji su od vitalnog značaja za rad glavnih elemenata ili čitavog rasklopnog postrojenja,
— promjene stanja od općeg značaja za transformatorsku stanicu, kao npr. ulaz u TS, ulaz u ćeliju i sl.

Zapis (protokol) promjena stanja obavlja računalo nakon što stigne iz uređaja za daljinski prijenos telegram koji sadrži informaciju o promjeni stanja nekog elementa. Telegramu se doda vrijeme događaja i tako dopunjena informacija tiska se u obliku teksta.

Poznato je da se kod prikupljanja informacija iz uređaja za daljinski prijenos upotrebljavaju i drugi više ili manje pogodni uređaji (npr. Data Loggeri). Nabrojimo zato neke prednosti što ih pruža primjena procesnog računala u prikupljanju i prezentiranju informacija:

1. Bolja kontrola ispravnosti informacija iz EES koja se može postići odgovarajućim programom za logičko ispitivanje na osnovi međuovisnosti pojedinih veličina.
2. Lakše prilagođavanje promjenama u prikupljanju informacija, što nastaju zbog promjena elemenata EES (Software-sko prilagođenje).
3. Ne postoji potreba da se u DC stalno prikazuju sve informacije, nego se umjesto toga mogu na zahtjev dispečera pozvati određene informacije što se nalaze u memoriji računala.
4. Dispečer se upozorava na nagle promjene stanja u EES, ali s istovremenim prikazom izabranih informacija potrebnih za praćenje tih promjena.
5. Prikazivanje informacija po određenim logičkim grupama (npr. informacije izabrane stanice) prema bilo kojem kriteriju.
6. Istovremeno prikazivanje informacija na više načina: simboli, tablice, tekst, itd. i na, čovjeku, bliži način: grafički, u različitim bojama i sl.
7. Dijalog čovjek — računalo preko optičke stanice s tipkama daje mogućnost brže i preglednije upotrebe informacija i bržeg zahvata u EES. Takav dijalog omogućuje osim uvida u određene informacije na zahtjev dispečera, i izvršenje neke obrade informacija koja se ne obavlja automatski u određenim vremenskim razmacima.
8. Mogućnost spremanja osnovnog skupa informacija na vanjske memorije računala: diskove, trake, bubnjeve i sl. radi daljnje obrade tih informacija bilo na istom ili nekom drugom računalu. Takvo »arhiviranje« informacija ušteđuje veliki rutinski posao protokoliranja informacija i bušenja kartica ili traka, kao ulaznih medija za obradu na drugom računalu, odnosno omogućuje pro-

cesnom računalu, koje u pravilu ima malu radnu memoriju i, osim toga, zaposjednutu programima u realnom vremenu, da u indirektnom (off-line) radu obradi informacije.

2.2. Prikupljanje i zapis informacija o energetskom procesu

Energetski proces karakteriziraju osnovne veličine: napon, struja, frekvencija, djelatna i jalova snaga, te djelatna i jalova energija.

Pomoću osnovnih veličina moguće je dobiti informaciju o kvaliteti i količini električne energije, što je neophodno u vođenju energetskog procesa. Zato je potrebno procesnom računalu, u principu, dovoditi sve nabrojene informacije.

Međutim, mjesta s kojih se dovodi pojedina vrsta informacije ovisi o zadacima koji se žele rješavati, kao što na zadatke utječe trajanje ciklusa skupljanja informacija. Naime, potrebno je istaknuti da informacije koje procesno računalo prima nisu mjerene istovremeno, i da dolaze s izvjesnim zakašnjenjem, što treba uzeti u obzir prilikom njihove obrade. Smatra se, međutim, (L2) da je za većinu zadataka koje procesno računalo rješava u realnom vremenu dovoljan ciklus prikupljanja informacija u trajanju od 4 s.

Zapis informacija o energetskom procesu obično se obavlja na dvije posebne liste (dva posebna protokola):

— zapis mjernih vrijednosti provodi računalo u vremenskim intervalima (obično 30 minuta) ispisujući po zadanom redoslijedu mjerne vrijednosti i dodajući tim vrijednostima ev. komentar,
— zapis digitalnih brojača energije sadrži obično energiju što su je izmjerili pojedini brojači, zatim ukupnu energiju (npr. ukupno preuzetu energiju) a obavlja se, također, u određenim vremenskim intervalima (obično svakih 15 minuta). Zapis može sadržavati i neke obrađene informacije, kao npr. srednju snagu u zadanom intervalu.

3. Nadzor energetskog procesa i obrada podataka od neposrednog interesa za vođenje pogona

Nadzor energetskog procesa se najčešće svodi na kontrolu graničnih vrijednosti koju procesno računalo obavlja tako da uspoređuje informacije iz osnovnog skupa s unaprijed, najčešće programski zadanim graničnim vrijednostima, i ukoliko je vrijednost što je sadrži informacija veća, ili jednaka graničnoj vrijednosti, izvještava o tome zajedno s naznakom vremena, kada je došlo do prekoračenja.

Nadzirati je potrebno samo informacije o energetskom procesu, jer se promjene stanja elemenata EES ionako dojavljuju u zapisu stanja, čim dođe do neke promjene. Naime, zapis informacija o energetskom procesu (mjerne vrijednosti i vrijednosti digitalnih brojača energije) obavlja se u određenim vremenskim intervalima, pa je potrebno čovjeka koji vodi proces pravovremeno upozoriti na prekoračenje granične vrijednosti.

Što ćemo u kojem slučaju proglasiti graničnom vrijednosti ovisi o svrsi nadzora. Jednom će to, npr., biti 80% nazivne vrijednosti, a drugi puta 120%.

Razmotrimo sada što je u energetskom procesu poželjno nadzirati i koje su obrade od interesa za neposredno vođenje pogona, napominjući, da je za svaki nadzor, odnosno aktivnost računala, potrebno izraditi odgovarajuće programe.

3.1. Nadzor snage unutar obračunskog razdoblja maksimuma, omogućuje praćenje trenda snage i računanje raspoložive snage, a obavlja se na osnovi obrade informacija digitalnih brojača o primljenoj energiji s obračunskih mjesta.

3.2. Nadzor snaga kratkog spoja u svim čvorovima EES može se obavljati na osnovi stvarnog (aktualnog) ukupnog stanja (točka 3.10.), za što su, međutim, potrebni veći programi.

Stvarna snaga kratkog spoja u DEES može se računati samo ako je poznato aktualno uklopno stanje u čitavom EES, dakle, ako je poznato koji su generatori u pogonu koji vodovi uključeni u prijenosnoj mreži.

Međutim, poznavanje uklopnog stanja u EES mora se uzeti kao nepoznato, pa je potrebno poći od pretpostavke da u točkama spoja DEES i EES vladaju maksimalne snage kratkog spoja i na osnovi njih, poznavajući uklopno stanje u DEES, izračunavati snage kratkog spoja u interesantnim točkama.

3.3. Nadzor sigurnosti napajanja važnijih čvorova elektroenergetskog sistema koristan je radi kontrole pouzdanosti napajanja važnijih potrošača. Stoga je potrebno, vršeći kontrolu uklopnog stanja odgovarajućih elemenata u sistemu, računati pouzdanost napajanja i ukoliko padne ispod određene vrijednosti, upozoravati o tome osoblje u DC.

3.4. Nadzor opterećenja elemenata DEES

Veoma je važno poznavati u vođenju pogona opterećenje vodova i transformatora, koje se kontrolira mjerenjem struje. Za kontrolu se mogu iz specifičnih razloga (starost ili veća sklonost elemenata kvaru) odrediti različite granične vrijednosti (za pojedine elemente), kao i više graničnih vrijednosti (za nadzor jednog elementa) koje se, dakako, mogu u toku pogona mijenjati. Npr., za neki vod koji je inače veoma slabo opterećen želimo da nas načunalo upozori već kod, 50% nazivnog opterećenja, dok je kod ostalih vodova ta granica 80%.

Ili, drugi primjer, kod nekog kritičnog voda želimo da, nas računalo upozorava kod preopterećenja 50%, 80%, 100%, dakle određujemo više graničnih vrijednosti za isti element.

3.5. Nadzor stabilnosti EES

Stabilnost EES se može poremetiti ipadom važnih izvora, nakon čega dolazi do preopterećenja

i ispada ostalih izvora u EES, što može dovesti do raspada sistema.

U EES, gdje se kod generatora moraju uzeti u razmatranje stabilnosti, nailazi se pri računanju problema stabilnosti, tj. istraživanju granica statičke i dinamičke stabilnosti, na teškoće, naročito ako se takav proračun želi izvesti u realnom vremenu. Naime, relativno mala radna memorija procesnog računala traži pojednostavljenje modela mreže, dok se, nasuprot tome, za dobivanje točne slike stanja u EES traži velika točnost modela sistema. Do danas u Evropi nema primjera proračuna statičke i dinamičke stabilnosti u realnom vremenu, dok se u USA takav proračun prema L3 istraživao na hibridnom računalu.

Situacija je nešto lakša kod DEES, jer se oni nalaze relativno daleko od velikih izvora električne energije. Kod ispada npr. jednog voda u DEES sa zrakastom strukturom mreže neće doći do preopterećenja ostalih elemenata (vodova, transformatora), a njihanje generatora bit će manje, jer će se ispad dijela, ili čitavog DEES, koji, tako smo ga definirali, nema velikih izvora električne energije raspodijeliti na sve generatore u EES. Izuzetak čini ispad jednog od dva paralelna voda, gdje će ispad jednog voda dovesti do preopterećenja drugog voda i time vjerojatno do ispada jednog dijela DEES.

Ako se radi o učvorenoj strukturi mreže, tada je posljedice preopterećenja teže predvidjeti, pa je pomoć računala neophodna. U tom slučaju valja tokove snage računati u realnom vremenu.

3.6. Proračun tokova snaga, može se obavljati na zahtjev dispečera, ili automatski nakon svake važne promjene uklopnog stanja. Program za proračun tokova snaga može biti, kao potprogram, dio nekog većeg kompleksnog programa ili poseban program na osnovi kojega se npr. podešavaju granične vrijednosti čije se prekoračenje dojavljuje alarmom.

Od poznatih metoda za proračun tokova snaga (Gauss—Seidel, Newton—Raphson i druge) jedino metoda procjene stanja (State—Estimation, Netzzustands—Schätzung) može zadovoljiti zahtjeve obrade u realnom vremenu (L4), tj. da proračun traje unutar jedne minute i da sigurno konvergira.

3.7. Simuliranje novog uklopnog stanja DEES

Promjena uklopnog stanja je relativno česta aktivnost u EES koja bez obzira na razloge koji su doveli do promjene, utječe na raspodjelu tokova snage.

Kakve će posljedice imati novo uklopno stanje na tokove snaga u EES može se bez opsežnih računa samo naslućivati. Međutim, upotrebom računala za proračun tokova snaga mogu se relativno brzo saznati, na simuliranom novom uklopnom stanju, i posljedice.

Za korištenje rezultata simulacije novog stanja i proračuna tokova snaga u neposrednom vođenju gona, bitna je brzina dobivanja rezultata i njihova točnost. Jedno s drugim je međutim u suprotnosti, pa se rezultati simulacije mogu dobiti brže, ako se proračun tokova snage provodi manje točnim metodama (uzimajući, npr. u obzir kod nadomjesnih shema elemenata samo induktivnu komponentu). Ako se u vođenju pogona traži veća točnost, simulaciju valja obavljati točnijim metodama (uzimajući u obzir djelatnu i induktivnu komponentu), što na procesnom računalu u otvorenoj petlji traje nekoliko minuta, a na većem računalu (u off-line radu) nekoliko sekundi.

Prema tome, veće brzine proračuna tokova snaga na procesnom računalu mogu se postići samo na uštrb točnosti.

3.8. Bilanca energije između pojedinih EES ili između grupa unutar jednog sistema

Današnja sve veća povezanost EES, koja je od koristi za sve partnere, zahtijeva stalnu kontrolu preuzetih obveza o isporuci ili preuzimanju električne energije. Ta kontrola se može obavljati pomoću procesnog računala smještenog u centru za razmjenu, ako se radi o više EES, ili u dispečerskom centru, ako se radi o više grupa unutar sistema. U tim slučajevima potrebno je obaviti sumiranje preuzete i primljene električne energije, dakle, načiniti poprečni saldo, a osim toga, korisno je načiniti i tzv. uzdužni saldo, tj. nalaženje maksimuma, ili izrada monotonih dijagrama za tarifna razdoblja, dane ili mjesece.

Npr. u Laufenburgu u Švicarskoj nalazi se centar za razmjenu između zapadnoevropskih EES u kojem procesno računalo očitava brojač energije s mjesta za razmjenu svakih 15 min (L2).

3.9. Analiza uzroka nastanka kvara

Ova se analiza može izvršiti na osnovi poznatog redoslijeda prorade zaštitnih elemenata i poznatih mjernih vrijednosti prije nastanka kvara. Brzina prorade je međutim najčešće takva, da čovjek ne može ustanoviti koji je relej prije proradio, a mjerne vrijednosti se ne mogu uočiti, jer se ne zna kada će kvar nastupiti. Tu može pomoći procesno računalo koje nakon nastanka kvara izda zapis (»Post mortem review) u kojem se navode odgovarajuće mjerne vrijednosti prije nastanka kvara i redoslijed djelovanja zaštitnih elemenata.

3.10. Poznavanje aktualnog uklopnog stanja je pretpostavka za rješenje mnogih zadataka. Slike uklopnog stanja elemenata sistema mogu se, organizirane u matrici stanja, držati u memoriji računala ili organizirati hardware-ski u uklopnoj matrici, čime se uštеđuju digitalni ulazi procesnog računala.

4. Programsko upravljanje

Zadaci procesnog računala što smo ih dosad spomenuli odnosili su se na prikupljanje informacija iz procesa i na njihovu obradu kojom računalo prezentirajući rezultate obrade pomaže dispečeru u nadzoru i vođenju energetskog procesa.

Daljnji zadatak u direktnom otvorenom načinu rada procesnog računala jeste pomoć računala u kompliciranijim naredbama koje se upućuju procesu. U tom slučaju računalo se nalazi u povratnom toku informacije koja ide od čovjeka prema procesu. Naredbe koje se povjeravaju procesnom računalu su: ukapčanja, prekapčanja i upravljanje, koje je potrebno obavljati po unaprijed zadanom programu. Na taj način služi procesno računalo kao automat za ukapčanje (»Schaltautomat«) ili voditelj radnji (»Operation Guide«).

Od ukapčanja spomenimo npr. ukapčanje transformatora i odvoda pri čemu je potrebno uklapati rastavljače i prekidače prema određenom redoslijedu, zatim, ukapčanje voda, kada se naredbe za uklapanje moraju slati u dvije transformatorske stanice, a od prekapčanja, npr., prebacivanje odvoda s jednog sistema sabirnica na drugi. Od upravljanja spomenimo upravljanje regulacionom sklopkom transformatora i upravljanje uređajima za kompenzaciju jalove snage.

Ukoliko se kompenzacija obavlja pojedinačno, ekonomično je za izvršne komande, uklapanje i isklapanje kondenzatora, koristiti uređaje MTK (mreža tonfrekventna komanda), dok se upravljanje može odvijati prema programu u procesnom računalu.

Naredbe za određenu operaciju prekapčanja ili upravljanja daju se računalu pomoću tastature kojom se poziva odgovarajući program po kojem se izvodi prekapčanje ili upravljanje i istovremeno nadzire izvršenje naredbi.

Od pomoći koju računalo pruža dispečeru spomenimo još upravljanje slijepom shemom mreže u dispečerskom centru. Budući da na slijepoj shemi mora biti prikazan veliki broj aktualnih informacija, što je veoma nepregledno, mogu se upravljajući pomoću procesnog računala, prikazati na shemi oni skupovi informacija koji su u logičkoj vezi i od neposrednog interesa za trenutni događaj u pogonu.

5. Zadaci računala u zatvorenoj petlji

Zadaci što ih procesno računalo rješava radeći u zatvorenoj petlji, dakle, bez učešća čovjeka u informacionom procesu, mogu se povjeriti računalu samo ako postoji velika pouzdanost svih elemenata u informacionom procesu i ako je takav proces potpuno identificiran. Budući da ta pretpostavka nije danas još ispunjena, možemo nabrojene zadatke smatrati mogućnostima koje će se u budućnosti ostvariti.

5.1. Regulacija frekvencije kao sekundarna regulacija, koja se danas obavlja posebnim automatima, može se pomoću računala voditi tako da računalo dobiva u kratkim vremenskim razmacima (1 do 5 sek.) informacije o odstupanju predane snage i frekvencije od postavljanja karakteristike. Na osnovi toga, prema regulacionoj karakteristici koja je uprogramirana, daje naredbe turbinskim regulatorima regulacionih agregata u EES. Ova aktivnost međutim ne dolazi u obzir za računalo koje se primjenjuje za vođenje DEES.

5.2. Optimalna razdioba djelatne snage

Ni ovaj zadatak nije karakterističan za DEES jer se na razdiobu djelatne snage utječe djelovanjem na turbinske regulatore agregata (rjeđe: poprečnom regulacijom napona).

Zadatak se rješava tako, da se računa optimalna razdioba snaga odgovarajućom metodom (obično se metode osnivaju na dinamičkom programiranju) u vremenskim razmacima oko 1 min, i na osnovi toga daju naredbe turbinskim regulatorima.

5.3. Optimalna razdioba jalove snage

Tokovima jalove snage može se, kako je poznato, upravljati uzdužnom regulacijom napona (regulacioni transformatori) ili prizvodnjom induktivne jalove snage u sinhronim kompenzatorima, odnosno kondenzatorskim baterijama.

Optimalna razdioba se računa tako, da ukupni gubici prijenosa budu minimalni, na osnovi čega se daju naredbe za upravljanje transformatorima i kondenzatorima.

Iako vlada mišljenje da takvi računi u DEES, gdje se radi o relativno malim dužinama vodova ekonomski nisu opravdani, razumno je pomišljati na upravljanje uređajima za kompenzaciju ovisno o opterećenju u sistemu.

5.4. Regulacija napona koja se može izvršiti procesnim računalom je također sekundarna regulacija kojom se dodatno, na regulaciju automatskih regulatora uzbude na generatorima i automatskih regulatora napona na transformatorima, upravlja tokovima jalove snage. Tu su, s obzirom na referencu, moguća dva pristupa:

1) kao referenca se uzima napon u čvorovima sistema, ili
2) ukupna jalova snaga u sistemu.

Međutim, za primjenu procesnog računala u regulaciji napona u konkretnom DEES potrebno je prethodno dobro istražiti na kojim je mjestima i u kolikoj mjeri potrebno izvršiti zahvate na regulaciji napona i proizvodnji jalove snage, da bi regulacija bila uspješna.

Budući da naponske prilike u DEES u mnogome ovise o naponima u nadređenoj prijenosnoj mreži, to se i regulacija napona u takvim sistemima mora funkcionalno provesti s naponskim prilikama u prijenosnoj mreži.

5.5. Nadređeni zadaci zaštite DEES

U situacijama hoda dolazi u pitanje stabilnost EES, moguće je mjeriti frekvenciju isklapati pojedine dijelove DEES i time rasterećujući sistem pridonijeti mjerama za sprečavanje njegova raspada. Umjesto potfrekventnih releja isklapanje se može voditi posebnim programom u procesnom računalu i privoditi u stupnjevima, uzimajući u obzir veličinu frekvencije i važnost dijelova DEES.

5.6. Promjena uklopnog stanja, u zatvorenoj petlji, može se predvidjeti za neke druge slučajeve, npr.: automatsko uklapanje i isklapanje transformatora u paralelnom radu ili programirana promjena uklopnog stanja za slučajeve kvara ili preopterećenja, kada su takvi slučajevi već uspješno ispitani u otvorenoj petlji.

6. Zaključak

Elektrodistributivna poduzeća u Jugoslaviji nalaze se na takvom stupnju razvoja, da ili imaju pogon s daljinski upravljanim stanicama, s kojima se upravlja iz Dispečerskog centra, ili ga namjeravaju uvesti. U jednom i drugom slučaju razmišlja se o daljnjem, višem stupnju, automatizacije pogona koji se može postići upotrebom procesnog računala s ciljem da se još više poveća kvaliteta električne energije i istovremeno smanje troškovi pogona većim mogućnostima analize.

Uvodeći procesno računalo nužno se moraju razmotriti svi zadaci za koje postoji mogućnost obrade na procesnom računalu. Nakon razmatranja tehničkih mogućnosti potrebno je zadatke razmotriti s ekonomskog stajališta i nakon toga za one zadatke koji će se obrađivati na računalu izvršiti potrebne pripreme. Pripreme moraju pokazati za svaku obradu da li se pogon nalazi na potrebnoj razini da bi se primjenilo računalo, odnosno, ako ta razina još nije postignuta kada će se postići. Time je, naime, određen trenutak za angažiranje investicija u procesno računalo i pripadnu opremu.

U ovom radu su klasificirani i razmotreni zadaci koji se u vođenju pogona tehnički mogu ostvariti s pomoću procesnog računala. Vjerojatno nisu spomenuti svi zadaci, jer oni ovise između ostalog i o tome koje se sve aktivnosti u distributivnom poduzeću žele obrađivati na ovoj vrsti računala, kao i o funkciji distributivnog poduzeća u organizaciji elektroprivrede.

Tako, npr., nisu spomenuti zadaci optimiranja proizvodnje toplinske i električne energije u termoelektranama — toplanama što su locirane u svim većim gradovima. Kako se na takvim zadacima ekonomski isplati angažirati procesno računalo (L5) bilo bi razumno razmotriti upravljanje i optimiranje proizvodnjom s istog procesnog računala koje služi za upravljanje DEES, bez obzira što u nas TE-TO nisu osnovno sredstvo elektrodistributivnih poduzeća. Takvo stajalište opravdano je iz dva razloga:

1) Električna energija koju proizvode TE-TO služi isključivo za napajanje potrošača u DEES grada.
2) Isti potrošači konzumiraju i električnu i toplinsku energiju koju proizvodi TE-TO.

Optimalno iskorištenje procesnog računala u okviru djelatnosti unutar i izvan elektrodistributivnog poduzeća moguće je odrediti tek onda, kada se ono uklopi u informacijski sistem poduzeća, odnosno, šire gledano, u informacijski sistem EES.

Literatura

1. Čupin: Procesno računalo i vođenje pogona distributivnog elektroenergetskog sistema, Energija, Zagreb, br. 7—8, 1974.
2. R. J. Pomberger: On — line kontrola električne mreže, JUREMA Zagreb, 1973.
3. UCPTE — Untergruppe: »Rechenanlagen im Betriebstdienst«, 1973.
4. Asal: Netzüberwachung im Verbundbetrieb mit Hilfe von Prozessrechnern, Theorie und praktische Verwirhlichung, doktorska dizertacija, Univerzitet TH (Karlsruhe)
5. Beisinghoff, Hoffmann, Schinze: Prozessrechner für die Leitstelle eines Städtischen EVU Elektrizitätswirtschaft 1974 H.5
6. D. Rumpel: Einsatz von Prozessrechern im Netzbetrieb der Elektrizitätsversorgungsunternehmen Elektrizitätswirtschaft H.20 1968.

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

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

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

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

NAJMANJI MEĐUSOBNI RAZMAK VIJAKA KOD DALEKOVODNIH ČELIČNO-REŠETKASTIH STUPOVA

Mato Petrović

Kako se odredba u vezi s razmakom vijaka u važećim propisima za elektroenergetske vodove znatno razlikuje od takvih odredaba u propisima za iste i druge vrste čeličnih konstrukcija kod nas i u svijetu, u ovome članku je detaljnije razmotrena ta anomalija.

DK 621.316.1:621.315

I

Tehnički propisi za bilo koju granu tehnike se redovito donose na osnovi dobro povjerenih znanstvenih ili iskustvenih spoznaja i to s određenim vremenskim razmakom. Svaka odredba propisa mora biti, popularno rečeno, »dobro odvagnuta« prije njezinog ozakonjavanja. Stoga se redovito javno (a ne samo za uski krug odabranika) objavljuje prednacrt propisa, da bi stručna javnost mogla u dužem vremenskom razdoblju (godinu, dvije ili više) ocijeniti ispravnost, djelotvornost i opravdanost pojedinih odredaba. Zbog naravi stvari ovo razdoblje mora biti razumno odabrano, kako bi se mogle prikupiti eventualne sugestije i kritike.

Nije potrebno posebno isticati kolika je važnost »Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektro-energetskih vodova« (Sl. list 51/73) za veliko područje industrijske djelatnosti i za mnoge grane tehnike. Prema tome sve što je dosad rečeno trebalo je još pedantnije i savjesnije provoditi.

Da bi se vidjelo, gdje je učinjen propust, dobro je pogledati član 291. spomenutih propisa:

Član 291.

Propisani razmaci za veze s pomoću zakovica, odnosno vijaka navedeni su u tablici 10.

RAZMACI ZAKOVICA I VIJAKA

Tablica 10

Razmak	Najmanji redoviot	Najmanji iznimno	Najveći noseće veze	Najveći konstruktivne veze
između dviju susjednih zakovica, bez obzira na smjer sile	$3{,}0\ d_1$	$2{,}5\ d_1$	$6\ d_1$ ili	$8\ d_1$ ili $20\ \delta$
između dvaju susjednih vijaka, bez obzira na smjer sile	$4{,}0\ d_1$	$4{,}0\ d_1$	$6\ d_1$ ili	$8\ d_1$ ili $20\ \delta$
od sredine zakovice (vijka) do ruba elementa u smjeru sile	$1{,}8\ d_1$	$1{,}5\ d_1$	$3\ d_1$ ili	$4\ d_1$ ili $8\ \delta$
od sredine zakovice (vijka) do ruba elementa, okomito na smjer sile	$1{,}5\ d_1$	$1{,}25\ d_1$	$3\ d_1$ ili	$4\ d_1$ ili $8\ \delta$

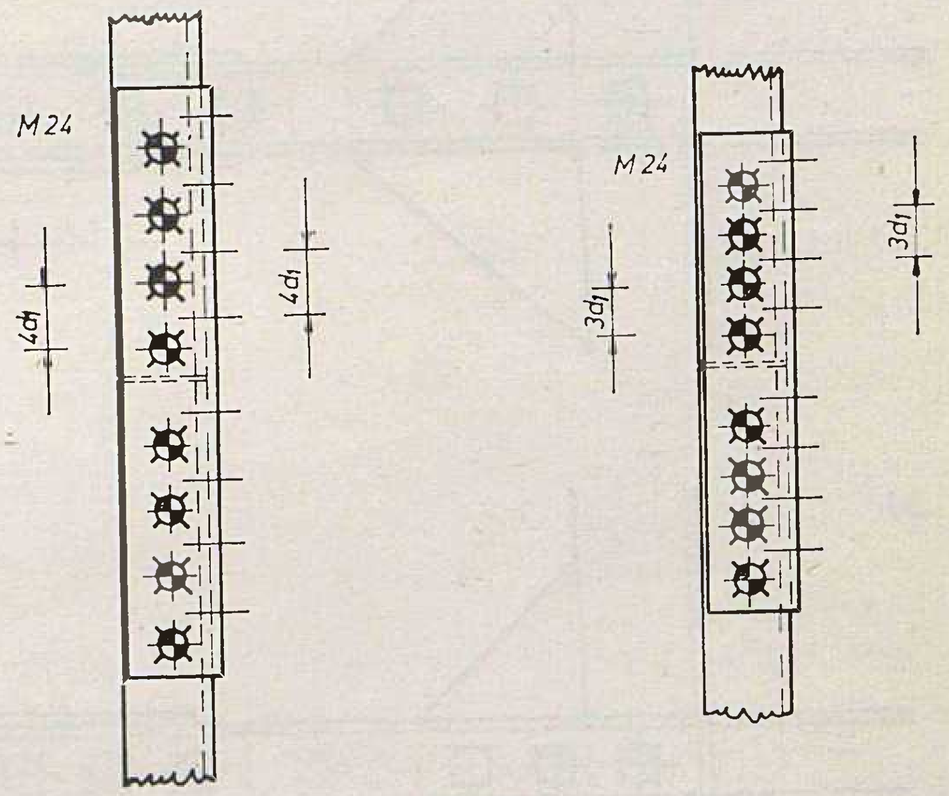
U ovom se članu definira razmak vijaka i zakovica za spajanje elemenata kod čelično-rešetkastih stupova. Pravu važnost člana 291. propisa za projektante i konstruktore čelično-rešetkastih stupova objasnit ćemo, ako kažemo, da je za projektante čelično-rešetkastih stupova propisani razmak rupa za vijke isto, što je za matematičara Pitagorin poučak ili za fizičar Newtonov zakon. Posebno je važan najmanji dopušteni razmak između vijaka. U citatu čl. 291. vidimo (podcrtano) da se propisuje minimalni dopušteni razmak i za redovitu i izvanrednu primjenu 4 d_1, gdje je d_1 promjer rupe za vijak. U većini poznatijih evropskih propisa za sličnu problematiku ovaj razmak je manji i iznosi 3 d_1. Stoga ćemo malo detaljnije i s više aspekata razmotriti tu odredbu.

II

Najprije će biti spomenuto kakve posljedice veći minimalni dopušteni razmak (4 d_1) ima na konstruiranje čelično-rešetkastih stupova. Kog gotovo svakog nastavka ili priključka nosivog štapa teži se redovito što kraćoj vezi, pa bi ovdje moglo biti iznijeto mnogo primjera. No, zbog prostora osvrnut ćemo se samo na tri karakteristična slučaja:

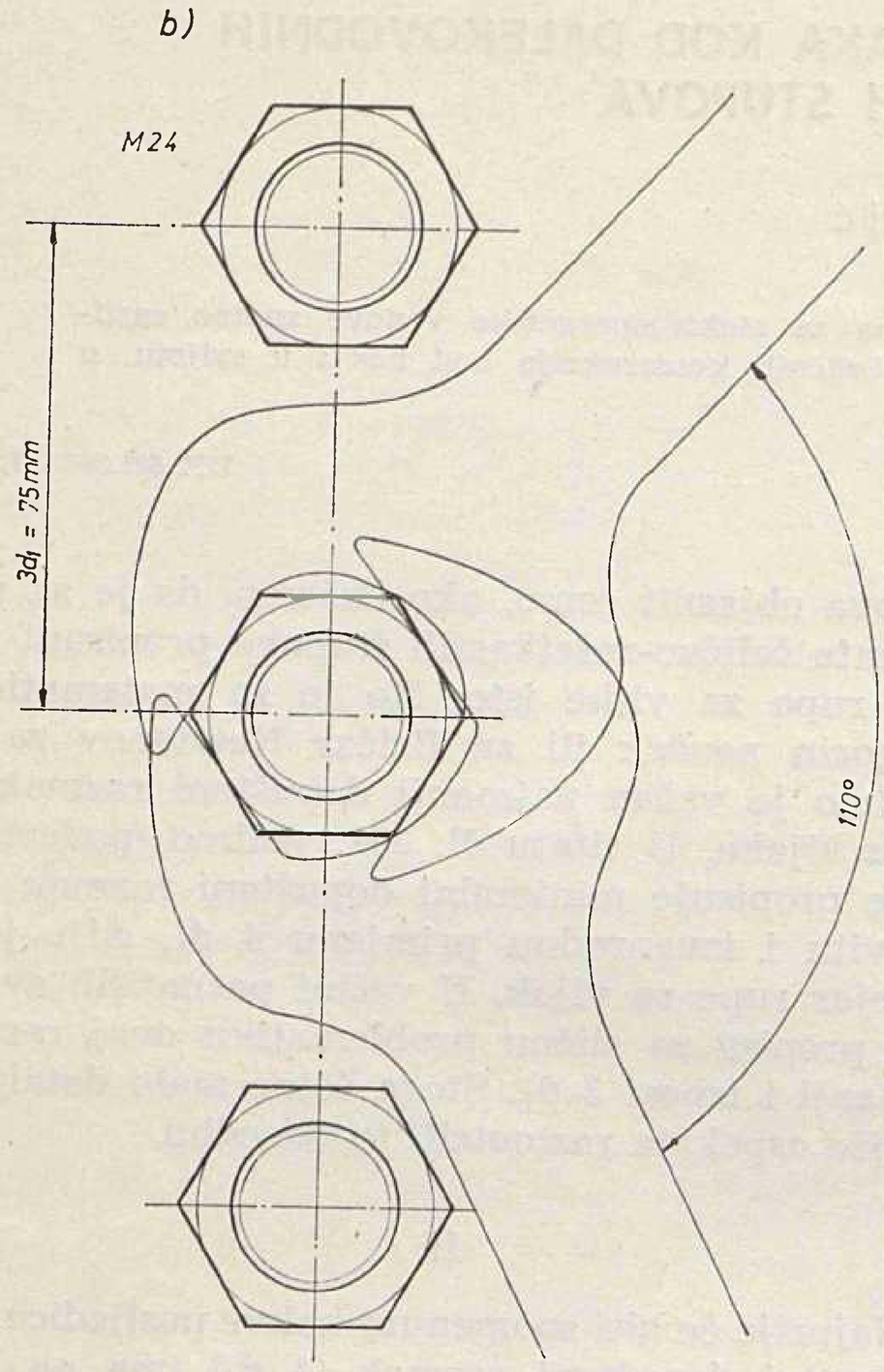
- nastavak pojasnika
- nastavak vodoravnog štapa dvostruke konzole
- priključak dijagonale na pojasnik s dva vijka.

a)



Sl. 1a

Na sl. 1 je prikazan nastavak pojasnika jednog zateznog stupa za 110 kV dalekovod. Vidi se odnos veličine veznog elementa kod razmaka između



Sl. 1b

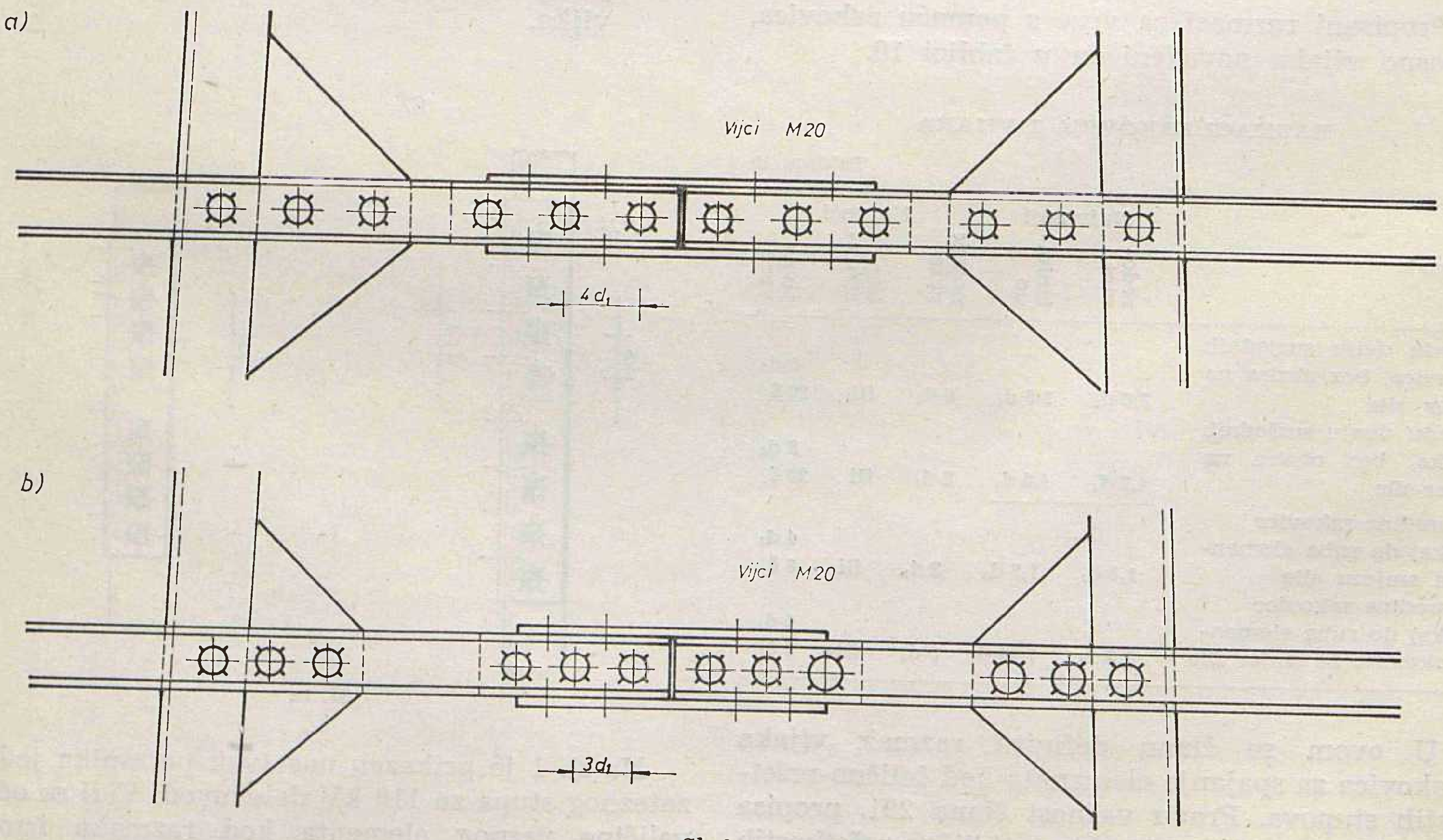
vijaka 4 d_1 i razmaka 3 d_1 (sl. 1a). Za minimalni dopušteni razmak između vijaka 3 d_1 vezni elemenat je manji i kraća je dužina obrade pojasnika. Na sl. 1b se vidi da je i uz primjenu za montažu nespretnog viljuškastog ključa stezanje vijka posve omogućeno, a ako se upotrebljava spretniji okasti ključ, tada je stanje još povoljnije.

Kod nastavka vodoravnog štapa konzole (sl. 2) još se bolje uočuje razlika kod primjene manjeg dopuštenog razmaka među vijcima. S minimalnim međusobnim razmakom od 4 d_1 (sl. 2a) jedva se mogu smjestiti svi vijci, a vezice su znatno dulje, tako da je cijela veza glomazna i neekonomična. Posebno je važno uočiti koliko se kod primjene manjih minimalno dopuštenih razmaka među vijcima (sl 2b) smanjuju čvorni limovi. To se općenito može smatrati najvažnijim konstruktivnim zahtjevima za primjenu što manjih razmaka među vijcima. Ušteda u materijalu može biti znatna uslijed smanjenja dimenzija vezica i čvornih limova, a i sama konstrukcija je prozračnija, tj. manji je koeficijent ispunjenosti, pa je i opterećenje od vjetra na samu konstrukciju manje.

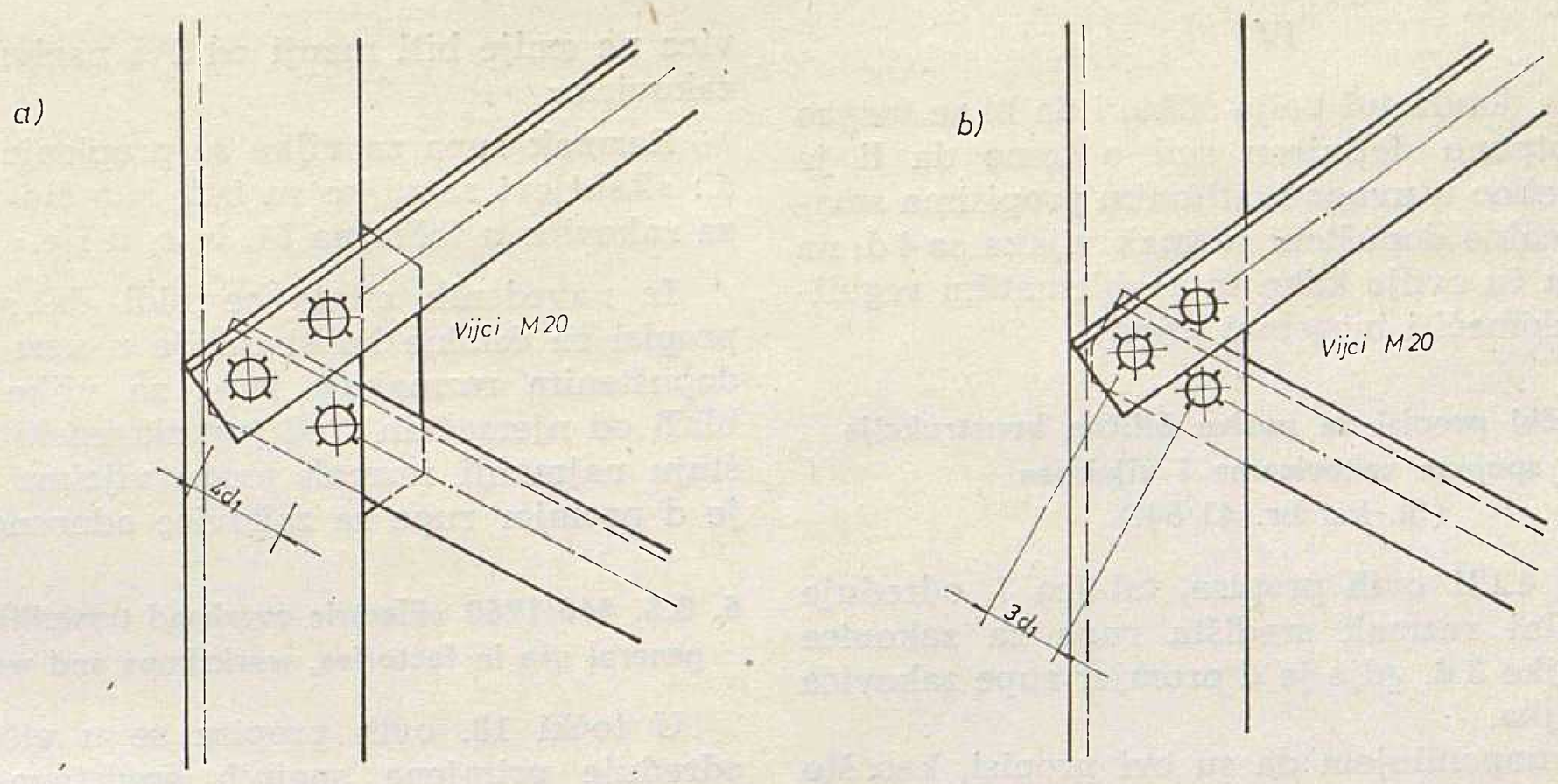
I kao treći primjer, pogledajmo slučaj koji često može nastati kod priključka dijagonale za pojasnik. Na sl. 3 je prikazan spoj dijagonale za pojasnik kod jednog zateznog stupa za DV 2 × 110 kV. Gotovo na svakom opterećenijem čelično-rešetkastom dalekovodnom stupu sličnih čvorova ima mnogo. Dovoljno je usporediti sl. 3a i 3b, pa se odmah uočava koliko je složenija i skuplja izvedba čvora, ako je propisani minimalni dopušteni razmak među vijcima 4 d_1. Ne samo da je potrebno ugraditi dodatni materijal (čvorni lim), nego je još nepovoljnije znatno povećanje utroška rada zbog izrade čvornog lima i varenje lima za pojasnik.

III

Do sada je bilo govora o posljedicama, koje slijede na osnovi odabranog manjeg (3 d_1) ili većeg (4 d_1) minimalno dopuštenog razmaka među susjednim vijcima. U daljnjem tekstu ću se ukratko osvrnuti na kriterije koji trebaju da budu uvaženi



Sl. 2



Sl. 3

kod propisivanja minimalno dopuštenog međusobnog razmaka vijaka kod nosivih elemenata čeličnih konstrukcija.

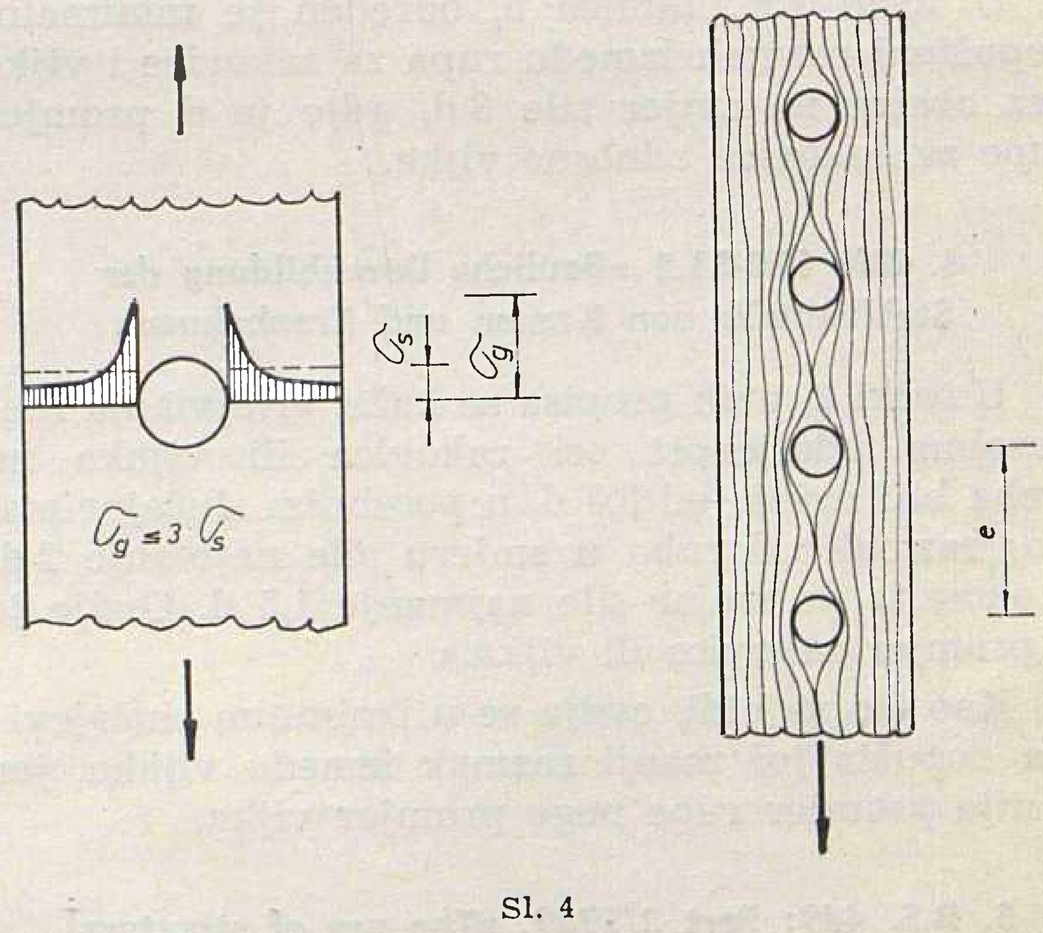
Za određivanje minimalnih međusobnih razmaka vijaka, (o maksimalnim razmacima ovdje ne će biti govora, jer ih ne smatram spornim), u smjeru sile mjerodavna su dva kriterija:

— lagana mogućnost postavljanja i pritezanja vijaka u spoju
— da se zbog pregustog razmještaja rupa u spoju ne smanjuje čvrstoća materijala spojnih elemenata.

U vezi s prvim kriterijem moglo bi se provesti razmatranje s uzimanjem u obzir dimenzija matica, vijaka i dimenzija ključeva za pritezanje, pa tako dokazati da je dovoljan razmak 3 d. Međutim, to nije potrebno. Dovoljno je istaknuti slijedeće: ako je kod montaže svih drugih vrsta čeličnih konstrukcija (visokogradnja, staze dizalica, mostogradnja), gdje je u spojevima daleko veći broj vijaka, moguća laka montaža vijaka, kod minimalnog dopuštenog razmaka $e = 3\,d_1$, tada ne postoji razlog da to ne bude kod montaže dalekovodnih stupova. Kod dalekovodnih stupova su vijci na mjestima gdje se primjenjuje minimalni razmak redovito u jednom redu, a rijeđe u dva reda, dok se u više redova gotovo i ne susreću. Kod drugih vrsta konstrukcija vijci su redovito postavljeni u više redova. Poznato je, da je daleko lakše pritezati vijke poredane u najviše dva reda, jer je tada moguće uvijek prići vijku s ključem s jedne slobodne strane. Prema tome, što se montaže vijaka tiče, dalekovodni rešetkasto-čelični stupovi su znatno povoljniji od drugih vrsta konstrukcija, pa ne postoji razlog strožeg tretiranja toga kriterija kod dalekovodnih stupova, već je čak, što se toga tiče, logično razmotriti eventualnu primjenu dopuštenog manjeg razmaka.

Za razjašnjenje drugog kriterija nije na odmet pogledati, što je s rasporedom naprezanja i čvrstoćom u spojnim elementima. Zbog toga će ovdje biti rečeno nekoliko riječi.*

Na sl. 4 se vidi raspored naprezanja u poprečnom presjeku i raspored silnica u uzdužnom smjeru za prizmatični štap. Ako se smanji razmak e preko određene granice, tada se može dogoditi da se kod izbušenog štapa smanji čvrstoća u odnosu na puni štap. Naime, statička ispitivanja mnogih uzoraka su pokazala da je kod izbušenog štapa s velikim razmakom rupa vlačna čvrstoća materijala i do 10% veća u odnosu na vlačnu čvrstoću



Sl. 4

materijala neoslabljenog štapa, dok je za male razmake rupa vlačna čvrstoća oslabljenog štapa nešto niža od čvrstoće punoga štapa. No, to smanjenje je praktički zanemarivo, pogotovo za diskutirani interval, tj. za razmak $3\,d_1$—$4\,d_1$. Prema tome je jasno, da ovaj razlog, koji bi eventualno išao u prilog povećanju razmaka rupa otpada, tj. smanjenje vlačne čvrstoće materijala uslijed čestog zgušćavanja i širenja silnica je beznačajna za razmake rupa od $e = 3\,d_1$ do $e = 4\,d_1$.

IV

Da bi se dobila još bolja slika, i da bi se mogao stvoriti potpuno definiran sud o tome da li je zaista potrebno u uvodno cititanim propisima smanjiti minimalno dopušteni razmak vijaka sa 4 d_1 na 3 d_1, navest ću ovdje kako tu problematiku reguliraju neki domaći i inozemni propisi.

1. »Tehnički propisi za nosive čelične konstrukcije spojene zakovicama i vijcima«
(Sl. list br. 41/64.)

U točki 4.121 ovih propisa, tablica 7, određuje se minimalni razmak središta rupa za zakovice odnosno vijke 3 d, gdje je d promjer rupe zakovice odnosno vijka.

Ujedno napominjem da su ovi propisi, kao što je općenito poznato, u većini svojih odredbi (koeficijent sigurnosti, najmanji dopušteni presjeci nosivih štapova, i sl.) stroži u odnosu na analogne odredbe »Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektro-energetskih vodova«.

2. VDE 0210/5.69 »Vorschriften für Bau von Starkstrom — Freileitungen«.

O razmaku rupa spojnih sredstava se određuje u članu 2.16 slijedeće: »Najmanji razmak središta rupa iznosi 2,5 d_1«, gdje je d_1 promjer rupe.

3. DIN 1050 »Stahl im Hochbau«

U točki 7.6., tablica 6, određen je minimalni dopušteni razmak između rupa za zakovice i vijke bez obzira na smjer sile 3 d, gdje je d promjer rupe za zakovice odnosno vijke.

4. DIN 120-B1.2 »Bauliche Durchbildung der Stahlbauteile von Kranen und Kranbahnen«

U točki 2. ovih propisa se kaže: »Najmanja međusobna udaljenost osi zakovica ili vijaka ne treba biti manja od 3,5 d, u posebnim slučajevima, 3 d; razmak od ruba u smjeru sile najmanje 2 d, a okomito na smjer sile najmanje 1,5 d. Ovdje je d promjer zakovice ili vijka.«

Kao što se vidi, ovdje se u iznimnim slučajevima dopušta još manji razmak između vijaka, jer d nije promjer rupe nego promjer vijka.

5. B.S. 449: Part 2/1969. »The use of structural steel in building«

U točki 51. b. se određuje minimalni razmak između zakovica: »Razmak između središta zakovica ne smije biti manji od 2½ nazivna promjera zakovica.«

Razmak rupa za vijke se propisuje u točki 52. a.: »Zahtjevi za vijke su isti, kao što je određeno za zakovice u točkama 51. b, c, d i e.«

Iz navedenih citata se vidi da su britanski propisi za čelične konstrukcije u vezi s najmanje dopuštenim razmakom rupa za vijke i zakovice blaži od njemačkih i od jugoslavenskih, jer dopuštaju najmanji razmak među vijcima 2,5 d, gdje je d promjer rupe za zakovice odnosno vijke.

6. B.S. 466/1960 »Electric overhead trawelling cranes for general use in factories, warkshops and warehauses«

U točki 18. ovih propisa se u više odjeljaka određuje primjena spojnih sredstava za nosive i konstruktivne elemente. Za najmanji dopušteni razmak između zakovica se određuje da ne smije biti manji od 2,5 promjera zakovice. U istoj točki se utvrđuje kada se smiju upotrijebiti vijci i koja vrsta vijaka se smije upotrijebiti za nosive, odnosno za konstruktivne elemente. Ne preciziraju se posebni zahtjevi za razmake rupa kod vijaka ako se upotrijebe, tako da se kod primjene vijaka primjenjuju odredbe kao za zakovice.

V

Na kraju, nije teško na temelju do sada provedenog razmatranja donijeti zaključak. Detaljnije je razmotreno kakve negativne posljedice pri konstruiranju čelično-rešetkastih stupova izaziva minimalno dopušteni razmak među vijcima 4 d_1, zatim koje zahtjeve općenito valja uvažiti kod propisivanja najmanjeg međusobnog razmaka vijaka i konačno, kako to reguliraju neki drugi propisi.

Kao što se vidi, ne može se uočiti niti jedan razlog u prilog odredbe ovdje citiranih propisa, tj. da najmanji dopušteni razmak među vijcima bude 4 d_1, gdje je d_1 promjer rupe. Predlažem stoga, da se promijeni odredba »Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektro-energetskih vodova«, tako da se u članu 291. promjeni tablica 10, tj. da u drugom redu te tablice umjesto dosadašnje vrijednosti za najmanji dopušteni razmak među vijcima bude stavljeno 3 d_1, gdje je d_1 promjer rupe.

---

* Detaljnije vidi u knjizi: F. Stüssi: »Grundlagen des Stahlbaues, zweite neubearbeitete Auflage«, Springer-Verlag, Berlin, izd. 1971.

Naslov pisca: Mato Petrović, dipl. ing., Dalekovod, Zagreb, OOUR Industrijska proizvodnja

KAMENAC NA ELEKTRIČNIM GRIJAČIMA — UZROK VEĆEG UTROŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U BOJLERIMA

U doba velike nestašice električne energije i njene nužne štednje postavljen je u našoj republici zadatak, da uobičajeno iskapčanje potrošača s električne mreže mora biti posljednja mjera. Taj će zadatak biti to lakše ostvariti, što će se više smanjiti nepotrebno trošenje električne energije. Priključujući se općim naporima za ostvarenje uštede, odnosno smanjenje nepotrebnih utrošaka električne energije, autori su izvršili niz mjerenja na električnim bojlerima prije i poslije uklanjanja kamenca s njihovih električnih grijača.

Rezultate tih mjerenja i njihovu obradu iznose autori u ovom članku.

Kamenac koji se taloži na stijenkama kotlovskih bubnjeva i cijevi godinama predstavlja veliki problem pogonskom osoblju pri eksploataciji kotlovskih i energetskih postrojenja, i pri tome uvjetuje osjetno veće utroške goriva nego li je to potrebno. Poznato je, da je uzrok taloženja kamenca nekvalitetna voda za napajanje parnih kotlova, jer u sebi sadrži razne sastojine i nečistoće. Za takvu se vodu kaže, da ima preveliku tvrdoću. Za tvrdoću vode u nas je prihvaćen tzv. njemački stupanj tvrdoće (^{0}njem).

Jedan njemački stupanj tvrdoće odgovara rastopini od 10 mg kalcijevog oksida (CaO) u jednoj litri vode. Ako tvrdoću vode izražavamo pomoću rastopine magnezijevog oksida (MgO), tvrdoći od 1^{0}njem. odgovara rastopina od 7,14 mg MgO u jednoj litri vode.

Radi razlikovanja vode primjenjuje se, na prijedlog Klut-a, podjela vode prema tablici 1.

Tablica 1

Ukupna tvrdoća vode (°njem)	Oznake
0 ... 4	veoma meka voda
4 ... 8	meka voda
8 ... 12	srednje tvrda voda
12 ... 18	tvrda voda
18 ... 30	prilično tvrda voda
preko 30	vrlo tvrda voda

Ukupnu tvrdoću vode sačinjavaju:

— karbonatna tvrdoća i
— nekarbonatna tvrdoća.

Karbonatna tvrdoća vode, koju čine kalcijevi i magnezijevi kabronati i bikarbonati, može u prirodnim vodama iznositi najviše 25^{0}njem. Budući da se najveći dio ovih sastojaka izluči pri kuhanju vode, to se karbonatna tvrdoća naziva prolaznom tvrdoćom vode.

Nekarbonatna tvrdoća, koju čine kloridi, nitrati, sulfati, fosfati i silikati kalcija i magnezija, i to prvenstveno zbog velike rastvorljivosti sadre (kalcijevog sulfata), može iznositi i više od 100^{0}njem. Nekarbonatna tvrdoća se ne gubi pri kuhanju, pa se naziva stalna tvrdoća vode.

Raznim načinima pripreme i omekšavanjem pojne vode za parne kotlove, problem kamenca sveden je na razumnu mjeru. Kamenac, koji se ipak nataloži na stijenke parnih kotlova u tankim slojevima, više ne treba strugati ili tucati (»klepati«) s kotlovskih bubnjeva i cijevi jer su pronađeni načini njegovog uklanjanja raznim kemijskim postupcima, kojima se otklanja brzo, jeftino i bez mehaničkih oštećenja.

Međutim, problemu kamenca koji se stvara prilikom zagrijavanja vode u električnim bojlerima, iako već odavno uočenom, nije poklonjena dovoljna pažnja. Ni protiv šteta koje nam on nanosi nismo se do danas dovoljno efikasno borili, bolje rečeno, nismo se borili sistematski.

Svi električni bojleri u kućanstvima opskrbljuju se vodom iz centralnih, gradskih vodovoda ili individualnih hidroforskih postrojenja. Za tu vodu se može sa sigurnošću reći, da je daleko veće tvrdoće od pripremljene i omekšane vode, koja se danas upotrebljava za napajanje parnih kotlova.

U tablici 2. su navedene kao primjer, vrijednosti ukupne i karbonatne tvrdoće vode iz vodovoda nekih naših gradova.

Tablica 2

Grad	Ukupna tvrdoća (°njem.)	Karbonatna tvrdoća (°njem.)
Zagreb	20 ... 25	15 ... 20
Sisak	7 ... 12	6 ... 8
Beograd — Bele vode	12,6	12,3
Beograd — Reni bunar	25,4	18,8
Novi Sad	10,7	5,2

Iz ovih podataka o tvrdoći vode, vidimo da se ona iz gradskih vodova kreće prema podjeli iz tablice 1, između »srednje tvrde vode« i »prilično tvrde vode«.

Voda za piće mora imati neku tvrdoću, jer meka voda ima bljutav okus, a veoma tvrda voda bljutav i olovan okus. Najbolji okus ima voda ukupne tvrdoće 10 .... 15^{0}njem.

Prema tome, kod zagrijavanja takve vode neminovna je pojava taloženja kamenca na električnim grijačima u bojlerima.

Pod kamencem razumijevamo smjesu u obliku tanke kamene naslage što se hvata na stijenkama električnih grijača. Onaj kamenac, koji nastaje od soli koji čine stalnu tvrdoću vode, vrlo je teško ukloniti, jer je čvrst, dok onaj kamenac koji nastaje od bikarbonata, dakle od sastojaka koji uvjetuju prolaznu tvrdoću vode, čini površinu rahlom ili se taloži na dnu bojlera kao

mulj. Ovisno o dužini vremenskog razmaka između dva čišćenja kamenca nataloženog na električne grijače bojlera, debljina sloja kamenca iznosi i nekoliko milimetara. U bojlerima koji nekoliko godina nisu čišćeni, a tih nije mali broj, na cijevne grijače se nataloži toliko kamenca da to sve dobije izgled kamene gromade, a na dnu bojlera se nataloži i nekoliko litara mulja i kamenca, koji je uslijed naglog hlađenja popucao i otpao s električnih štapnih grijača.

Tvrdi sloj kamenca, koji se talože na električne štapne grijače u bojleru, ima vrlo loš koeficijent toplinske vodljivosti λ. Radi usporedbe navest ćemo koeficijente toplinske vodljivosti samo za neke materijale:

— za bakar	260 . . . 340 kcal/m² h°C
— za željezo	40 . . . 60 kcal/m² h°C
— za kamenac	1 . . . 3 kcal/m² h°C

Uslijed tako lošeg koeficijenta toplinske vodljivosti kamenca dolazi do osjetnog povišenja temperature metalnih cijevi električnih štapnih grijača u bojleru, što sasvim sigurno smanjuje njihovu životnu dob. Osim toga, ako debeli krhki sloj kamenca naglo pukne, voda dolazi u dodir s užarenim metalnim cijevima grijača. Cijevi se tada naglo hlade i stežu zbog čega dolazi do njihovog pucanja i nužne zamjene grijača novim. Pri naglom hlađenju kamenac postaje suviše tvrd, a baš to se je slučaj kod električnih bojlera, pa pucanje kamenca, a uslijed toga i cijevnih grijača, nije rijetka pojava.

Razumljivo je, da zbog malog koeficijenta toplinske vodljivosti kamenca, za zagrijavanje neke količine vode u električnom bojleru valja utrošiti veću količinu električne energije nego što bi to trebalo kad tog kamenca ne bi bilo. Evidentno je, da će utrošak električne energije biti to veći, što je veći sloj kamenca na električnim štapnim grijačima u bojleru.

Da bi došli do podataka i odgovora na pitanje, koliko se više utroši električne energije u bojleru zbog naslage kamenca, autori su izvršili čitav niz mjerenja i poslije čišćenja kamenca. Rezultati tih mjerenja prikazani su u tablici 3.

Utrošak električne energije za zagrijavanje vode u bojleru izračunali smo kao umnožak nazivne snage grijača i potrebnog vremena za zagrijavanje, te količine vode, prije i poslije čišćenja kamenca s električnih štapnih grijača. Pri tom nismo mjerili temperaturu vode iz gradskog vodovoda (početnu temperaturu), niti temperaturu zagrijane vode (konačnu temperaturu), jer smo oba mjerenja na bojleru, prije i poslije čišćenja kamenca, izvršili istoga dana, što znači, da je početna temperatura bila jednaka, a konačna temperatura vode bila je određena iskapčanjem grijača pomoću termostata, što znači da je i ona u oba slučaja bila jednaka. To je i razumljivo, jer je termostat prije i poslije čišćenja kamenca bio namješten na iskapčanje pri istoj temperaturi.

Uz podatke navedene u tablici 3 sigurno bi dobro došao podatak o vremenu upotrebe bojlera od posljednjeg čišćenja električnih grijača, do čišćenja kada su obavljena ova mjerenja. Na žalost, s tim podacima ne raspolažemo, ali po grubom sjećanju korisnika bojlera, na kojima su obavljena mjerenja, oni su od posljednjeg čišćenja upotrebljavani oko dvije do četiri godine.

Još interesantniji bi bio podatak o ukupnom broju zagrijavanja vode u bojleru između dva čišćenja od kamenca, njegovih električnih štapnih grijača, odnosno o intenzitetu korištenja tog bojlera. Na temelju baš tog podatka moglo bi se odrediti kada valja pristupiti čišćenju bojlera, jer bi se tada mogao sastim točno ustanoviti intenzitet taloženja kamenca na električnim štapnim grijačima. Valja ipak reći, da bi i na ovaj način određeno kada treba čtisiti bojler od kamenca vrijedilo samo za jedan grad, jer se iz podataka o tvrdoći vode navedenih u tablici 2 jasno vidi da je tvrdoća vode u raznim gradovima različita. Stoga je i intenzitet stvaranja kamenca, uz jednaki broj upotrebljavanih bojlera i uz uvjet da se voda zagrijava do iste temperature, veoma različit za razne gradove.

Tablica 3

Nazivna snaga el. grijača (W)	Nazivni volumen bojlera (l)	Vrijeme zagrijavanja (min.) prije čišćenja	Vrijeme zagrijavanja (min.) poslije čišćenja	Utrošak energije (kWh) prije čišćenja	Utrošak energije (kWh) poslije čišćenja	Razlika
1.500	10	26	24	0,650	0,600	0,050
1.500	10	30	25	0,750	0,625	0,125
1.500	10	32	24	0,800	0,600	0,200
1.500	10	31	24	0,775	0,625	0,150
1.500	10	36	25	0,900	0,625	0,275
1.500	10	28	24	0,700	0,600	0,100
1.500	10	38	24	0,950	0,600	0,350
1.500	10	36	24	0,900	0,600	0,300
1.500	10	34	34	0,850	0,625	0,175
1.500	10	30	24	0,750	0,600	0,150
1.500	50	162	131	4,050	3,275	0,775
1.500	50	190	132	4,750	3,300	1,450
1.500	50	171	132	4,273	3,300	0,973
1.500	50	192	140	4,800	3,500	1,300
1.500	50	184	136	4,600	3,400	1,200
1.500	50	180	162	4,500	4,050	0,450
1.500	50	174	136	4,350	3,300	1,050
1.500	50	183	161	4,575	4,025	0,550
1.500	50	165	142	4,128	3,550	0,478
1.500	50	182	160	4,550	4,000	0,550

Iz navedenih rezultata u tablici 3, vidimo, da uslijed postojanja kamenca na električnim štapnim grijačima bojlera nazivnog volumena 10 litara kod 10 provedenih ispitivanja, prosječno utrošimo za jedno zagrijavanje vode:

$$A_{10} = \frac{1{,}875}{10} = 0{,}187 \text{ kWh}$$

električne energije više nego što je to stvarno potrebno. Bojleri tolikog sadržaja vode instalirani su obično u kuhinjama i njihova upotreba je intenzivna, pa smatramo, da se sasvim realno može pretpostaviti da se u njima voda prosječno dnevno zagrijava najmanje dva puta — dakle godišnje ukupno:

$$n = 730 \text{ puta.}$$

Budući da nismo nigdje mogli pronaći statističke podatke o broju, u našoj republici instaliranih bojlera nazivnog volumena 10 l, kao ni podatke o broju ostalih bojlera (jer izgleda da ti podaci nisu sređeni), to ćemo pretpostaviti, da svako petnaesto kućanstvo u SRH ima instaliran takav kuhinjski bojler. Broj kućanstava u našoj republici iznosio je prema popisu od 1971. g.

$$n_k = 1{,}289.000 \text{ kućanstava}$$

iz čega slijedi, da se zbog postojanja kamenca na električnim štapnim grijačima, samo u bojlerima nazivnog volumena 10 l godišnje utroši električne energije za:

$$A_1 = A_{10} \cdot n \cdot \frac{n_k}{10} = 0{,}187 \cdot 730 \cdot \frac{1{,}289.000}{15} = 11{,}730.713 \text{ kWh}$$

više nego što je to stvarno potrebno.

Iz podataka navedenih u tablici 3 također slijedi, da se u električnom bojleru nazivnog volumena 50 l, kakvi su obično instalirani u kupaonicama, zbog postojanja kamenca na električnim grijačima, za jedno zagrijavanje vode prosječno utroši električne energije za:

$$A_{50} = \frac{8{,}776}{10} = 0{,}877 \text{ kWh}$$

više nego što je to stvarno potrebno.

Uz pretpostavku da svako dvadeseto kućanstvo u našoj republici ima instaliran bojler volumena 50 litara i uz njhiovo korištenje od:

$$n_1 = 150 \text{ puta godišnje}$$

nepotrebno se godišnje utroši električna energija od:

$$A_2 = A_{50} \cdot n_1 \cdot \frac{n_k}{10} = 0{,}877.150 \cdot \frac{1{,}289.000}{20} = 8{,}478.387 \text{ kWh.}$$

Dakle, u električnim bojlerima instaliranim u kućanstvima s obzirom na njihov veliki broj (uvjereni smo, da smo u našim pretpostavkama bili suviše skromni, jer bojlera ima znatno više, a i više se koriste), zbog nepravilnog održavanja, a moglo bi se čak reći i zbog krajnjeg nemara, nepotrebno se samo u našoj republici utroši godišnje:

$$A = A_1 + A_2 = 11{,}73 + 8{,}478 = 20{,}208 \text{ GWh}$$

električne energije s kojom smo danas, a bit ćemo još i narednih nekoliko godina, toliko deficitarni, da to ne smijemo dalje dopustiti. Stručnjaci su dužni pregledati i poduzeti mjere, koje će spriječiti nepotrebne utroške električne energije.

Na temelju navedenih podataka smatramo, da bi trebalo:

1. potrošače obvezati da svoje bojlere barem jedamput godišnje čiste od kamenca bez obzira na to što je u praksi usvojeno mišljenje, da je to dovoljno svake dvije godine.
2. uvesti evidenciju o čišćenju bojlera putem potvrde izvršitelja čišćenja (potvrdu bi čuvao potrošač i na zahtjev distributera morao bi je predočiti), a da se potrošače koji svoj bojler ne očiste od kamenca u roku od, najviše, 14 mjeseci isključi iz elektrodistributivne mreže nekoliko dana, kao nedisciplinirane potrošače.

Redovito čišćenjem električnih grijača u bojlerima od kamenca imali bismo mnogostruke koristi, od kojih navodimo samo neke:

1. ušteda električne energije, koja kao što smo vidjeli ne bi bila mala, mada se može prigovoriti i reći da grijači u bojleru ne mogu biti bez kamenca, jer se on neprestano taloži, pa je i utrošak električne energije veći nego kad bi u bojlerima imali električne grijače bez ikakvog sloja kamenca.
2. manji financijski izdaci potrošača za stvarno manje utrošene količine električne energije.
3. kod svakog zagrijavanja dobivanje veće količine tople vode nego što je to slučaj, kada se u bojleru nalazi znatna količina kamenca i mulja.
4. brže zagrijavanje vode u bojleru.
5. povećanje životne dobi električnih grijača, koji se zbog dobrog hlađenja okolnom vodom ne usijavaju previše.
6. otvaranje novih radnih mjesta i zapošljavanje određenog broja kvalificiranih radnika, dakle doprinos rješavanju problema nezaposlenosti, što u sadašnjem momentu nije beznačajno.

Autori se namjerno nisu upuštali u troškove i ekonomsku opravdanost čišćenja bojlera od kamenca, jer prilično dobro poznaju probleme koji nastaju u industriji zbog nedovoljnih količina, odnosno redukcije električne energije, kao i štete koje, kako industrija tako i čitava društvena zajednica, imaju zbog gubitaka u proizvodnji.

Uvjereni smo, da su troškovi zbog čišćenja kamenca u bojlerima mnogostruko manji od gubitaka koji nastaju u industriji zbog nedovoljnih količina električne energije, odnosno smanjene proizvodnje, pa ih se realno gledajući, može potpuno zanemariti.

Ipak za eventualnu izradu ekonomske analize navodimo da je za jedno čišćenje bojlera od kamenca i nataloženog mulja, uz promjenu brtvenog prstena (što je vrlo često nužno izmijeniti) potreban oko 1,5 radni sat.

Ivan Cvitan, dipl. ing.; Marija Fiala, dipl. ing.,
»Elektra« — Sisak

PRIKAZ ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I KUĆANSTAVA SR HRVATSKE U 1973. GODINI

Ovi tablični i dijagramski prikazi »Stanja elektrificiranosti naselja i kućanstava na dan 31. XII 1973.« treba da prikažu najnovije stanje elektrificiranosti Hrvatske i njen razvitak do danas.

Dijagram 1 i 2 prikazuju razvitak elektrifikacije kroz veće vremensko razdoblje od 1945—1973. godine, te njezin porast u postocima u istom razdoblju. Uočljivo je da se krivulja elektrificiranosti naselja i kućanstava popela u 1973. godini prema najvećem postotku elektrificiranosti, a u skoroj budućnosti će i dostići taj postotak.

Na području Hrvatske postoje općine koje zaostaju u razvitku elektrifikacije kućanstava a prikazane su u tablici 1, u razdoblju od 1964. do 1973. godine. Neke općine su u 1973. godini mnogo više elektrificirane u odnosu na kućanstva prethodnih godina, i svrstale se

Diagram 1. RAZVOJ ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA U SR HRVATSKOJ U RAZDOBLJU OD 1945. DO 1973. GODINE

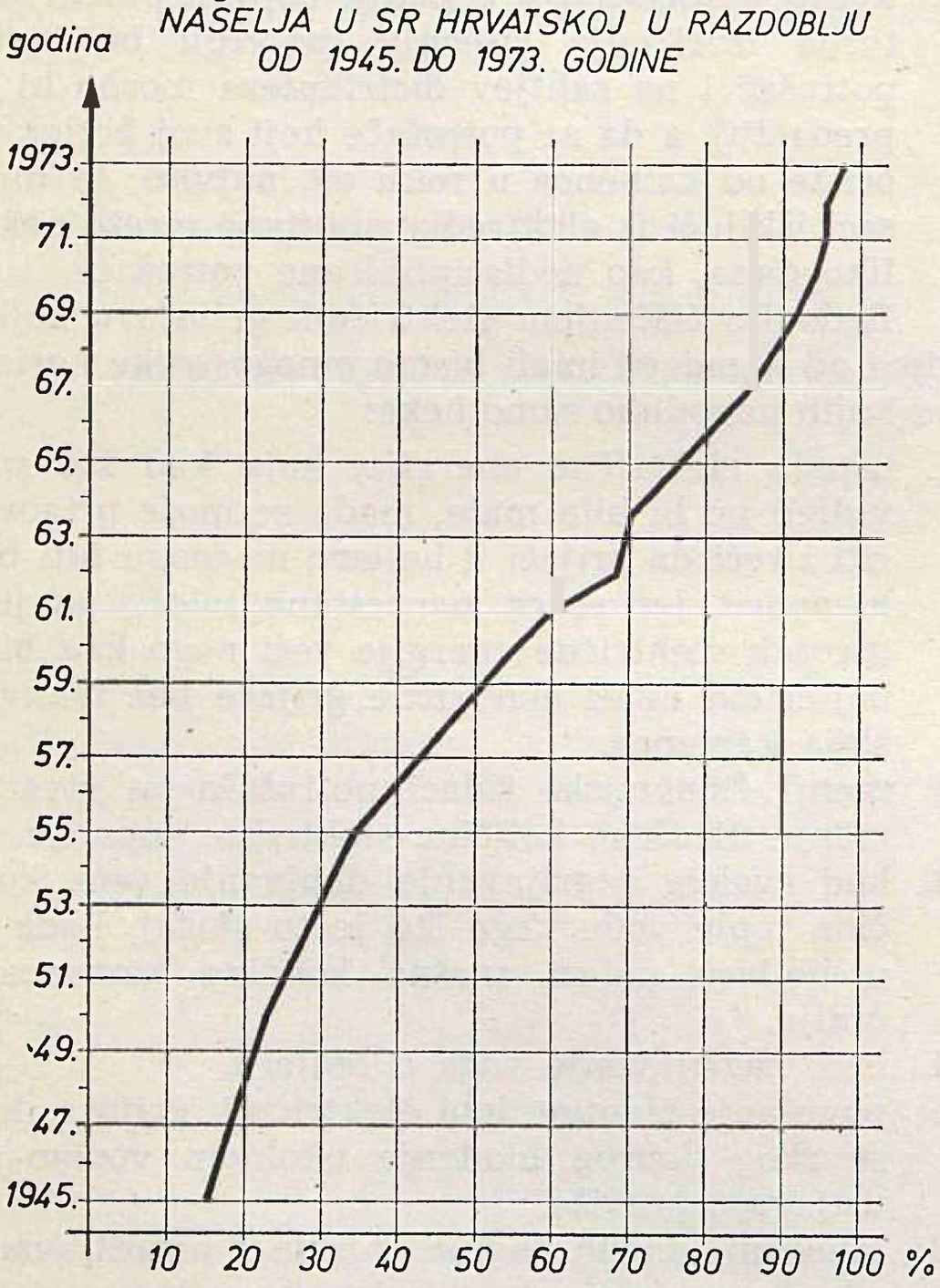
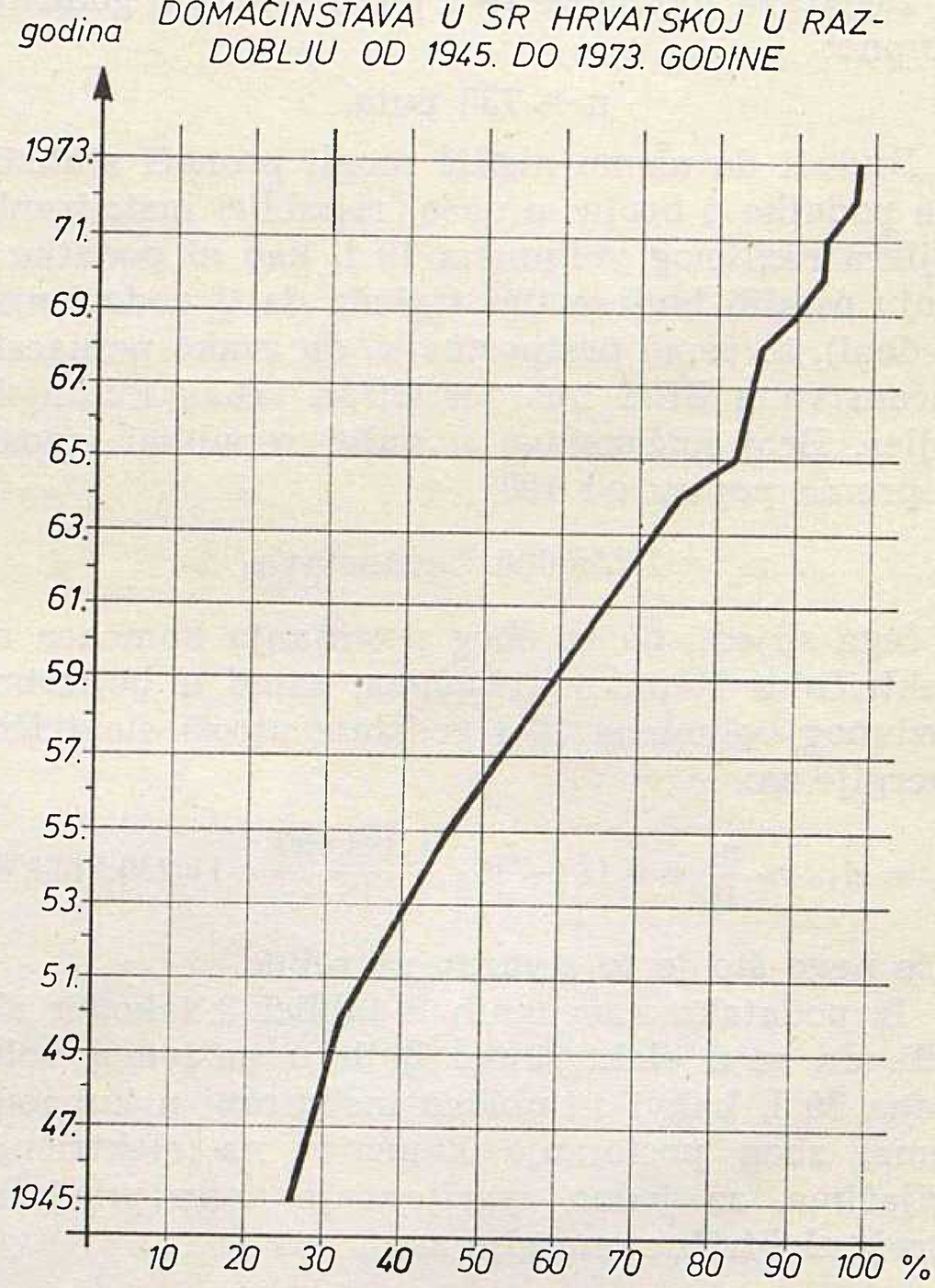


Diagram 2. RAZVOJ ELEKTRIFICIRANOSTI DOMAĆINSTAVA U SR HRVATSKOJ U RAZDOBLJU OD 1945. DO 1973. GODINE



Postotak elektrificiranosti kućanstva u općinama s najvećim zaostajanjem elektrifikacije

Tablica 1

Općina	Postotak elektrificiranosti kućanstva									
	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.
Obrovac	7	9	11	13	20	25	36	39	40	41
Gračac	25	25	26	33	33	45	49	57	63	65
Slunj	15	34	35	43	45	48	54	60	61	70
Senj	—	—	43	43	56	56	56	61	61	73
Benkovac	13	15	17	20	33	38	43	50	62	74
Beli Manastir	—	—	—	69	69	69	71	73	75	75
Vrginmost	21	24	24	32	37	44	58	73	74	78
Đakovo	—	—	—	64	69	70	73	77	79	79
Podrav. Slatina	34	36	42	50	58	64	67	78	79	79
Gospić	36	40	47	57	57	62	65	74	78	80
Županja	—	—	—	71	73	76	76	79	79	80
Donji Lapac	23	27	34	42	42	63	68	73	78	82
Našice	—	—	—	70	75	77	78	82	82	82
Titova Korenica	13	20	21	34	48	57	62	71	78	84
Vinkovci	—	—	—	81	80	85	85	85	84	84
Slav. Brod	—	—	—	74	75	78	82	84	85	85
Slav. Orahovica	—	—	—	69	70	73	74	84	85	85

Tablica 2

Stanje elektrificiranosti naselja i kućanstava u SRH na dan 31. XII 1973.

Poduzeća	Površina km²	Naselja				Kućanstva				
		Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano broj	Elektrificiranost %	Ukupno broj	Elektrificirano broj	Neelektrificirano u elektrific. naseljima	Neelektrificirano u neelektrific. naseljima	Elektrificiranost %
Elektrolika Gospić	5.563	252	236	16	93	28.520	23.258	695	4.567	81
Elektra Karlovac	4.224	761	754	7	99	62.257	59.689	1.150	1.418	96
Elektroslavonija Osijek	10.121	742	697	45	94	231.292	198.392	31.967	933	89
Elektroistra Pula	2.820	638	631	7	99	53.819	53.603	111	105	100
Elektroprimorje Rijeka	4.260	611	579	32	95	97.539	96.366	26	1.147	99
Elektra Sisak	3.302	375	374	1	100	55.168	48.565	6.596	7	88
Elektrodalmacija Split	12.043	895	843	52	95	215.138	206.126	3.692	5.320	96
Elektra Zagreb	14.205	2.410	2.400	2	100	508.686	496.335	12.311	40	98
SR Hrvatska	56.538	6.684	6.522	162	98	1.252.419	1.182.334	56.548	13.537	94

među one sa visokim stupnjem elektrificiranosti, i prestale biti općine s najvećim zaostajanjem u elektrifikaciji.

Tablica 3. nam daje pregled stanja elektrificiranosti naselja i kućanstava, po distributivnim poduzećima, i površini (km²) i ukupnom broju naselja i kućanstava na području njihovog djelovanja. U tablici je interesantan podatak, da je u 1973. godini elektrificirano 98% naselja i 94% kućanstava.

Obradila: el. tehn. Mirjana Crnčić
Sektor — razvoda i distribucije
Poslovnog udruženja
elektroprivrednih organizacija
SRH

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

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

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

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

Potrošnja električne energije u SR Njemačkoj

Godišnji porast potrošnje svih vrsta energije zemalja Evropskog zajedničkog tržišta iznosio je u posljednjih 20 godina 5,3%.

SREDNJI GODIŠNJI PRIRAST U UKUPNOJ POTROŠNJI ENERGIJE U RAZDOBLJU IZMEĐU 1950 - 1970. GODINE

EVROPSKO ZAJED. TRŽIŠTE	FRANCUSKA	VELIKA BRITANIJA	U.S.A	S.R. NJEMAČKA
%	%	%	%	%
5,3	5,0	2,1	3,5	4,9

Tabela 1

Za isto razdoblje godišnji porast svih vrsti energije iznosio je za SR Njemačku 4,8%, dok je godišnji porast potrošnje električne energije za isto razdoblje iznosio za SR Njemačku više od 7%.

Na temelju dosadašnjih porasta potrošnje sveukupne energije predviđene su potrebe SR Njemačke do 2000. godine.

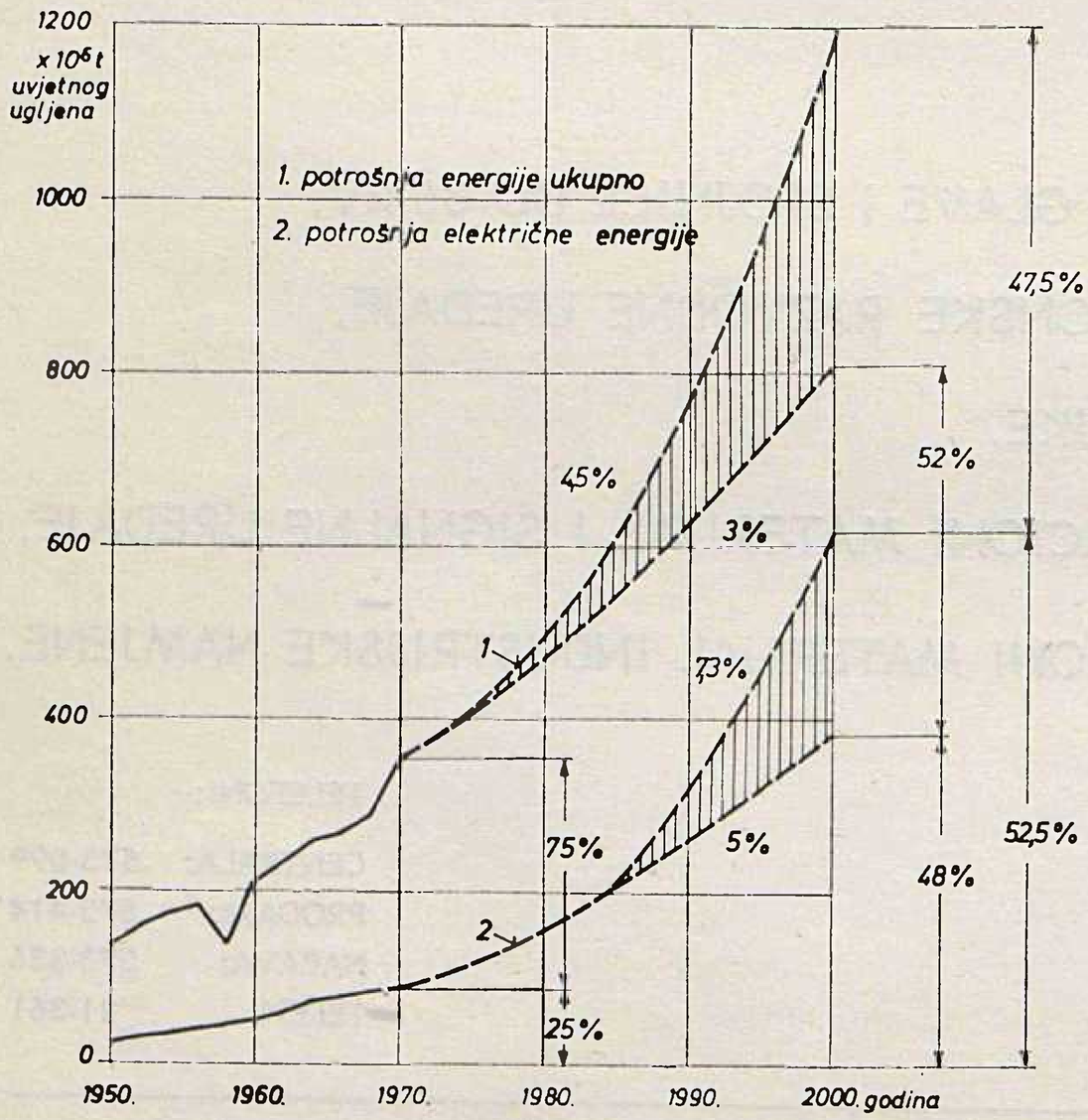
Porast potreba sveukupne energije uzet je sa 3,0% i 4,5% godišnje. Porast potrebne električne energije predviđen je sa 5,0 i 7,3% godišnje.

Valja istaknuti da je učešće u potrošnji električne energije u ukupnoj potrošnji svih vrsta energije, u 1970. iznosio 25%, što je i u svjetskim razmjerima visoko. Uz predviđeni porast potrošnje predviđaju 2000. godine učešće električne energije s oko 50% u potrebama svih vrsta energije.

U SR Njemačkoj je 1972. godine bilo instalirano 58.000 MW u elektranama, od čega je oko 25% instalirano za potrebe industrije, a oko 2% za potrebe željeznice.

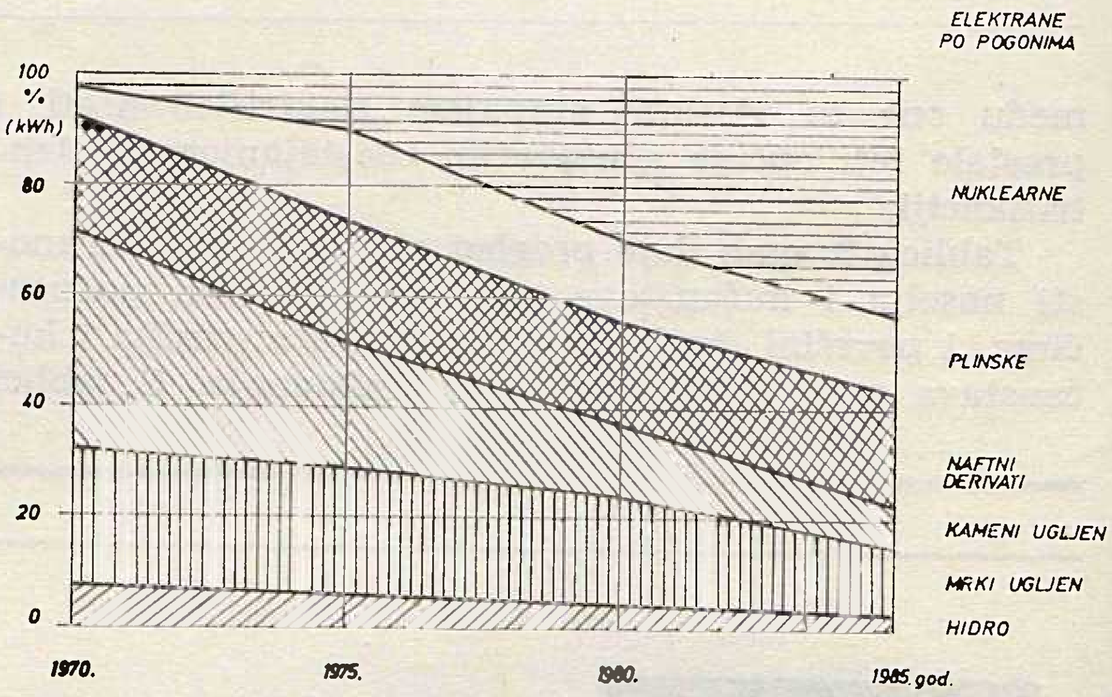
Za predviđeni porast potrošnje električne energije (sl. 1) trebat će izgraditi nove elektrane. Pri tom se neće više računati na daljnju izgradnju hidroelektrana jer su već gotovo svi vodeni potencijali iskorišteni. Ne predviđaju ni porast termoelektrana. Porasle bi, dakle, nuklearne elektrane.

PREDVIĐENA POTROŠNJA ENERGIJE U U S.R. NJEMAČKOJ DO 2000 GOD.



Sl. 1

PREDVIĐENA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U RAZDOBLJU 1970÷1985 U S.R. NJEMAČKOJ PO VRSTAMA ELEKTRANA



Sl. 2

Instilarana snaga u nuklearnim elektranama iznosila bi, prema predviđanjima, 1975. godine 7%, 1980. godine 20%, dok bi 1985. godine iznosila 30% od planiranih elektrana u SR Njemačkoj. Proizvodnja električne energije u NE iznosila bi, prema predviđanjima, 1980. godine 27%, a 1985. godine više od 40% proizvedene električne energije u zemlji.

B. Mrakovčić

Savjetovanje njemačkih distributera o energetskim kabelima

U rujnu 1973. godine održali su njemački distributeri u Hamburgu sastanak o energetskim kabelima. Kako se takvi problemi pojavljuju i kod korisnika kabela u Jugoslaviji, bit će interesantno iznijeti njemačka iskustva.

U 1972. godini je isporučeno 69% kabela svih napona s vodičima iz Al. Svi nedostaci koji su se pripisivali Al vodičima (korozija, poteškoće kod izrade spojeva) nisu se u praksi dešavali. Sigurno je da će se u Njemačkoj upotreba kabela s takvim vodičima i dalje povećavati, što valja pripisati povoljnoj cijeni i kvalitetnim rješenjima spajanja (gotovo je potpuno prevladao sistem spajanja dubokim utiskivanjem).

Kao izolacija kod 1 kV kabela plastične izolacije su potpuno potisnule klasični Pa-Pb (papir-olovo) koji se u 1972. godini upotrebljavao oko 1%. Isto se tako naglo smanjuje upotreba 1 kV kabela s Al plaštem. Tako velika upotreba plastičnih izolacija ima se pripisati i lakoći i brzini izrade kabelskih spojnica i glava. Velike su dileme koja će se izolacija upotrebljavati u budućnosti za 1 kV kabele: PVC (Polivinil-

clorid), PE (polietilen) ili UPE (umreženi polietilen). Očito je da PVC gubi svoju dominantnu poziciju. Stvarno je dilema da li u budućnosti upotrebljavati PE ili UPE. Kabeli 1 kV izolirani PE bili bi ekonomičniji u gradovima, gdje je električno grijanje stanova. Ljeti, kod povišene temperature tla i okoline bio bi kabel normalno opterećen. Zimi, kada se stanovi griju električnom strujom, mogla bi se iskoristiti mogućnost veće radne temperature izolacije iz PE ili UPE, bez straha da bi se isušilo tlo i termički uništio kabel.

Kod kabela za srednje napone dominantnu ulogu ima klasični Pa-Pb kabel. Dobra iskustva s plastikom izoliranim 1 kV kabelima, pospješuju sve veću upotrebu plastičnih izolacija PE ili UPE i na tom području. Veliku prednost vide u laganoj i kvalitetnoj izradi spojnica i glava i mogućnosti isporuke velikih dužina kabela.

Kabeli 110 kV su uljni pod tlakom ili plinski pod tlakom. U Njemačkoj su položeni samo pojedinačni kabeli napona 110 kV s izolacijom iz PE.

Radi dobrih iskustava s plastikom izoliranim kabelima za 1 kV i srednje napone, predviđaju sve veću upotrebu izoliranih kabela i na području 110 kV, pogotovo što će sav 110 kV kabelski pribor biti po konstrukciji sličan 1 kV — dakle brza izrada, a kvaliteta nije toliko ovisna o radu čovjeka.

Poznato je da (izvan Njemačke) s uspjehom polažu i upotrebljavaju kabele 110 i 220 kV izolirane s PE.

U 1972. godini položeno je u Njemačkoj oko 53% 1 kV kabela tipa NYY i NAYY, dakle bez čeličnog zaštitnog plašta, što je sigurno olakšalo montažu, a broj kvarova, naročito uslijed građevinskih radova, nije se povećavao. Vjeruje se, da će se takav kabel sve više upotrebljavati.

Kako se 85% građevinskih radova koji ugrožavaju 10 kV kabele obavlja s mehanizacijom, smatraju da nema nikakve svrhe štititi kabel opekom ili sličnom zaštitom. Mnogo je efikasnija plastična traka s upozorenjem položena nad kabel. Distributivno poduzeće Hastra iz Hannovera (za područje Hannovera i Braunschweig-a) je pratilo broj kvarova, što se vidi iz tablice 1. Iz nje je vidljivo da je 10-godišnji prosjek kvarova uslijed građevinskih radova na 1 kV kabelima ukupno 277 za čitavo područje, od čega samo 41 otpada na kvarove nastale ručnim kopanjem.

KVAROVI NA 1kV KABELIMA USLIJED GRADEVINSKIH RADOVA U DISTRIBUCIJI HANNOVERA (HASTRA) PO GODINAMA

KVAROVA

GODINA	MEHANIZACIJA		RUČNI		UKUPNO	
	kom	100 km	kom.	100 km	kom.	100 km
1963.	109		24		133	15'3
1964.	175		14		189	18'3
1965.	167		22		189	15'4
1966.	221		34		255	16'8
1967.	185		29		214	12'2
1968.	217		39		256	13'0
1969.	235		58		293	13'5
1970.	310		65		375	15'5
1971.	343		62		405	15'1
1972.	397		61		458	14'7
Prosječno:	236		41		277	

Tablica 1

Distribucija je od 1970. godine prestala štititi 1 kV kabele s opekom ili nekom sličnom zaštitom, jer se broj kvarova nije izmijenio, što se vidi iz tablice 2.

KVAROVI NA 1kV KABELIMA USLIJED MANUELNIH GRADEVINSKIH RADOVA U DISTRIBUCIJI HANNOVERA (HASTRA) PO GODINAMA

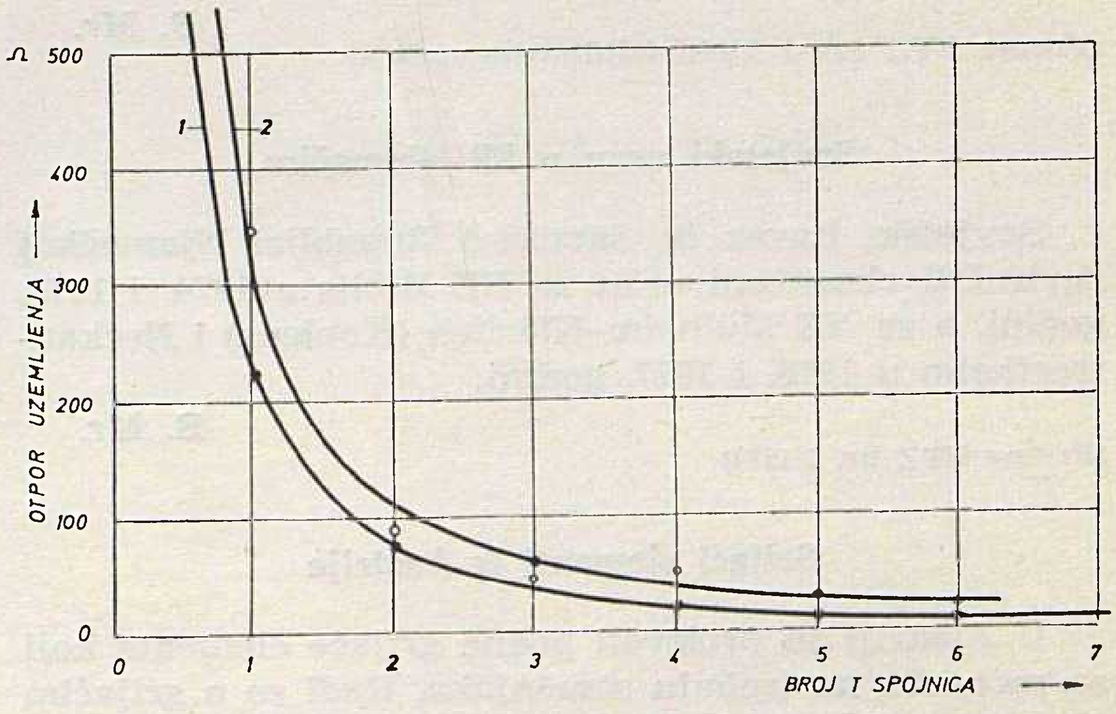
GODINA	1970.			1971.			1972.		
KABELI	DUŽINA	KVAROVA		DUŽINA	KVAROVA		DUŽINA	KVAROVA	
	km	kom.	100 km	km	kom.	100 km	km	kom.	100 km
ZAŠTIĆENI OPEKOM	1520	27	1'8	1520	29	1'9	1520	23	1'5
NEZAŠTIĆENI	900	38	4'2	1160	33	2'8	1594	38	2'4
UKUPNO:	2420	65	2'7	2680	62	2'3	3114	61	2'0

Tablica 2

Potrebno je istaknuti da su već 1972. godine imali približno isto položenih 1 kV kabela bez zaštite (opeka) kao i sa zaštitom. Iz tablica vidimo da u 1972. godini od 458 kvarova na 1 kV kabelima nastalih radi građevinskih radova 38 otpada na nezaštićene kabele, pa se postavlja pitanje ima li ih uopće smisla štititi.

Praktički potpunim napuštanjem 1 kV kabela Pa-Pb i upotrebom kabela s vanjskim omotom sa PVC izolacijom gube 1 kV kabeli Pb (olovo) kao uzemljivač. Distribucija Stuttgarta, koja upotrebljava kabele NAKLEY 3 × 150 + 150 1 kV, a priključke izvodi sa T komadima izvršila je mjerenje otpora uzemljenja, kada su T komadi iz lijevanog željeza.

Iz njihovog iskustva se vidi, da već kod ugradnje šestog T komada otpor uzemljenja, za prilike u Stuttgartu, pada na oko 12 Ω. Kako je i kod nas PVC-om izolirani 1 kV kabel potisnuo sve ostale vrste kabela, a htjeli bismo i dalje imati nulovane 1 kV kabelske mreže, za nas je interesantno iskustvo Stuttgarta.



Sl. 1

Razne debljine izolacije vodiča, ovisno o proizvođaču kabela, otežavaju točno određivanje presjeka vodiča. Valja računati da se priključci za kabele rade sve više pod naponom (nije moguće prekidati opskrbu potrošača radi izrade jednog priključka). Takozvane »kompaktne« stezaljke ili neke druge, predviđene za rad pod naponom, često odgovaraju samo jednom presjeku. Bilo bi uputno da proizvođači kabela povremeno na izolaciju otisnu samo presjek vodiča. Isto bi tako bilo poželjno označiti dužinu kabela. Korisnici zahtijevaju da isporučene dužine kabela budu što veće (manje spojnica). Nakon polaganja kabela, vozač kamiona koji ne zna ništa o kabelu, vraća preostali dio

kabela u skladište, u pravilu bez povratnice (koja dolazi kasnije). Od prispjelih zatražnica možda baš odgovara vraćeni komad kabela, samo što skladištar ne zna preostalu vraćenu dužinu. Mala udešenja na strojevima kod proizvođača kabela mogla bi olakšati i pojeftiniti rad distributera.

U budućnosti se očekuje sve veća upotreba kabela, što znači sve veći broj spojnica i kabelskih glava. Isto tako se očekuje daljnje poskupljenje radnog sata, odnosno živog rada. Povećani broj spojnica i kabelskih glava valja riješiti racionalizacijom. Kod klasičnih kabela Pa-Pb gotovo i nema veće mogućnosti skraćenja radnog vremena, odnosno racionalizacije. Osim toga, i kvaliteta rada mnogo ovisi o monteru. Prednost plastičnih kabela vidi se i u mogućnosti tvorničke proizvodnje pribora, daljnjom racionalizacijom i skraćenjem radnog vremena te minimalnom mogućnošću čovjeka da utječe na kvalitetu.

Kao princip za izradu spojnica i kabelskih glava moguće je primjeniti:

— samovulkanizirajuće trake
— dvokomponentne mase
— samostežuće cijevi
— navlačenje gotovih dijelova.

Zahtjev je da kabelski pribor bude što manji radi primjene u velikim stanicama (koje teže shemi: kabelska glava — sklopka — transformator), pa se pojavljuje želja za priborom na principu »utikača«, kako to Amerikanci već rade.

Konačno, kod kućnih priključaka na 1 kV zahtjev je da se oni kvalitetno i jednostavno riješe. Kabelski ormarići na kućama s kabelskim ulazom — izlazom i potrebom da zadovolje u slučaju kratkog spoja, trebaju mnogo rada kod ugradnje i teško će izdržati takmičenja sa T priključcima. T spojnica je znatno jeftinija od kabelskog ormarića, a može se još pojeftiniti. Industrija pribora je u stanju da je konstruira tako da udovolji svim zahtjevima distributera.

B. Mr.

(Prema ETZ A/4 i Elektrizitätswirschaft 4)

Sovjetski uran u SR Njemačku

Sovjetski Savez će Saveznoj Republici Njemačkoj isporučiti obogaćeni uran za NE Biblis u 1974. i 1975. godini, a za NE Mülheim-Klärlich (Koblenz) i Neckarwestheim u 1976. i 1977. godini.

B. Mr.

(Prema ETZ br. 1/1974)

Grijaći elementi iz Austrije

U Austriji su proizveli podne grijaće elemente koji za montažu ne trebaju stručnjaka. Radi se o grijaćim pločama veličine od 1,0 m² snage 0,5 kW. Ploče su plastične, ojačane staklenom vunom, a mogu se položiti pod svaki pod, pa i u zemlju.

B. Mr.

(Prema ETZ br. 1/1974)

Hidro-energetski potencijal Jeniseja

Hidro-energetski potencijal sibirske rijeke Jenisej cijeni se na 60 GW. Moguća je izgradnja 17 HE na samom Jeniseju, dok je daljnjih 5 HE moguće izgraditi na njezinim pritokama. Dio HE-a je predviđen snage veće od 7 GW. Najveća HE na ušću Tunguske rijeke imala bi snagu od 9 GW.

B. Mr.

(Prema ETZ br. 1/1974)

Nuklearna elektrana na poluotoku Kola

Na sovjetskom poluotoku Kola stavljena je u pogon nuklearna elektrana snage 400 MW. Tokom 1975. predviđa se stavljanje u pogon i drugog agregata. NE je izgrađena radi potreba proizvodnje nikla i aluminija. Izgradnja klasične termoelektrane je otpala radi predugog i nerentabilnog prijevoza ugljena, dok su hidropotencijali toga područja već potpuno iskorišteni.

B. Mr.

(Prema ETZ br. 1/1974)

Ploveće nuklearne elektrane u SAD

U Americi planiraju izgradnju osam plovećih nuklearnih elektrana. Dvije od njih snage od po 1.150 GW bile bi gotove 1982—1984. godine, a bit će u pogonu negdje uz obalu južne Karoline.

B. Mr.

(Prema ETZ br. 1/1974)

Savjetovanje elektroprivrede Austrije

U svibnju 1974. održano je godišnje savjetovanje elektroprivrede Austrije s motom: »Struja za sutra«. Godišnji prirast proizvodnje električne energije iznosi u Austriji 7% i u budućnosti će, još dugo, računati s istim prirastom. Šezdeset % proizvedene električne energije je iz hidroelektrana koje će se i dalje graditi. Električna energija učestvuje sada s 15% u potrebama zemlje, a u 1985. godini očekuje se učešće električne energije od 20%. Nove potrebe za električnom energijom neće se moći osigurati daljnjom izgradnjom novih hidroelektrana i boljim korištenjem postojećih ili izgradnjom novih klasičnih termoelektrana. Elektroprivreda Austrije je pred izgradnjom druge nuklearne elektrane snage 1000—1300 MW (u blizini Stein-a na ušću Enns-a). Pripremni radovi su toliko napredovali da se glavni radovi očekuju u ljetu 1975. godine. Prvi agregat bio bi u pogonu 1980. godine, a drugi 1982—1984. godine.

Osim izgradnje potrebnih elektrana valja prijenosnu mrežu pripremiti za međunarodnu razmjenu energije, a za to je neophodan prijelaz na 380 kV.

Takvi zahvati zahtijevaju velika sredstva. Samo za 1974. godinu 17,0 milijardi šilinga (oko 14,00 milijardi dinara). Za takve iznose teško je dobiti zajmove, što znači da će se jedan dio sredstava osigurati samofinanciranjem Elektroprivrede povećanjem cijene električne energije.

B. Mr.

(Prema Elektrizitätswirtschaft 12/1974)

Visokonaponski kabel s unutrašnjim hlađenjem velike prijenosne snage

Kod tvrtke Felten - Guilleaume u Kölnu upravo je u razvoju kabel s unutrašnjim hlađenjem za prijenos snage, koja još kod visokonaponskih kabela do danas nije postignuta. Umjesto da se toplina kabela odvodi vanjskim sistemom hlađenja upotrebljen je unutarnji način prisilnom cirkulacijom vode, koji ima bolje djelovanje. Ovakvo hlađenje omogućuje veće opterećenje kabela, kod 110 kV čak do 2500 MVA. Danas, kod vanjskog hlađenja maksimalne snage dosižu 800 MVA.

U unutrašnjosti kabela nalazi se metalna cijev koja se uzduž trase kontinuirano hladi pumpanjem vode. Iznad te cijevi nalazi se aluminijski vodič plosnatog profila, presjeka 3000 do 4000 mm². Oko toga je namotana uljna papirna izolacija, pa žično zakriljenje i va-

loviti aluminijski plašt. Plašt je od korozije zaštićen plastičnom presvlakom. Smatra se, da će kabel biti razvijen i spreman za upotrebu 1978. godine.

B. M.

(Prema Elektrizitätswirtschaft 11/1974)

O budućnosti istraživanja nafte

S konvencionalnim znanstvenim i tehničkim sredstvima istraživana područja kontinenta već su prilično istražena ili uključena u istraživanja. Manje su istražena rubna područja platformnih oblasti, čije su matične stijene i tragovi nafte odavno poznati, ali je otkrivanje struktura zbog komplicirane građe teško. Dubinsko ograničenje naftno perspektivnih zona ovisi o lokalno veoma različitom geotermijskom stupnju. Najveće neistraženo područje su mora. Strukture su poznate i u dubokim vodama; »cap-rock« sa naftom utvrđena je u Meksičkom zaljevu u dubini od 3572 m ispod razine mora. Reduktivni odnosi vladaju u donjoj kredi sjevernog Atlantika. Nemetamorfne stijene mogu ležati i ispod bazalta. (K. Krejci-Graf, »Über die Zukunft der Erdöl-Prospektion«, Teil II. »Ölhöllighkeit verschiedener Gebiete«. = Erdöl und Kohle = 27, 1974, Ht. 5, S. 235—240).

Z. K.

Svjetska proizvodnja nafte u 1973.

Prema procjeni »Petroleum Economist«-a povećala se, usprkos u arapskim zemljama izvršenog ograničavanja proizvodnje, svjetska proizvodnja nafte u 1973. u odnosu na prethodnu godinu za oko 225 milijuna tona (oko 8%) na 2.820 milijuna tona. Ovo povećanje leži znatno iznad onoga u 1972. godini (5,1%). Usprkos spomenutog ograničavanja proizvodnje skoro dvije trećine (145 milijuna tona) tog povišenja proizvodnje potječu s Bliskog Istoka. Činjenica da proizvodnja u Africi nije pala u odnosu na prethodnu godinu svodi se samo na znatno povećanje pridobivanja nafte u Nigeriji. U USA, koje su još uvijek na vrhu svjetske proizvodnje nafte, proizvedeno je 12,5 milijuna tona manje nego u prethodnoj godini. Suprotno tome porasla je proizvodnja u Kanadi za 10,5 milijuna tona, u srednjoj i južnoj Americi za 16 milijuna tona, pri čemu se prvi puta pojavio Ekvador kao spomena vrijedan proizvođač. Značajno povećanje proizvodnje na Dalekom Istoku za 22,5 milijuna tona valja pripisati prije svega povećanom pridobivanju u Indoneziji. Istočni blok, uključujući Kinu, povećao je proizvodnju za 37 milijuna tona, od čega otpada 30 milijuna tona na povišenu proizvodnju u SSSR-u. (»Welt-Erdölförderung 1973«. = Erdöl und Kohle = 27, 1974, Ht. 5, S. 286 — 'Kurznachrichten').

Z. K.

Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

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

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

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

Dopunski plan izgradnje elektroenergetskih objekata u Hrvatskoj

Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske usvojilo je dopunu rebalansa plana izgradnje elektroenergetskih postrojenja za razdoblje 1971—1975. U ovoj dopuni se konstatira da će Hrvatska u slijedećim godinama imati znatan manjak električne energije koji će dosizati i do dvije milijarde kWh godišnje, te je nužno pravovremeno donijeti odgovarajuće odluke i osigurati dopunska investiciona sredstva.

Radi jasnijeg i određenijeg uočavanja predvidivog stanja opskrbljenosti potrošača električnom energijom, može poslužiti usporedni prikaz odnosa sveukupne proizvodnje i potrošnje:

		1974.	1975.	1976.	1977.
Sveukupna proizvodnja	u GWh	6.442	7.651	8.180	9.330
Potrošnja	u GWh	8.707	9.620	10.290	11.500
Manjak	u GWh	—2.265	—1.969	—2.110	—2.170

Predvidivi manjak u navedenom razdoblju moguće je ublažiti bilo nabavom viškova iz susjednih republika, bilo štednjom, ili pak ubrzanom izgradnjom dopunskih elektroenergetskih objekata.

Nabava energije iz susjednih republika ima svoj limit, određen njihovom elektroenergetskom bilancom, pa stoga ne može biti dovoljna, a ni sigurna za pokrivanje postojećih i predviđenih manjkova.

Štednjom se ne može mnogo postići budući da je ona ograničena po svome opsegu, a na nju se ne može utjecati cijenama. Osim toga negativno djeluje na ostvarenje ukupnih prihoda, kako elektroprivrednih tako i drugih privrednih organizacija.

Izgradnja dopunskih objekata se nameće kao najoptimalnije rješenje, uz uvjet da se izgrade u relativno kratkom vremenu.

Za ublaženje otklanjanja izkazanih manjkova u navedenom razdoblju, valja odmah osigurati investiciona sredstva i započeti s izgradnjom novih proizvodnih kapaciteta. Izgradnja novih elektro-postrojenja treba da otpočne već ove godine.

Potpisan ugovor o gradnji NE »Krško«

Predstavnici elektroprivrede SR Hrvatske i SR Slovenije potpisali su 22. kolovoza u Kostanjevici, kod Krškog ugovor s američkom tvrtkom »Westinghouse« o izgradnji nuklearne elektrane »Krško«, snage 630 MW. U ime jugoslavenske strane ugovor su potpisali predstavnici elektroprivrede iz Zagreba i Ljubljane, te poduzeća »Mašinoimpeksa« iz Zagreba i »Metalne« iz Ljubljane.

Na osnovi ovog ugovora tvrtka »Westinghouse« će isporučiti cjelokupnu opremu i izvesti sve radove na izgradnji NE »Krško«. Radovi će početi u listopadu ove godine, a bit će završeni 53 mjeseca nakon potpisivanja ugovora.

Sklopljeni ugovor obuhvaća i izgradnju rudnika urana Žirovski Vrh kod Škofje Loke, zatim plinske elektrane Trbovlje i plinske elektrane Jertovec.

(I. R).

Novi energetski objekti

Dopunski objekti, što se uključuju u rebalans plana izgradnje 1971—1975. a trebali bi se početi graditi 1974. i 1975. su slijedeći:

— *Plinska turbinska elektrana Jertovec* — izgradit će se u krugu postojeće TE Jertovec sa dva plinska agregata, ukupne snage 70 MW.

Ispušnim plinovima iz ovih agregata proizvodit će se u dodatnim kotlovima para koja će pokretati dva postojeća parna turboagregata od po 12,5 MW.

Kao gorivo za pogon plinsko turbinskih agregata predviđa se lako loživo ulje, a izgradnjom plinovoda u budućnosti i plin. Planirano je da ovo postrojenje uđe u pogon u prvom tromjesečju 1975.

— *Plinsko-turbinska elektrana Osijek* — locirana je uz nove pogone »Elektroslavonije« u Osijeku. Izgradit će se dva plinska turbinska agregata, ukupne snage 50 MW. Ispušni plinovi jedne turbine koristit će se u jednom kotlu za proizvodnju pare za potrebe toplinske mreže. Predviđeno je kao pogonsko gorivo lako loživo ulje, a kasnije i zemni plin. Rok puštanja u pogon je kraj prvog polugodišta 1975.

— *TE-TO ZAGREB II* — ova termoelektrana-toplana, locirana kraj postojeće u Žitnjaku, snage 120 MW na tekuće gorivo, gradi se za potrebe toplinskog konzuma, koji prerasta mogućnosti proizvodnje TE-TO Zagreb I. S obzirom na ekonomičnost vezanih procesa u interesu je i elektroprivrede i toplinske djelatnosti, da se ovaj blok gradi. Predviđen je ulazak u pogon početkom 1978. godine. Ukupna investiciona ulaganja u ovaj objekt iznosit će oko 436,7 milijuna novih dinara.

— *Ugovor s elektroprivredom SR Srbije* — predviđa učestvovanje elektroprivrede SR Hrvatske u izgradnji TE Obrenovac VI, snage 305 MW, s investicionim ulaganjem od 812,5 milijuna novih dinara. Ugovorene investicije valja osigurati od 1974. do zaključno 1978.

— *Ugovor s elektro privredom BiH* — također predviđa učestvovanje elektroprivrede SR Hrvatske u izgradnji TE Kakanj IV, snage 50 MW, koja će biti u pogonu 1. siječnja 1976.

Nadalje, ugovoreno je zajedničko financiranje izagrdnje TE Gacko, sa oko 310 milijuna novih dinara.

— *DV 110 kV Vukovar—Šid—Martinci* — povezivat će postojeće transformatorske stanice u Vukovaru i Martincima, čime će se ostvariti prva direktna veza između prijenosne mreže SR Hrvatske (slavonsko-baranjski dio) i mreže SR Srbije. Dalekovod će biti dužine oko 50 km, od čega na području SR Hrvatske 30 km, prijenosni kapacitet ove mreže iznosit će oko 70 MW. Programirano je da se vod izgradi i pusti u pogon sredinom 1975. Tim bi se vodom, do puštanja u pogon sjevernog poteza 380 kV mreže, omogućilo bolje preuzimanje svih raspoloživih viškova energije iz istočnog dijela jugoslavenskog elektroenergetskog sistema.

Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske na održanoj sjednici 11. lipnja 1974. potvrdilo je Dopunu Rebalansa plana izgradnje elektroenergetskih objekata za razdoblje 1971—1975. i ovlastilo elektroprivredu

Hrvatske, da pristupi sklapanju ugovora o izgradnji elektroprivrednih objekata predviđenih dopunom Rebalansa.

Za realizaciju programa dopune rebalansa plana i to za izgradnju: TE Jertovec, Plinske elektrane Osijek, Termoelektrane-Toplane Zagreb II, te učestvovanje u financiranju gradnje TE Obrenovac VI, TE Kanjž IV i TE Gacko, kao i dalekovoda 110 kV Vukovar—Šid—Martinci, potrebno je investirati oko 2.238 milijuna novih dinara.

Za gradnju TE Jertovec, PE Osijek i TE-TO Zagreb II koristit će se krediti Međunarodne banke za razvoj i obnovu u iznosu od oko 650 milijuna novih dinara.

I. R.

HE Zakučac — pred drugom fazom izgradnje

Još od 1962. godine nalaze se u pogonu 2 generatora u HE Zakučac Omiš, ukupne snage 216 MW i prosječne godišnje proizvodnje iznad 1,5 milijardi KWh.

Izgradnjom 1962. godine nije završen kompletno zamišljeni hidroenergetski objekt HE Zakučac, pa se upravo i zbog toga tada izgrađeni dio nazvao HE Zakučac I, dok je ostatak planirane izgradnje dobio radni naslov HE Zakučac II.

Što je to HE Zakučac II i zašto njegova izgradnja nije uslijedila neposredno nakon HE Zakučac I ? Elektroenergetski stručnjaci na ovo pitanje imaju precizan i nedvosmislen odgovor. Trebalo je regulirati vodotoke rijeke Cetine i u istu prenijeti sve vode sa livanjskog horizonta. Ovaj uvjet je ostvaren izgradnjom hidroenergetskog sistema HE Orlovac s pripadajućom akumulacijom u Buškom Blatu. Na osnovama stručnih analiza, proračuna i dokaza organi upravljanja Elektroprivrede Dalmacije donijeli su i svoju odluku o izgradnji HE Zakučac II.

Nova elektrana? Ne! — To je ustvari izgradnja još jednog paralelnog tunela ispod biokovskog masiva u dužini od 9,5 km sa »svijetlim« promjerom od 6,5 m kroz koje će protjecati voda na dvije vodne turbine nad kojima će se nalaziti dva generatora ukupne snage 260 MW. Prateći građevinski objekti kao brana, ulazni uređaji, zasunska komora ispod tlačnih cjevovoda, prostorije strojarnice, te odvodni tunel i kanal izvedeni su još za vrijeme tzv. prve etape izgradnje ove hidroelektrane. Nakon dovršetka druge etape izgradnje, HE Zakučac imat će ukupno instalirana četiri generatora ukupne snage 476 MW, te će tada biti druga hidroelektrana po svojoj snazi u Jugoslaviji. Nakon izgradnje II etape HE Zakučac povećat će se proizvodnja za 307,2 MWh godišnje. Udvostručenje instalirane snage ne prati i udvostručenje proizvodnje električne energije, već znatno mijenja ulogu ove elektrane u cijelom elektroenergetskom sistemu.

Dok sada HE Zakučac radi izrazito kao temeljna elektrana (osim u sušnim godinama i ljetnom periodu) nakon izgradnje druge etape elektrana će raditi kao vršna elektrana u elektroenergetskom sistemu. Samo 20% od ukupne proizvodne energije bit će takozvana »temeljna« energija, dok će 80% proizvodnje služiti za pokrivanje »dnevnih špica«. Prerastanjem HE Zakučac kao »temeljne« elektrane u »vršnu« elektranu povećava se značajno njena uloga u sistemu, jer će njena energija biti »visokokvalitetna električna energija«.

Zacrtanim planovima predviđen je završetak druge etape HE Zakučca početkom 1978. godine, a predračunska vrijednost procjenjuje se na 603,5 milijuna dinara.

R. S.

Što gradi »Elektroprenos« - Zagreb ove godine

TS 110/35 kV Virovitica — proširenje

Ova TS, izvedena sa jednostrukim sabirnicama 110 kV, jednim učinskim transformatorom 20 MVA i provizornim 35 kV rasklopnim postrojenjem, prema donešenom planu potpuno će izmijeniti izgled. Rekonstrukcija predviđa izgradnju glavnih i pomoćnih sabirnica 110 kV, te potpuno novo rasklopno postrojenje 35 kV klasične izvedbe, te dva učinska transformatora 20 MVA. Radovi su počeli ovih dana, rok završetka objekta je prvo polugodište 1976. godine.

TS 110/35 kV Nova Gradiška

Usvojen je program izgradnje stanice, 110/35 kV, u Novoj Gradiški koja se, za sada, snabdijeva preko vodova 35 kV. Trafostanica će biti izgrađena po savremenoj koncepciji sa transformacijom 2 × 20 MVA u prvoj etapi. Početak radova planiran je 1974. godine, puštanje u pogon 1976. godine, vrijednost objekta 15,000.000 dinara.

TS 110/35 kV Ludbreg u gradnji

Na intervenciju »Elektre« - Koprivnica koja se javlja kao suinvestitor Ludbreg će dobiti transformaciju 110/35 kV s jednam postojećim transformatorom 10 MVA. Na ovaj način, do porasta konzuma, područje Ludbrega moći će se napajati iz vlastite transformacije i iz TS Koprivnica. Početak radova na TS je u 1974. godini, a završetak 1975. godine.

Izgradnja DV 110 kV Zabok — Krapina — Straža

Usvojen je program za izgradnju ovog dalekovoda koji će omogućiti izgradnju još dvije trafo stanice 110/35 kV na području Hrvatskog Zagorja, u Krapini i Straži. Početak izgradnje određen je za 1974. godinu sa završetkom 1975. godine.

Pojačanje transformacije TS 110/35 kV Karlovac i Zabok

Zbog porasta konzuma već ovih dana je zamijenjen jedan trafo 20 MVA u TS Karlovac s odgovarajućim 40 MVA. U programu je da se u listopadu ove godine zamijeni transformator 20 MVA sa 40 MVA u TS Zabok.

RS 110 kV Podsused — u pogonu

Uz suinvestiranje tvornice cementa »Sloboda« - Podsused, izgrađeno je potpuno savremeno rasklopno postrojenje 110 kV Podsused. Ono omogućava napajanje tvornice cementa preko mreže 110 kV i vlastitom transformacijom 110/6 kV kao i širenje petlje 110 kV vodova na sjevernoj i zapadnoj strani grada Zagreba. Rasklopno postrojenje ulazi u pogon 15. kolovoza ove godine. Radi veće sigurnosti sagrađen je novi DV 110 kV TS Rakitje — Podsused, tako što dosadašnji DV 110 kV Rakitje — Zabok ulazi i izlazi iz RS 110 kV Podsused.

A. Š.

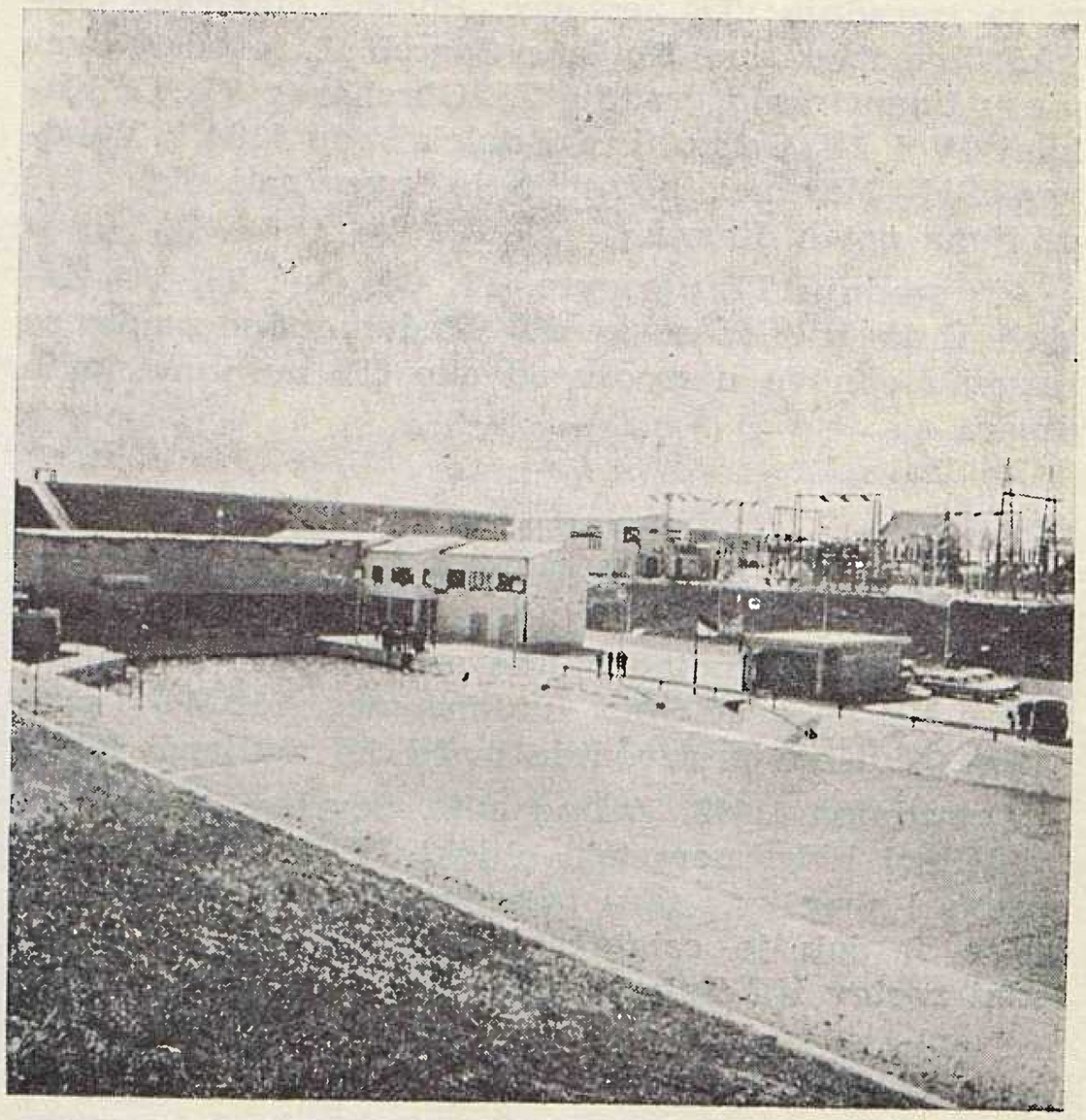
HE Orlovac u pogonu sa tri turboagregata

Nakon kompletne izgradnje, HE Orlovac je 10. svibnja na svečan način puštena u pogon.

Predsjednik Predsjedništva SR Hrvatske *Jakov Blažević* i član Predsjedništva SR Bosne i Hercegovine *Mustafa Sefo* pustili su u pogon crpnu stanicu Buško Blato u Podgradini kod Livna, i strojarnicu elektrane u Rudi kod Sinja.



Predsjednik Predsjedništva SRH Jakov Blažević s drugim učesnicima pušta u rad HE Orlovac



Crpna stanica u Buškom blatu

HE Orlovac, instalirane snage 237 MW, locirana je na području dviju susjednih republika a proizvodit će u srednje hidrološkoj godini oko 1091 GWh električne energije godišnje.

Elektrana iskorištava vode kraških polja šireg sliva Cetine, čiji je srednji godišnji dotok oko 40 m³/sek, a svode se u centralni akumulacioni bazen Buško Blato, kapaciteta 800 milijuna m³.

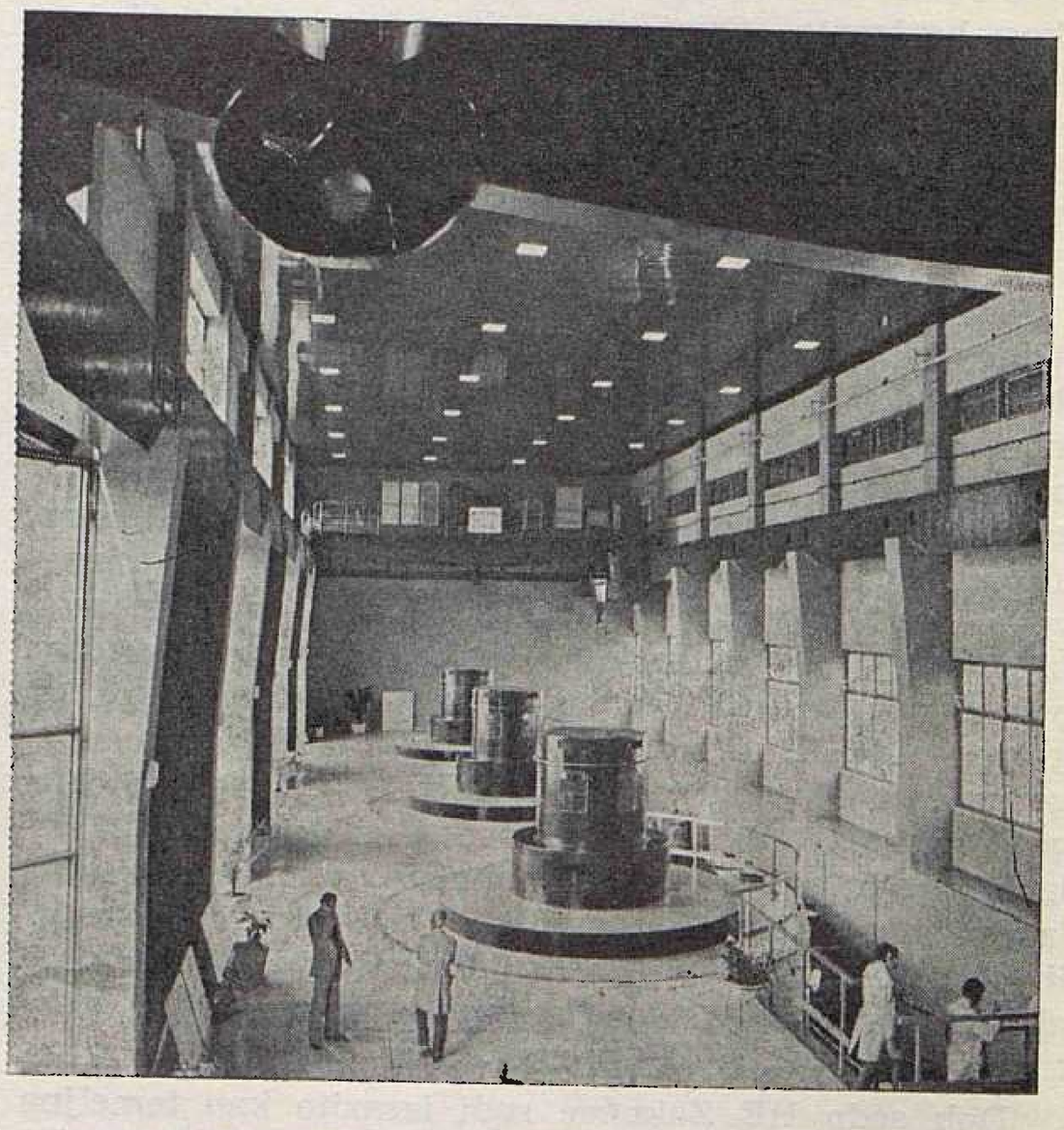
Crpna stanica Buško Blato raspolaže s tri crpno turbinska — reverzibilna agregata i to: jedan asihroni dvobrzinski motor-generator i dva trofazna transformatora po 12 MVA.

Elektrana je izvedena sa tri agregata, svaki instalirane snage od 79 MW.

Turbine su tipa Francis instaliranog protoka 3 × 23,3 m³/sek = 70 m³/sek. i neto padom od 380 m, te tri trofazna blok-transformatora po 83 MVA, ukupno 249 MVA.

Rasklopnim postrojenjem 220 kV elektrana je uključena u mrežu vodova napona 220 i 110 kV.

Rasklopno postrojenje 35 kV služi za vlastitu upotrebu.



Detalj strojarnice sa tri turboagregata HE Orlovac

Valja istaknuti, da su izgradnju objekata HE Orlovac izvela domaća poduzeća. Isto su tako kompletne montažne radove izveli naši stručnjaci.

Glavni dio opreme isporučila je domaća strojogradnja i elektro industrija. Iz uvoza su osigurani razni precizni aparati i uređaji, koji se ne proizvode u zemlji. Tvornica Litostroj isporučila je Francisove turbine. Generatore i drugu elektro opremu »Rade Končar«, a hidro opremu — »Metalna« iz Maribora.

Za izgradnju HE Orlovac utrošeno je dosad oko 1,35 milijarde novih dinara.

I. R.

Nove elektrane u Jugoslaviji

U 1974. godini u našoj je zemlji otpočela izgradnja nekoliko novih hidro i termo elektrana, a počet će i radovi na izgradnji naše prve nuklearne elektrane.

Nastavljaju se i radovi na energetskim objektima započetim ranije. Prema Društvenom dogovoru o osnovnom razvoju jugoslavenske elektroprivrede za razdoblje od 1974. do 1980. gradnja novih elektrana obuhvaća slijedeći program:

Na području SR Slovenije otpočeli su radovi na izgradnji HE Srednja Drava 2, locirana na Dravskom polju između Maribora i Ptuja. Nova se hidroelektrana gradi po istim projektima kao i HE Srednja Drava 1. Za izgradnju nove elektrane elektroprivreda Slovenije investirat će 1.480 milijuna novih dinara.

U gradnji je i TE »Šoštanj IV« koja će godišnje proizvoditi 1,8 milijardu kWh električne energije, a potrošak goriva iznosit će oko 2 milijuna tona ugljena. Novi blok u sastavu TE »Šoštanj IV« raspologat će snagom od 320 MW, tako da će se cjelokupna snaga TE Šoštanj povećati od sadašnjih 410 MW na 730 MW. Planirano je da TE Šoštanj IV uđe u pogon krajem 1977. godine.

Elektroprivreda SR Bosne i Hercegovine pristupila je radovima u izgradnji HE »Buk Bijela« na Drini, iznad Foče, instalirane snage 450 MW.

HE »Buk Bijela« spadat će u grupu najvećih elektroenergetskih objekata u Bosni i Hercegovini. Puštanje u rad predviđeno je za kraj 1979.

Na području SR Srbije počele su pripreme za gradnju tzv. reverzibilne hidroelektrane »Bajina Bašta«, odnosno hidroelektrana »Bajina Bašta II«. Ona će proizvoditi godišnje milijardu i 100 milijuna kWh električne energije. Potrebne investicije za izgradnju ove hidroelektrane iznose oko 1,4 milijarde novih dinara.

Tokom ove godine otpočet će i pripremni radovi za izgradnju TE Plevlje, u Crnoj Gori, instalirane snage 210 MW, koja treba ući u pogon početkom 1978. Ova će termoelektrana kao pogonsko gorivo trošiti pljevaljski ugljen, čije su rezerve procijenjene na više od 230 milijuna tona.

Investitor elektrane, poduzeće »Crnogorske elektrane« iz Nikšića, nedavno je u Sovjetskom Savezu ugovorio strojarsku i elektro opremu.

Od izgradnje novih objekata najinteresantniji će biti početak glavnih građevnih radova za gradnju prve jugoslavenske nuklearne elektrane. Kao što je već poznato, naša NE gradit će se u Krškom, području Slovenije, na lijevoj obali Save, oko 40 km do Zagreba. Prema sporazumu investitori, elektroprivreda Hrvatske i Slovenije, odlučili su da početak radova bude rujan ove godine.

I. R.

Nove TS 110/35 kV Beli Manastir i Crikvenica

Elektroprijenosna mreža Hrvatske dobila je dva važna objekta i to novosagrađene transformatorske stanice 110/35 kV u Belom Manastiru i 110/35 kV u Crikvenici.

Transformatorska stanica 110/35 kV u Belom Manastiru na svečan način je 8. lipnja 1974. puštena u rad. Ona je nakon prve faze izgradnje, krajem 1972. godine, puštena u pogon pod naponom 35 kV. U ovoj godini organizirani su ubrzani radovi na dovršenju izgradnje postrojenja 110 kV, kao i drugih pomoćnih objekata. Napajanje TS 110/35 kV Beli Manastir, snage transformatora 2 × 20 MVA, obavlja se dalekovodom 110 kV Osijek — Beli Manastir iz TS 110/35/10 kV Osijek II.

Izgradnja ovog postrojenja ima veliki značaj za konzum Baranje. Stvorena je sigurnost opskrbe dalekovodnom mrežom 110 kV. Osim toga u velikoj mjeri poboljšat će se kvaliteta električne energije, tj. dobave i napona. Ovom stanicom omogućeno je daljnje povezivanje konzumnog područja Baranje preko dalekovodne mreže napona 110 kV sa susjednim zemljama sličnog napona. Na primjer, povezivanje s elektroenergetskim sistemom NR Mađarske.

U okviru plana elektrifikacije otoka Lošinja, Cresa i Krka koji su do sada napajani kabelom od 30 kV direktno iz HE »Nikola Tesla«, radi stalnog porasta konzuma i energetske sigurnosti nužno je bilo opskrbljivati to područje energijom iz mreže 110 kV. Prije nekoliko godina »Elektroprivreda« Rijeka usvojila je plan izgradnje glavnih prijenosnih postrojenja 110 kV, koji se realizira u etapama. U I. etapi bila je u planu izgradnja i TS 110/35 kV u Crikvenici koja je sredinom ove godine izgrađena. Stanica će se napajati vodovima 110 kV iz HE »Nikola Tesla« i HE Senj, ali će za sada raditi pod naponom 35 kV. Iz stanice izlazi podmorski kabel 110 kV prema Krku, gdje je predviđena izgradnja TS 110/35 kV. Postrojenje 110 kV izvedeno je na otvorenom prostoru, a 35 kV u zgradi. Glavne projekte, montažne radove i isporuku opreme izvele su stručne ekipe tvornice »Rade Končar« iz Zagreba.

Izgradnjom ovog objekta stvaraju se povoljniji uvjeti za daljnje povezivanje kvarnerskih otoka i drugih mjesta regije Rijeka s mrežom 110 kV kojom će se potrošači opskrbljavati kvalitetnijom energijom uz bolje naponske prilike.

(I. R.)

TE »Tuzla 4« u pogonu

U čast Dana ustanka naroda Bosne i Hercegovine i Hrvatske, 26. srpnja je na svečan način puštena u rad TE »Tuzla 4«, snage 200 MW. Istovremeno je položen i kamen temeljac za gradnju TE »Tuzla 5«, instalirane snage 215 MW.

U okviru svečanosti puštanja u pogon ove termoelektrane prisustvovali su predsjednici Izvršnih vijeća SR Hrvatske i SR Bosne i Hercegovine drugovi dr Jakov Sirotković i Milenko Renovica, te velik broj predstavnika društveno-političkih i elektroprivrednih organizacija iz republika Bosne i Hercegovine, Hrvatske i Slovenije.

TE »Tuzla 4« će svoju proizvodnju isporučivati SR Hrvatskoj, koja je sa 50% ukupnih investicija i sudjelovala u izgradnji.

TE »Tuzla 4« predstavlja prvi elektroenergetski objekt koji je realiziran kao rezultat međurepubličke suradnje. Građen je na području SR Bosne i Hercegovine za energetske potrebe SR Hrvatske, koja će u naknadu za uloženih 260 milijuna novih dinara, u toku idućih 20 godina, koristiti svu energiju toga postrojenja.

Slična je situacija i sa izgradnjom termoelektrane »Tuzla 5«, gdje će elektroprivreda SR Slovenije, učestvovati sa dvijesta milijuna dinara.

Po postignutom sporazumu poslije puštanja u rad TE »Tuzla 5« za potrebe elektroprivrede SR Slovenije bit će isporučeno svake godine 0,6 milijardi kilovatsati električne energije u narednih 15 godina.

(I. R.)

V Savjetovanje o hidroelektranama i pumpno-akumulacionim hidroelektranama u Splitu

Radi izmjene iskustva i unapređenja projektiranja, izgradnje i eksploatacije hidroelektrana, Zajednica jugoslavenske elektroprivrede u suradnji s Elektroprivredom Dalmacije od 23. do 25. travnja 1974. organizirala je u Splitu »Peto savjetovanje o hidroelektranama i pumpno-akumulacionim hidroelektranama«. U 85 referata obrađena je, u pet grupa, problematika iz ovih područja: Korištenje vodnog potencijala, Energetika, Građevinski materijali, Građevinski objekti hidroelektrana i Pumpno-akumulacione hidroelektrane.

»Iskorištenje hidroenergetskog potencijala, razvoj i rad hidroelektrana zaslužuje posebnu pažnju elektroprivrede i šire društvene zajednice«, istakao je u svom referatu generalni direktor JUGELA inž. Ljubiša Lazar.

Hidroelektrane u Jugoslaviji danas raspolažu instaliranom snagom od 4.630 MW, s godišnjom proizvodnjom u srednje vlažnoj godini od 21 milijarde kWh. Hidroelektrane su u 1973. godini, koja je bila sušna, proizvele 17,2 milijarde kWh — što je oko 49% od ukupno proizvedene električne energije u toj godini.

Korisna zapremina akumulacionih bazena hidroelektrana iznosi 4,8 milijardi m^3 što u električnoj energiji iznosi 3,8 milijarde kWh.

U izgradnji se nalaze hidroelektrane Mratinje, Varaždin, Gazivoda, te druge faze HE Vlasina, Peručica, Trebinje, Moste i Fala, kao i naša prva pumpno-akumulaciona hidroelektrana Čapljina, ukupne snage 1.420 MW, prosječne proizvodnje 3,2 milijarde kWh s akumulacionim bazenima, korisne zapremine 1,2 milijarde m^3.

Prema tome ukupna snaga hidroelektrana u eksploataciji i izgradnji iznosi 6.050 MW s prosječnom proizvodnjom 24,4 milijarde kWh i korisnom zapreminom akumulacionih bazena 6 milijardi m^3, čija je energetska vrijednost 4,4 milijarde kWh električne energije.

Društvenim dogovorom o osnovama razvoja elektroprivrede, u razdoblju 1974. do 1980. godine, predviđa se izgradnja novih hidroelektrana snage 3.900 MW, s proizvodnjom od 9,9 milijardi kWh električne energije. Za realizaciju ovog programa potrebno je uložiti oko 13,5 milijardi novih dinara.

Time bi ukupna instalirana snaga naših hidroelektrana dostigla 9.950 MW s mogućom godišnjom proizvodnjom od 34,4 milijarde kWh.

Do sada su održana tri savjetovanja o pogonskim iskustvima u eksploataciji hidroelektrana u Beogradu (1958), u Splitu (1963) i Ohridu (1966), te jedno savjetovanje o izgradnji hidroelektrana u Rogaškoj Slatini (1968). Na svim savjetovanjima doneseni su zaključci, kao preporuke elektroprivredi, u kom pravcu bi bilo najkorisnije usmjeriti aktivnost u primjeni dostignuća u nauci i praksi u vezi s izgradnjom, eksploatacijom i radom hidroenergetskih objekata.

Nakon trodnevnog rada na plenarnim sjednicama i u stručnim pojedinačnim grupama učesnici ovog, V. Savjetovanja o hidroelektranama i pumpno-akumulacionim elektranama usvojili su niz zaključaka. U radu je učestvovalo više od 300 eminentnih predstavnika elektroprivrede, vodoprivrede, profesora fakulteta, brojnih instituta, projektnih organizacija, te stručnjaka iz proizvodnje hidro-elektro opreme.

Donesene su preporuke tehničkih rješenja iz područja izgradnje hidroenergetskih objekata, njihove uloge u sistemu, bilanciranje voda i energije, zatim eksploatacija, problematika suvremenog upravljanja hidro-objektima, tehnologije u izradi opreme i izvođenje građevinskih radova, i korištenje najsuvremenijih materijala i postupaka, i dr.

Na savjetovanju preporučuju da se u budućem radu JUGEL-a posveti pažnja razmjeni iskustava i izradi preporuka za organizaciju eksploatacije i održavanje hidroelektrana, imajući u vidu specifičnost tipova elektrana, njihovog položaja u slivovima i poduzećima, ali i zajedničke zadatke i probleme. U tom smislu predlaže se organiziranje užih savjetovanja i stručnih konsultacija o specifičnim područjima i problemima.

Za učesnike Savjetovanja organiziran je posjet hidroelektrani Orlovac, a prikazana su dva filma o izgradnji i radu HE Đerdap i HE Orlovac.

(I. R.)

Rüdenberg: **Elektrische Schaltvorgänge,** izdavači: Dorsch H. i Jacottet P. sa suradnicima Böning W., Erche M., Koch W., Kopplin H., Rumpel D. 5. novoobrađeno izdanje, 658 strana, 589 slika. Springer — Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, 1974; format 24 × 16,5 cm. Cijena 196.— DM.

Prvo izdanje ove fundamentalne knjige o prijelaznim pojavama izašlo je još 1923. godine.

Problem prijelaznih pojava u električnim uređajima i mrežama i danas je od vrlo velikog značenja, pa je 5. izdanje, 50 godina nakon prvog izdanja i 20 godina nakon četvrtog izdanja, sigurno opravdano.

U usporedbi s posljednjim izdanjem, uzevši općenito, obuhvaćena materija je ostala ista. Neka su poglavlja skraćena, a neka proširena i nadopunjena u skladu s napretkom tehnike. Na novoj obradi teksta radilo je više poznatih specijalista.

Posebno valja istaknuti promjene, tj. novu obradu, u nekim točkama. U točki 11 obradu sistema komponenata, u točki 13 o prijelaznim pojavama kod isklapanja struje kratkog spoja, u točki 26 o oscilacijama regulatora u paralelnom pogonu i u točki 29 o uzemljenju trofaznih mreža. Novo je poglavlje III o sinhronim strojevima i poglavlje VIII o teoriji prekida luka, gdje su obuhvaćene moderne teorije razvijene posljednjih 20 godina u okviru tehnike prekidača. Valja također napomenuti da su upotrebljene jedinice u skladu s internacionalnim sistemom jedinica.

Materija knjige je podijeljena na VIII poglavlja s ukupno 50 točaka.

U poglavlju I. su obrađene prijelazne pojave u jednostavnim strujnim krugovima.

U poglavlju II. se govori o povezanim strujnim krugovima. Tu su obuhvaćene vrtložne struje u masivnim željeznim jezgrama, slobodna rotaciona polja u višefaznim strojevima, sistemi komponenata i pojave kod prekida kratkog spoja.

Pojave u sinhronim strojevima opisane su u poglavlju III. Dotaknute su prilike u normalnom pogonu, kod promjene opterećenja i kratkom spoju i pojave u vezi s regulacijom napona.

O zamašnim masama kod motora i generatora govori se u poglavlju IV. Utjecaj zemlje obrađen je u V poglavlju. Tu su obuhvaćene struje zemnog spoja, problem uzemljenja zvjezdišta u trofaznim mrežama, djelovanje zaštitnog užeta prilikom zemnog spoja te djelovanje električnog i magnetskog polja na susjedne vodove. U poglavlju VI. »Promjenljivi otpor« govori se o ugrijavanju hlađenih vodiča, taljenju žica osigurača, poluvodičima u strujnom krugu i samouzbudnim titrajima. Magnetska zasićenja u mirnim strujnim krugovima obrađena su u poglavlju VII. Opisani su problemi ferorezonancije, pojave nadvalova i mehaničkih titraja. Posljednje poglavlje VIII govori o problemima prekidanja električnog luka.

Opširan pregled literature svrstan po obrađenim poglavljima nalazi se na kraju knjige.

Ovo novo izdanje korisno će poslužiti inženjerima koji rade na problemima pogona, razvoja i laboratorijskih istraživanja na polju elektrotehnike, i zbog svoje naročite preglednosti, studentima elektrotehnike.

B. Markovčić

A. Erk. M. Schmelze, **Grundlagen der Schaltgerätetechnik,** 356 strana, 279 slika i tablica, format 16,5 × 23 cm, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1974, cijena uvezano DM 78,— (US $ 31,90).

Prvi dio knjige obrađuje naprezanja elektrosklopnih aparata pri uklapanju i prekidanju strujnih krugova. Zatim se detaljnije prikazuje teorija električnog luka, pojave u blizini elektroda i u koloni luka, te njegove karakteristike. Analizira se ponašanje električnog luka za vrijeme prekidanja struje i razmatraju različite mogućnosti utjecaja na luk: na otklon i produljenje luka, na povećanje jakosti polja i napona luka.

Na temelju rezultata suvremenih istraživanja iscrpno se obrađuju električni kontakti: strani slojevi, kontaktni otpor, zagrijavanje, te konstrukcije trajno zatvorenih kontakata. Zatim se opisuju pojave na kontaktima pri uklapanju i prekidanju struje i prikazuju primjeri različitih izvedbi električnih kontakata, utikača, rastavljača, sklopki i prekidača. Navode se smjernice za izbor i dimenzioniranje kontakata u vezi s različitim primjenama.

Posljednja četiri poglavlja posvećena su kompletnim konstrukcijama sklopnih aparata niskog i visokog napona. Obrađuje se gašenje luka izmjenične struje niskonaponskih aparata bez lučnih komora, u komorama od izolacionog materijala i u komorama s limovima za gašenje. Zatim se opisuju aparati koji ograničuju struju kratkog spoja još u porastu. U poglavlju o prekidačima visokog napona govori se o specifičnim problemima gašenja luka i razmatraju metode gašenja, te konstrukcije kontaktnih sistema s plinovitim i tekućim sredstvima za gašenje: pneumatskih, SF_6, malouljnih, hidromatskih i vakuumskih prekidača. Na kraju se prikazuju konstrukcije rastavnih sklopki i rastavljača visokog napona.

Knjiga daje odličan pregled problematike sklopnih aparata, pa se može preporučiti inženjerima, tehničarima i studentima koji se bave njihovom konstrukcijom i održavanjem. U literaturi je teško naći knjigu koja sličnu problematiku obrađuje tako pregledno i sveobuhvatno.

V. Jurjević

H. Wolf: **Nachrichtenübertragung.** Izdavač Springer Verlag Berlin — Heidelberg — New York 1974. Opseg: 248 stranica, 55 slika, cijena 32 DM.

Knjiga je namijenjena prvenstveno potrebama studenata i diplomiranih inženjera elektrotehnike, a veliki dio teksta daje autor u okviru svojih predavanja na Sveučilištu u Karlsruhe-u, pa je knjiga zapravo više udžbenik nego priručnik. U ovoj knjizi autor je težio dati opće principe i teoretske osnove prijenosa informacija, dok praktička rješenja i tehničke izvedbe prijenosnih sistema nisu razmatrana. Knjiga je podijeljena na pet poglavlja.

U prvom poglavlju dan je uvod u probleme prijenosa informacija na pojedinim primjerima, tako da čitatelj može uočiti svrhu izlaganja u narednim poglavljima. Slijedeća tri poglavlja sačinjavaju jednu cjelinu s time, da se u drugom poglavlju obrađuju signali, u trećem sistemi, a u četvrtom modulacija. U drugom poglavlju prikazane su matematičke interpretacije signala, slučajnog i determiniranog. Slučajnim signalima posvećeno je dosta prostora zato što su ovdje uvrštena i neka poglavlja iz teorije vjerojatnosti. Determinirani signali opisani su sažetije i navedene su samo metode njihove analize pomoću ortogonalnih funkcija.

U trećem poglavlju riječ je o prijenosnom sistemu. Tretirani su linearni vremenski neovisni sistemi i idealni modulatori, a zatim su dani najvažniji teoremi, kao što su produkt širine pojasa i vremena i sampling teorem. Razmatran je i prijenos slučajnog i determiniranog signala u linearnim prijenosnim sistemima uz moguća linearna izobličenja i utjecaj šuma na prijenosni signal.

U četvrtom poglavlju obrađena je modulacija, kao važni postupak u prijenosu signala. Pažnja je posvećena modulaciji sinusnog i impulsnog nositelja. Opisana je amplitudna modulacija s dva i jednim bočnim pojasom, a frekventna i fazna modulacija dane su u nešto sažetijem obliku.

Kao posebno zanimljiva vrsta modulacije impulsnog nositelja u petom poglavlju prikazana je pulsno kodna modulacija. Osim toga u ovom poglavlju se razmatraju osnovne postavke teorije informacija, kao što su: kapacitet prijenosnog kanala, izbor kodiranja, sadržaj informacije, zalihost, itd.

Općenito se može reći, da knjiga daje generalizirane principe prijenosa informacija i može se preporučiti inženjerima koji poznaju telekomunikacionu tehniku. Ona može pružiti širi i općenitiji uvid u prijenos informacija. Za praćenje teksta potrebno je šire znanje i statističke teorije i teorije linearnih transformacija. Izloženi materijal u knjizi obuhvaća, ustvari, jednim dijelom područje analize signala i linearnih sistema, kao i teorije informacija. Knjiga će zato biti pristupačna uglavnom onim čitateljima koji vladaju spomenutim matematičkim aparatom.

Dr A. Šantić

Grupa autora: **Taschenbuch der Informatik,** Band 1, Grundlagen der Technischen Informatik, Redakcija T. Heinemann, Izdavač Springer - Verlag, Berlin — Heidelberg — New York; opseg: 563 strana, 429 slika. Cijena DM 63.—, US Dolara 24.30.

Ovo je treće izdanje ove knjige. Posljednje je izašlo 1967., no nagli napredak na polju informatike tražio je da se izda treće prerađeno i dopunjeno izdanje. Izdanje će ukupno imati tri sveska čime će problematika informatike biti kompletno obuhvaćena.

Knjiga je namijenjena inženjerima, stručnjacima za organizaciju i informatiku, matematičarima i fizičarima kojima knjiga daje pregled osnova i tehnike informatike.

Prvo poglavlje ovog priručnika obrađuje prvenstveno discipline koje predstavljaju osnovu obrade podataka.

Prvo su obrađene opće osnove. Početo je s povijesnim razvojem, opisani su elektronički računski automati i uređaji za obradu podataka. Zatim su iznesene norme i pojmovi u tehnici obrade podataka. U ovom prvom dijelu ukratko, ali sistematski, iznesena je teorija električnih prijelaznih pojava, regulacijska tehnika, digitalni sistemi u regulacijskim krugovima i teorija pouzdanosti.

Drugo poglavlje obrađuje konstrukcione elemente i to, monolitne poluvodične sklopove, sigurnosne sklopove, diskretne poluvodične elemente i magnetske konstrukcione elemente. Opisani su načini djelovanja, fizikalne osnove, utvrđeni pojmovi, ispitni uvjeti i karakteristični podaci. Posebno su u tom poglavlju obrađeni karakteristični podaci magnetskih elemenata uobičajeni u trgovini.

Treće poglavlje govori o digitalnim sklopovima, konstruktivnim grupama i pretvaračima (mehaničko-električnim, termičko-električnim, magneto-električnim, elektromagnetsko-električnim, kemijsko-električnim i korpuskularno-električnim).

Poglavlje završava sa fluidik tehnikom. Četvrto, posljednje poglavlje prvog dijela posvećeno je digitalnim memorijama. Najprije je dan opći pregled ove materije, zatim su obrađene magnetsko matrične memorije, te periferni elektronički i magnetski sklopovi. Nadalje su obuhvaćene vremensko prolazne memorije, asociativne memorije, čvrste memorije i poluvodične memorije. Poglavlje svršava holografijom i magnetomotornim memorijama.

Kao što se vidi, obuhvaćen je vrlo bogat materijal koji je vrlo pregledno i sistematski sređen, pa kao takav može uistinu služiti kao vrlo koristan i upotrebljiv priručnik, to više što je iza svakog odjeljka navedena opširna literatura.

Grupa autora: **Taschenbuch der Informatik,** Band 2, Struktur und Programmierung von EDV - Systemen. Redakcija T. Heinemann. Izdavač Springer - Verlag, Berlin — Heidelberg — New York; opseg 672 stranice, 465 slika. Cijena DM 63.—, US $ 24,30.

Ovaj drugi dio logički je nastavak prvog dijela, a podijeljen je na 5 poglavlja.

Prvo poglavlje ove knjige, odnosno 5. poglavlje cijelog dijela, sadrži osnove. Obuhvaćena je logička algebra i teorija sklopova, teorija automata, brojčani sistemi i kodiranje.

U drugom poglavlju obrađena je organizacija i način djelovanja uređaja za elektroničku obradu podataka. Ovdje se govori o univerzalnim digitalnim računalima, analognim i hibridnim računskim sistemima, programiranju analognih i hibridnih sistema.

Poglavlje 7. se bavi pojedinim dijelovima računala, kao ulazno-izlaznim dijelom, računskim dijelom, itd.

8 se poglavlje bavi perifernim uređajima računala. Obuhvaćeni su analogno-digitalni i digitalno-analogni pretvornici za električne veličine i geometrijske veličine. Opisani su također električni uređaji za pisanje, dalekopisači i bušački uređaji za vrpce i kartice, kao i optički ulazni i izlazni uređaji.

Posljednje, 9. poglavlje, obrađuje programiranje digitalnih sistema za obradu podataka. Opisane su strukture podataka, osnovne operacije, upotreba digitalnih sistema za obradu podataka, dijagramska pomagala kod programiranja, glavni programski jezici (ALGOL 60, ALGOL 68, FORTRAN, BASIC, COBOL), i prijevod programskih jezika na stroju.

Kao što je rečeno i u osvrtu na prvi dio ove knjige, svakom potpoglavlju dodan je pregled odgovarajuće literature.

U trećem će dijelu ovog priručnika biti obrađena primjena i specijalni sistemi. Bit će obuhvaćena komercijalna, tehnička, naučna i procesna obrada poda-

taka. Osim toga bit će govora o specijalnim zadacima obrade podataka.

B. Mr.

Günther Ernst: **Stellgeräte in der Regelungstechnik,** VDI — Verlag GmbH Düsseldorf 1968., 121 stranica, 73 slike, cijena DM 18,60

Teoretska objašnjenja funkcioniranja i značenja postavnih uređaja (ventila, zaklopaca i njihovih sklopova) mogu se naći iscrpno obrađena u mnogim naučnim radovima regulacione tehnike. Međutim, pisac ove knjige je u svojoj praksi ustanovio da u literaturi nema odgovarajućeg zaokruženog prikaza svrhe, svojstava i primjene ovih uređaja koji bi bio koristan praktičaru. Stoga namjera ove knjige nije dati nove naučne spoznaje nego sažeto prikazati niz u praksi uočenih problema. U tu je svrhu svjesno izbjegnut širi matematički pristup materiji, te je naročita pažnja posvećena zornom prikazu stvarnog fizikalnog stanja.

Knjiga uvodi čitaoca na razumljiv način u osnovne hidromehaničke pojmove koji su potrebni za razumijevanje naročitih svojstava postavnih ventila i zaklopaca. Razumijevanje pak ovoga daje temelj za primjenu tih uređaja prema zahtijevanim pogonskim uvjetima u stvarnim regulacionim krugovima. Osim toga prikazane su karakteristike i svojstva ovih elemenata u raznim pogonima.

Korist, koju ima praktičar od ove knjige je u činjenici, da mu ona daje pregled najbitnijih kriterija za postavljanje konkretnih postavnih uređaja. Predavači i učenici mogu u njoj naći osnove za razumijevanje rada ovih uređaja kao funkcionih članova u regulacionim krugovima.

M. Vujnović

W. Seifert: **Digitaltechnik II, Schaltelemente,** VDI — Verlag GmbH, Düsseldorf 1969, 74 stranice, 93 slike, cijena DM 10,80

U okviru serije VDI priručnika izlazi kao četvrti svezak knjižica koja daje prikaz sklopnih elemenata u digitalnoj tehnici. U njoj su obrađena pitanja praktične izvedbe osnovne sklopne logike. U vezi s tim su načelno razmotrena tri neovisna sistema sklopnih elemenata koji su danas od velike praktične vrijednosti u tehnici. To su sistemi elektrotehničkih (poluvodičkih), magnetskih i fluidnih (pneumatskih) sklopnih elemenata.

Nakon kraćeg uvoda o osnovnim pojmovima i definicijama, te upoznavanja s poluvodičkim elementima (dioda i tranzistor), prikazani su poluvodički sklopni elementi, kako u izvedbi s direktnim sastavnim dijelovima, tako i u tehnici integriranih spojeva.

Kod magnetskih je sklopnih elemenata objašnjena realizacija logičkih funkcija s pomoću feritnih jezgri i tankih magnetskih slojeva.

Kod fluidnog je sistema prikazano kako se postiže logičko reagiranje s pokretnim i nepokretnim sastavnim dijelovima, te je na kraju izvedena usporedba najvažnijih osobina ovog sistema.

M. Vujnović

H. Franken: **Niederspannungs-Leistungsschalter.** Izdavač Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1970, 305 stranica, 181 slika, format 16,5 x 24 cm, tvrdi uvez, cijena 58.— DM ili US $ 16.

Niskonaponske učinske sklopke služe za svladavanje i ograničenje struja kratkog spoja na strani niskog napona električnih postrojenja. Njihov značaj stalno raste, prvenstveno u opskrbi električnom energijom i u industrijskoj proizvodnji. Knjiga daje sveobuhvatni prikaz cijelog područja.

Na početku knjige se govori o strujama kratkog spoja na niskom naponu općenito, o njihovom proračunu i utjecaju potrošača na njihovu veličinu, kao i o učinku struja kratkog spoja.

Zatim slijedi poglavlje o sredstvima za ograničenje struja kratkog spoja i o njihovu djelovanju.

Znatni dio knjige posvećen je fizikalnim osnovama sklapanja i konstruktivnoj građi sklopki. Detaljno su obrađeni pojedini sastavni elementi aparata s teoretske i konstruktivne strane.

Zatim je autor prešao na obradu izvedbi sklopki. Tu se mogu naći vrlo korisne informacije o izboru i upotrebi aparata u različitim prilikama i područjima, kao i njihov vijek trajanja. U jednom poglavlju pisac se osvrnuo i na ispitivanje niskonaponskih sklopki.

Na kraju knjige je obilan pregled literature iz obrađenog područja.

Knjiga je vrlo korisna, kako za graditelje aparata, tako i za projektante postrojenja i stručnjake u pogonima, jer problem sklopki niskog napona obrađuje sa svih aspekata.

F. Stattmann: **Fachwörter der Kraftwerkstechnik**, Teil II, Kernkraftwerke, Deutsch-English. Izdavač: Verlag Karl Thiemig — 8 München 90, svezak 48, godina 1973., 316 strana, format džepni, uvez kartonsko-celofanski, cijena 19,80 DM.

Ovo je druga knjiga iz serije njemačko-engleskih rječnika ove izdavačke kuće. Prvi se dio bavio terminologijom iz područja klasičnih termoelektrana, dok je u ovom, drugom, dijelu obuhvaćena njemačka i engleska terminologija nuklearnih elektrana.

Slični njemački rječnici iz područja nuklearne fizike i tehnike izašli su još u doba početka radova na izgradnji nuklearnih elektrana u SR Njemačkoj, Švicarskoj i Austriji. Oni prema tome nisu mogli obuhvatiti terminologiju koja je nastala u međuvremenu. Knjiga obuhvaća najnoviji razvoj. Prvi su puta uzeti u obzir svi reaktorski tipovi projektirani i građeni u SR Njemačkoj, Švicarskoj i Austriji, uključujući i prvi njemački brzi brider reaktor SNR 300.

Izvori za ovaz rječnik su originalni tekstovi obilne tehničke literature. Sa svojih 7000 riječi ovaj drugi dio znatno premašuje prvi.

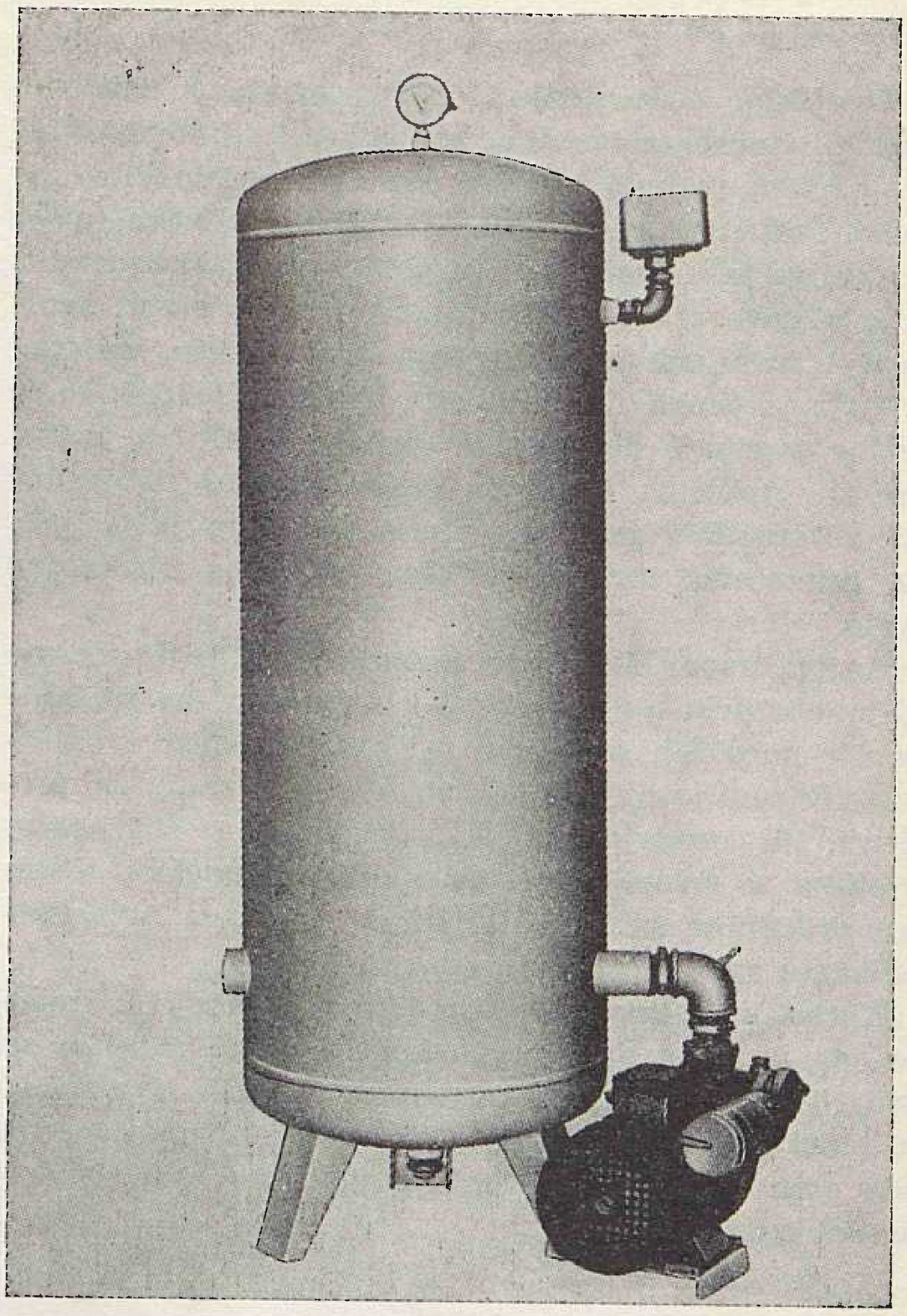
Knjiga se preporuča fizičarima, inženjerima i tehničarima koji se bave nuklearnom tehnikom.

B. M.

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

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



Opis

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

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

Karakteristike agregata su:

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

Izbor hidrofora

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

Tehničke karakteristike hidrofora

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

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

GOD. 23 (1974) energija BROJ 11 – 12

ČASOPIS ZA STRUČNA I ORGANIZACIONO DRUŠTVENA PITANJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

PROBLEMI DUGOROČNOG RAZVOJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

Borivoj Baranović, Zagreb

Na temelju razvoja potrošnje električne energije u Hrvatskoj do 1990. i granica raspoloživosti primarnih energetskih izvora u Jugoslaviji, postavljen je približan izbor i redoslijed izgradnje elektrana. Izvedeni su zaključci i smjernice za daljnji rad na planiranju razvoja elektroprivrede.

DK 621.31

UVOD

Prognoziranje razvoja elektroprivrede kao ekonomsko-tehničke djelatnosti, koja je ujedno temelj za razvoj svih ostalih privrednih djelatnosti i općeg standarda, je vrlo nezahvalan posao. Nema dovoljno elemenata za ocjenu razvoja ne samo potrošnje električne energije nego ni sigurnih podataka o raspoloživosti primarne energije za transformaciju u električnu, a još manje su poznati odnosi troškova te primarne energije, kao i troškovi izgradnje pojedinih vrsta postrojenja. Nadalje, nisu poznata razdoblja uvođenja tehničkih inovacija u proizvodnim i potrošnim uređajima, kao ni cjelokupni odnosi cijena u novim situacijama.

Kod široke potrošnje nije poznato u kolikoj će se mjeri uvoditi električno grijanje i klimatizacija prostorija, električni automobili, i možda još neki drugi oblici potrošnje. Kod industrije, a naročito kod velikih potrošača el. energije nisu poznati njihovi dugoročni razvojni pravci, kao npr. kod elektrolize aluminija, petrokemije, metalurgije i drugih.

Struktura elektroprivrednih proizvodnih kapaciteta je i kod nas u stanju mijenjanja — dosadašnja dominacija hidroelektrana postepeno će se povlačiti, pa postaje osnovno pitanje koja primarna energetska goriva treba da se u budućnosti koriste i s kojim učestvovanjem u ukupnoj proizvodnji. Prijelaz, npr. na ugljen, kao jedinu sirovinu nije moguć, kako to pokazuju istraživanja, nego će velik udio postupno zahvaćati uran, odnosno nuklearno gorivo. No, i tu su još stvari u stanju mijenjanja u pogledu tehnologije i s tim u vezi raspoloživosti količina goriva. Osim toga tu su i ekonomska i druga ograničenja. Nafta, koje za sada ima na svjetskom tržištu u izobilju, ima svoja vremenska i ekonomska ograničenja. Ipak ne valja zaboraviti da elektroenergetski sistem zahtijeva izvore raznih ekonomskih i tehničkih karakteristika, tj. izvore podobne za temeljnu, poluvršnu i vršnu proizvodnju, a tu se ne može, kad govorimo o termoelektranama, unaprijed isključiti tekuće gorivo i plin.

K tome dolaze još i teškoće namicanja financijskih sredstava za izgradnju u elektroprivredi. Ova sredstva se kod nas teško stvaraju iz cijene električne energije, jer je stalno prisutna želja društva da kontrolom cijena dobiva prejeftinu električnu energiju, u čijoj cijeni nije sadržano dosta sredstava za proširenu reprodukciju, a ostala financijska sredstva društva teško su se dosada angažirala. Težina ovog problema dolazi još više do izražaja, kad se zna da elektroprivreda treba stalno sve više sredstava, na što ne utječe samo sve veća izgradnja diktirana rastom potrošnje, već i sve veće investicije postrojenja. Grade se sve skuplje hidroelektrane, jer su one jeftinije već ranije izgrađene. Nadalje, elektroprivreda mora ulagati i u rudnike lignita, jer oni služe isključivo njoj, zatim u skupe nuklearne elektrane, te konačno u skupe uređaje za prijenos električne energije.

Ostvarivati potreban tempo izgradnje takvih postrojenja u elektroprivredi, koja daju najmanje proizvodne troškove, a zakidati na pravodobnom namicanju investicionih sredstava je vrlo težak i gotovo neostvariv cilj.

To već ulazi u kompleks naše nedefinirane energetske politike. Razlozi naših raznih energetskih kriza su posljedica nepostojanja integralne politike u energetici, a pod tim treba u prvom redu razumjevati dugoročni automatizam u domeni pariteta cijena. Politika jeftine energije pod svaku cijenu, pa i pod cijenu razvoja, onemogućuje normalan razvoj naše energetske privrede. Točnije, valjalo bi definirati odnose vrijednosti primarnih sirovina i finalnih produkata, te automatizam promjene cijena i njegovih korektiva, tj. poreza i carina. Bez takve dugoročne orijentacije nema planiranja niti u energetskoj privredi, niti kod potrošača energije.

Razvoj potrošnje električne energije od 1975. do 1990. godine

Prema obveznom Društvenom dogovoru o programiranju razvoja elektroprivrede SRH valja analizirati razvoj potrošnje za 15 god., na više načina:

— potrošnju putem distributivne mreže obraditi statistički i izračunati trend razvoja po logaritamskom pravcu,
— velike direktne potrošače na visokonaponskoj mreži valja obraditi posebno i načiniti s njima dugoročne ugovore,
— dobiveni porast ukupne potrošnje u Republici treba kontrolirati i pomoću računa korelacije s nacionalnim dohotkom.

Osim toga treba plan potrošnje uskladiti s podacima u pojedinim distributivnim poduzećima i sa Zavodom za privredno planiranje SRH.

Kod primjene ovih principa nailazi se na razne poteškoće od kojih je najveća ta, što se za razdoblje od 15 god. teško mogu dobiti podaci o razvoju u Republici, u prvom redu o velikim potrošačima električne energije i o porastu nacionalnog dohotka, a loše bi bilo promatrati budućnost samo kao ekstrapolaciju prošlosti.

U razdoblju od 1955. godine u SR Hrvatskoj je ostvarena potrošnja električne energije po godinama, odnosno po stanovniku:

1955. godine	1.076 GWh	268 kWh/stanov.
1960. ,,	1.943 ,,	469 ,,
1965. ,,	3.204 ,,	749 ,,
1970. ,,	5.607 ,,	1.271 ,,
1975. ,,	9.620 ,,	2.130 ,,

Prosječna stopa rasta potrošnje električne energije u petogodišnjim razdobljima iznosi:

1960/1955.	12,5%
1965/1960.	10,5%
1970/1965.	11,8%
1975/1970.	11,3%.

Razvoj potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj ostvarivan je stopom rasta, znatno višom nego u industrijski razvijenim zemljama. Naime, može se konstatirati da je u manje razvijenim zemljama porast potrošnje električne energije veći nego u više razvijenim zemljama (1962—71 g.).

	%	kWh/stanov.
Norveška	3,1	13.860
USA	6,9	7.660
Velika Britanija	5,7	3.950
SSSR	9,3	2.980
Francuska	6,7	2.670
Bugarska	14,9	2.036
Italija	7,2	2.033
Rumunjska	15,5	1.773
Španjolska	11,1	1.675
SR Hrvatska	11,0	1.328
SFR Jugoslavija	11,4	1.301
Grčka	16,1	1.123
Portugal	8,1	808
Albanija	16,6	462

Iz toga slijedi, s obzirom na položaj SR Hrvatske u ovoj rang listi, da je neminovno zadržati se i u narednom razdoblju na višem porastu potrošnje električne energije (3).

Naša, još uvijek relativno mala potrošnja električne energije po stanovniku, ako se uspoređujemo s evropskim državama, te očekivana sve veća primjena električne energije u industriji, poljoprivredi, uslužnim djelatnostima, i osobnom standardu, upućivala bi na politiku koja omogućuje velike trendove porasta potrošnje. Tome u prilog govori i nagla urbanizacija stanovništva i naglo uvođenje gradskog standarda i u sela, uz prelaženje stanovništva iz poljoprivrede u ostale privredne djelatnosti, s intenzivnijom potrošnjom električne energije.

STRUKTURA STANOVNIŠTVA SR HRVATSKE (2)

	1970.	1985.	2000.
Broj stanovnika	4,411.000	4,760.000	5,400.000
Aktivnih stanovnika	2,038.000	2,095.000	2,290.000
Nepoljoprivrednih stanovnika	3,061.000	3,945.000	5,040.000
Poljoprivrednih stanovnika	1,350.000	725.000	360.000

Ova očekivana promjena strukture stanovništva ukazuje na daljnju snažnu industrijalizaciju, u kojoj će silom borbe za opstanak morati produktivnost rada napredovati i pomoću sve veće mehanizacije i automatizacije poslova, a to znači i većom potrošnjom električne energije. I u poljoprivredi će ubrzano ići proces mehanizacije i elektrifikacije i radi pomanjkanja radne snage. U uslužnoj djelatnosti stanovništva značajno mjesto u potrošnji električne energije zauzima turizam, na koji se naša zemlja sve više upućuje.

Veća produktivnost rada stanovništva dovodi do većeg dohotka i veće osobne potrošnje. Tu valja očekivati, osim kod nas već poznatih elemenata osobnog konfora, i postupno uvođenje novih, kao što je klimatizacija prostorija i električno grijanje, koje je i s gledišta zaštite okoline, i štednje nafte, preporučljivo. U Francuskoj već postoji organizirana komercijalna djelatnost elektroprivrede kojom se pokazuje da je električno grijanje prostorija takmac ostalim vrstama, ako se zgrade bolje izoliraju i primijeni automatska regulacija.

Zaštita okoline i štednja nafte će i u prometu dovesti do postupnog uvođenja električnih automobila i do veće upotrebe električnih željeznica.

POTROŠNJA ENERGIJE U PROMETU (4)

	kcal/t, km	kcal/putnik, km
Željeznica	105	250
Automobili i kamioni	305	700
Avion	5.750	1.500

Što se tiče velikih, direktnih potrošača u Hrvatskoj imamo za sada konkretniji plan njihovih potreba samo za razdoblje 1974.—1978. g. Daljnji razvoj nije dovoljno obrađen i dosadašnja je praksa bila da ga se kod planiranja obično potcijeni.

Planirana potrošnja elektrolize aluminija u Ražinama od 1976. nadalje, prikazana je u dvije vrijednosti od kojih prva znači kapacitet prerade od 75.000 t, a druga od 110.000 t elektrolize aluminija (1).

	u mln kWh				
	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.
Karbid, Dugi Rat	265	265	265	265	265
Ferolegure, Šibenik	165	165	165	165	165
Aluminij Ražine — prerada	70	75	85	95	110
Aluminij Ražine — elektroliza	1062	1060	1060/1560	1060/1560	1060/1560
Aluminij, Lozovac	145	145	145	145	145
Jugovinil, Split	63	80	85	90	90
I. U, Raša	40	40	40	40	40
ŽTP, Zagreb	72	75	80	90	95
ŽTP, Osijek	75	80	85	95	100
INA, Kutina	235	235	235	235	235
Željezara Sisak	180	260	271	274	416
Cementara Podsused	30	60	60	60	60
Celuloza Fužine	50	50	50	50	50
Cementara Koromačno	50	50	50	50	50
U k u p n o :	2502	2640	2676/3176	2714/3214	2881/3381

Prema tome, ukupna potrošnja po godinama iznosi:

	u mln kWh				
	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.
Distribucija	5.738	6.220	6.754	7.286	7.939
Direktni potrošači	2.502	2.640	2.676	2.714	2.881
Gubici prijenosa	410	440	470	500	530
Ukupno (75.000 t Al)	8.650	9.300	9.900	10.500	11.350
U k u p n o (110.000 t Al)	8.650	9.300	10.400	11.000	11.850

Izvjesnu orijentaciju daju zaključci naših društvenih organa o glavnim pravcima investiranja u budućnosti. Na Konferenciji upravljača Udružene banke SRH u srpnju o.g. postavljeni su programi financiranja u domeni velike industrije:

Crna metalurgija, osim proširenja Željezare Sisak još i Koksara u Bakru, 850.000 t, 65 peći visoko mehaniziranih i automatiziranih, zatim

Željezara u Zatonu kod Nina za preradu 6,7 mln t rudače.

Ostali:

Kutina: amonijak, urea, fosfati, čađa, na osnovi prirodnog plina
OKI-INA Zagreb: etilen, polistiren, na osnovi degazolinaže
Rijeka: etilen iz nafte, vinilklorid, propilen
Sisak: sintetički kaučuk
Cementara Našice 600.000 t/g
Cementara Dalmacije 600.000 t/g
Celuloza Koprivnica
Sava — cel, Jasenovac.

Posebno je pitanje, da li osim proširenja aluminijske industrije u području Šibenika, gdje je već u toku gradnja tvornice glinice u Obrovcu, tvornice anodnih blokova i elektrolize u Ražinama, postoji u SRH još mogućnost i potreba daljnje izgradnje kapaciteta na osnovi iskorištavanja boksita.

Koliko će se stvarno moći dalje razvijati petrokemija na osnovi uvozne nafte nakon povećanja cijena, teško je sada predvidjeti. Činjenica je da postoji potreba da se kako u oblasti petrokemije, tako i metalurgiji pristupi uklanjanju disproporcija između razvoja prerađivačkih i baznih kazaciteta.

Kod planiranja potrošnje električne energije ne možemo ulaziti u sve spomenute detalje, pa je možda najbolje povezati cijeli taj kompleks potrošenje s trendom porasta nacionalnog dohotka i pronaći približne korelacije.

U Evropi se smatra, da su stope rasta sveukupnog društvenog proizvoda iznad 6% godišnje visoke, između 4 i 6% umjerene, a ispod 4% niske (6). Zato se smatra da je realistična dugoročna stopa za našu zemlju 6,5—7,5%, odnosno prosječno za 1970.—1985. 7%, a za razdoblje 1985.—2000. g. — 5% godišnje (6). Za SR Hrvatsku (2), uzeta je nešto manja stopa, tj. 6%. Zahvaljujući dosadašnjem rastu Hrvatska se s per capita društvenim proizvodom od oko 1.250 US $ svrstala u red srednje razvijenih zemalja. Međutim u evropskim mjerilima Hrvatska je još uvijek nedovoljno razvijena, jer je njen per capita društveni proizvod za više od 50% manji od gotovo svih razvijenih evropskih zemalja (2). Ta činjenica zahtijeva da i u buduće politika razvoja našeg društva vodi računa da ekonomski rast bude progresivniji i brži nego u razvijenim zemljama Evrope.

Za račun potrošnje električne energije do 1990. uzeto je dakle, s određenim oprezom, da je trend porasta nacionalnog dohotka 5,5% godišnje. Pri tom je korelacijom dobiven porast potrošnje od 9,25% godišnje, što je više nego po provedenom računu Društvenog dogovora (7).

Godina	Prijedlog poduzeća		Nacionalni dohodak	
	TWh	MW	TWh	MW
1980.	15,7	2.830	15,7	2.830
1981.	16,8	3.040	17,2	3.125
1982.	18,0	3.260	18,7	3.400
1983.	19,5	3.535	20,0	3.630
1984.	21,0	3.800	22,3	4.055
1985.	23,0	4.105	24,4	4.435
1986.	25,0	4.460	26,6	4.750
1987.	26,4	4.795	29,0	5.270
1988.	25,0	4.460	32,0	5.820
1989.	30,5	5.560	34,0	6.180
1990.	32,9	5.990	38,0	6.910

Prijedlog elektroprivrednih organizacija po Društvenom dogovoru je zbroj prognoza potrošnje pojedinih elektroprivrednih organizacija koje predviđaju god. porast potrošnje od 7,7%. Ovaj prijedlog uvažava prognozu po logaritamskom pravcu.

Indikativno je, da je jedan drugi račun proveden za evropske države (4) dao granice porasta u koji se uklapa i naš rezultat po korelaciji s nacionalnim dohotkom. Pomoću ekonometrijskog matematskog modela za razvoj potrošnje od 1970. —1985. za evropske države podijeljene u dvije grupe, iznad i ispod 2.500 kWh/stanovnika u 1970, dobivena je, uz vjerojatnost 95%, za prvu grupu godišnja stopa porasta od 6,7—7,2%, a za drugu od 9—9,5% (4).

I usporedba s evropskim državama pokazuje da stopa od 9,25% daje za npr. 1985. god. prihvatljive odnose. Navodimo nekoliko podataka iz (4):

	Potrošnja GWh 1970.	1985.	Stopa %	Mln stan. 1985.	kWh/stan. 1985.
Austrija	23,7	57,1	6,0	8,0	7140
Belgija	29,3	72,2	6,6	10,4	7300
Bugarska	19,4	82,4	10,1	9,4	8770
Danska	14,7	49,0	8,4	5,5	8920
Čehoslovačka	44,9	112,2	6,3	16,2	7520
Mađarska	16,5	55,0	8,4	11,0	5000
Rumunjska	32,7	169,1	11,5	23,3	7250
Švicarska	28,4	56,8	4,7	7,4	7680
(SR Hrvatska		24,4	9,25	4,8	5080)

Na temelju svega rečenoga smatram da ne bi bilo ekonomski opravdano postavljati program izgradnje postrojenja elektroprivrede za niži trend porasta od 9,25% godišnje, radi utjecaja tog programa na stvaranje planskih proporcija raspodjele nacionalnog dohotka u Republici. Upravo smo radi do sada prenisko postavljenih planova u elektroprivredi oskudjevali investicionim sredstvima i tako zaostajali u proizvodno-prijenosnim kapacitetima za potrebama privrede i društva, i djelovali kao ograničavajući faktor razvoja. To više, što smatram da plan potrošnje prema prijedlogu elektroprivrednih poduzeća nije potpun i što je naročito nedovoljno, iz objektivnih razloga, radi pomanjkanja razvojnih planova, obrađena potrošnja velike industrije.

Projekti hidroelektrana

Za plan razvoja do 1990. dolaze u obzir svi projekti hidroelektrana koji su u razradi. Ovdje će se dati najkraći podaci o do sada poznatim projektima od kojih mnogi još nisu do kraja definirani, pa se može očekivati da će se još mijenjati, što bitno ne utječe na karakter ovih elektrana, zadan uglavnom prirodnim uvjetima:

HE na Dravi

Osim HE Varaždin, koja je u gradnji, u projektu je još 6 nizvodnih stepenica, do Belišća.

Postrojenje	Instalirana snaga km	Cjelokupni pad MW	Instalirani protok m	Prosječna godišnja proizv. m³/sek	GWh
HE Čakovec	270	67	16,0	450	342
HE Dubrava	250	65	15,5	450	338
HE Đurđevac	220	115	17,2	750	647
HE Barč	152	60	7,5	900	340
HE Moslavina	106	60	7,5	900	320
HE Osijek	54	45	7,5	675	260

Od ovih objekata samo su HE Čakovec i HE Dubrava potpuno u našoj kompetenciji, dok na NR Mađarsku otpada do 20% energetske proizvodnje HE Đurđevac, i 50% HE Barč i HE Moslavina, i gotovo 50% HE Osijek.

Ovi projekti, a naročito tri niže stepenice (Barč, Moslavina i Osijek) imaju veliki značaj za poljoprivredu i promet, pa će biti potrebno dijeliti investicije na sudionike prema koristi nakon izgradnje postrojenja.

HE na Savi

U području Zagreba predviđena su tri hidroenergetska objekta:

Objekat	HE Podsused	HE Jarun	HE Rugvica
Instalirani protok m³/sek	450	450	450
Maksimalni bruto pad m	10,30	9,8	10,20
Instalirana snaga MW	41,00	38,30	39,00
Prosječna god. proizvodnja GWh	218.200	203.300	215.570

Ovim se iskorištava sektor rijeke Save od utoka Sutle, tj. od granice sa SR Slovenijom do sela Rugvice, koje se nalazi petnaestak kilometara nizvodno od željezničkog mosta Mičevac u Zagrebu. Taj sektor Save, dužine oko 45 km, predstavlja ujedno i njen srednji tok.

HE Obrovac

Vodotoci južne Like, Ričice, Opsenica i Otuča iskorištavaju se na padu prema Zrmanji. Podaci postrojenja:

Instalirani protoci	25,0 m³/s
Instalirana snaga	114,0 MW
Akumulacija	106 hm³
Pad, srednji, bruto	539,8 m
Srednja god. proizvodnja	400 GWh

HE Dubrovnik II

Drugu etapu HE Dubrovnik sačinjava drugi tunel i tlačni vod, te dva agregata u postojećem prostoru strojarnice.

Snaga	2 × 108 MW
Proizvodnja	450 GWh (Hrvatska od toga 40%)

HE Senj II

Prema studiji o mogućnosti povećanja instalirane snage i proizvodnje u HE Senj, predlaže se izgradnja brane Kosinj i nove elektrane čime se dobiva:

Povećanje snage za 445 MW kod protoka 105 m^3/s i srednjeg neto pada 486,5 m
Povećanje akumulacije za 325 hm^3 (akumulacija Kosinj)
Povećanje proizvodnje 1080 GWh (uzeto u obzir smanjenje proizvodnje u Senj I).

Osim ovih elektrana na prirodnim protocima postoje mogućnosti izgradnje i crpnih hidroelektrana bilo uz akumulacione hidroelektrane (Split III, Obrovac II), ili na posebnim lokacijama, na temelju noćne i tjedne energije u sistemu.

Ovdje ću spomenuti samo dva do sada poznata projekta:

CHE Vinodol

Snaga 4 × 96 MW
Volumeni bazena 2 × 1,55 hm^3
Srednji neto pad 760,5 m
Inst. protoci 4 × 15 (11) m^3/s.

CHE Zagreb

	I etapa	II etapa
Snaga	100 MW	3 × 315 MW
Vol. bazena	2,16 hm^3	7,46 hm^3
Srednji neto pad	360 m	430 m
Inst. protoci	100 (65) m^3/s	3 × 98 (60) m^3/s

Kada će biti nužno pristupiti uključivanju crpnih hidroelektrana u sistem ovisi o realizaciji projekata na prirodne protoke, raspoloživosti i cijeni pogonske energije, prijenosnim troškovima i još o mnogim drugim faktorima (8).

PREGLED PROIZVODNJE PREDLOŽENIH HIDROELEKTRANA U ZAOKRUŽENIM BROJKAMA, u *GWh*:

Hidroelektrana	Prosječna hidr. godina	90% hidr. godina	Opaska
Čakovec	340	300	
Dubrava	340	300	
Đurđevac	520	440	jugosl. dio
Barč	170	150	jugosl. dio
Moslavina	130	110	jugosl. dio
Osijek	130	110	jugosl. dio
Podsused	220	190	
Jarun	200	180	
Rugvica	215	185	
Obrovac	400	350	
Dubrovnik II	180	150	dio SRH
Senj II	1000	900	
U k u p n o	3845	3455	

Radi ilustracije daju se i podaci za sve postojeće hidroelektrane i one u izgradnji:

Prosječno	5800	odn.	5000	u 90% h. g.
Sveukupno postojeće i predložene	9645	odn.	8455	u 90% h. g.

Kod crpnih hidroelektrana u budućnosti će sve više dolaziti do izražaja činjenica da nema dovoljno jeftine noćne energije, nego će se morati graditi tjedne akumulacije, a tu su veće investicije ne samo za sam objekat nego i za prijenos energije u oba pravca, jer su lokacije takvih postrojenja u brdskim područjima. Gledajući na cijenu vršne odnosno, dopunske el. energije, crpne hidroelektrane imaju prednost pred plinskim turbinama kod veće godišnje proizvodnje, dok plinske imaju prednost kod male godišnje proizvodnje vršne energije, i kao rezerva za veliku dopunsku proizvodnju koja, promatrajući više godina, nastupa neredovito.

Ekonomsku obradu i valorizaciju ovih projekata nije moguće dati u kratkom prikazu zbog velikog broja nepoznatih ekonomskih veličina za razdoblje gradnje i pogona. Sigurno je jedno, da je s gledišta nacionalne ekonomije hidroenergija nezamjenjiva drugim izvorima na bazi goriva, a investiciono znači prometanje kapitala na vlastitom području, što se vraća narodu u drugim oblicima. Drugim riječima, ne treba zaboraviti da investicije u hidroelektrane više nego ostale investicije u energetici, pridonose povećanju nacionalnog dohotka i da na njih treba gledati šire od interesa dohotka elektroprivrednih poduzeća.

Poseban je problem, koji projekti su izvan granica nacionalnih interesa.

Granice ugljena

U težnji da termoelektrane gradimo na osnovi domaćih goriva, valja u prvom redu pogledati mogućnosti ugljena.

Eksploatacione rezerve ugljena u Jugoslaviji, uglavnom lignita (70%), prema (9) iznose 4.394 mln tona ekv. ugljena od 7000 kcal/kg, računajući A, B, C_1 i C_2 rezerve. Od toga je 2.611 mln t na površinskim kopovima. Uz pretpostavku porasta konzuma u Jugoslaviji u više varijanti, i uz pretpostavku da se izgrade sve ekonomski opravdane vodne snage (80% od ukupnog potencijala 66 TWh) do 2000 g., dobivaju se podaci o količinama potrebne dopunske termoproizvodnje. Analiza u (10) pokazuje npr. za varijantu konzuma u korelaciji sa stopom porasta društvenog proizvoda 5,5% za čitavu Jugoslaviju kao cjelinu, ako koristimo za termoelektrane:

sav ugljen A, B, C_1 i C_2	možemo	pratiti	konzum	još oko	30 g.
70% od A, B, C_1 i C_2	,,	,,	,,	,,	25 g.
sav ugljen A, B, C_1	,,	,,	,,	,,	22 g.
70% od A, B i C_1	,,	,,	,,	,,	19 g.
površ. kop A, B, C_1 i C_2	,,	,,	,,	,,	24 g.
80% od površ. kopa A, B, C_1 i C_2	,,	,,	,,	,,	21 g.

Prema tome, promatrajući Jugoslaviju u cjelini, možemo zaključiti, da bi se danas poznatim eksploatacionim rezervama ugljena, uzevši u obzir i ocijenjeno zadovoljenje i drugih potrošača, mogao pratiti razvoj potrošnje električne energije izgradnjom termoelektrana na osnovi ugljena kroz slijedećih 21 do 25 g. s time, da će sve termoelektrane moći raditi 30 g. (10).

Ni veća odstupanja od, u ovim računima predviđenog razvoja potrošnje električne energije, ne mogu bitno promijeniti ovaj zaključak, npr. uz smanjenje potrošnje za 15% krajnji rok za izgradnju novih termoelektrana produljuje se samo za 2 godine (10).

Ako se uzme u obzir i geografski raspored nalazišta ugljena, tj. da se najveći dio rezervi nalazi na području uže Srbije i Kosova (oko 75%), i ako se pretpostavi da će se termoelektrane graditi proporcionalno rezervama ugljena, onda se u Srbiji i Kosovu pojavljuje višak od 8000 MW koji bi se trebao prenositi u Sloveniju i Hrvatsku, za što bi trebalo izgraditi 14 dalekovoda 380 kV ili 4 dalekovoda 750 kV (10). Još nepovoljnija je situacija kad se uzme u obzir da se od preostalih rezervi ugljena najveći dio nalazi u istočnom dijelu Bosne i Hercegovine, pa bi se i dio električne energije koja je proizvedena u tom području morao prenositi prema Sloveniji i Hrvatskoj.

Nadalje, gotovo čitava izgradnja termoelektrana bila bi koncentrirana na nekoliko rudnika, pa se pojavljuju pitanja rashladne vode, promjene mikroklime i zagađenja atmosfere.

Sve će ovo tražiti usporeni tempo izgradnje termoelektrana na osnovi ugljena, to više, što će se vjerojatno pojaviti potreba plinofikacije ugljena i njegovog kemijskog iskorištavanja.

Za temeljnu, konstantnu proizvodnju el. energije opravdano će biti i kod nas graditi nuklearne elektrane, a za elektrane s manjim godišnjim iskorištenjem instalirane snage i termoelektrane na mazut, kao nusprodukt kod prerade nafte radi dobivanja drugih nezamjenjivih derivata.

Granice urana

Rezerve uranovog oksida U_3O_8 (uran koncentrata) u Jugoslaviji bile bi prema podacima iznesenim na SANU:

	Otkrivene	Ukupne moguće
Simpozij 1968. g.	5 740 t	10 240 t (izvor 11)
Simpozij 1972. g.	?	36 500 t (izvor 12)

Najbogatije i do sada najbolje istraženo nalazište je Žirovski Vrh u Sloveniji, koje bi prema (11) imalo 7100 t a prema (12) 12500 t uranovog oksida. Godišnja proizvodnja tog rudnika, koji treba da bude pušten u eksploataciju za 2—3 g. bila bi oko 300 t uran — koncentrata (12).

Pri ocjeni koliko se električne energije može dobiti iz tog goriva valja računati u početku s lakovodnim reaktorima, a nakon dovoljne akumulacije plutonija — s brzim reaktorima — koji bi prema prognozama mogli doći oko 1985, u komercijalnu fazu. Po tom redoslijedu korištenja trebalo bi da se samo iz rezervi Žirovskog Vrha dobije oko 300 TWh u lakovodnim i oko 7300 TWh u brzim reaktorima (12).

Ako uzmemo da je 30 g. vijek trajanja za lakovodne reaktore NE Krško 600 MW i za NE II po Hrv.-Slov. Sporazumu, 800—900 MW, sa 7000 sati godišnjeg iskorištavanja (što je mnogo za 30-god. prosjek) onda imamo po prilici upravo 300 TWh iz Žirovskog Vrha. K tome imamo, kako je spomenuto, za brze reaktore još daleko više raspoloživog goriva, tako da za promatrano razdoblje plana izgradnje do 1990, imamo gorivo bogato osigurano iz samog Žirovskog Vrha za Hrvatsku i Sloveniju.

Gledajući dalje, do kraja stoljeća i uz tri varijante izgradnje nuklearnih elektrana u Jugoslaviji i uz istu pretpostavku u pogledu redoslijeda lakovodnih i brzih reaktora, dobivaju od slijedeće kumulativne potrebe za uranom (11):

Varijanta	5 800 MW — treba	5 900 t urana
	7 800 MW — treba	8 600 t urana
	9 800 MW — treba	11 500 t urana

Iako neki računi pokazuju (13) da bi po principu minimalnih troškova u sistemu u Jugoslaviji bilo najpovoljnije graditi nuklearne elektrane na širokom frontu, ipak, s gledišta investicija i nacionalne ekonomije, to nije moguće.

Kod nuklearnih elektrana su investicije za više od 50% veće nego kod izgradnje konvencionalnih elektrana, a osim toga naša industrija nije u stanju dati u danom momentu najnovije tehnološko rješenje (što je osobito važno kod nuklearnih reaktora), pa tako uvozom postrojenja naš nacionalni dohodak odlazi u inozemstvo. Nadalje, tu je i problem zaposlenja stanovništva u područjima rudnika ugljena.

Druga krajnost, da samo gradimo na ugljenu, također nije opravdan iz razloga navedenih u prethodnom poglavlju (Granice ugljena), stoga valja naći srednje rješenje.

Jedno od mogućih rješenja za Jugoslaviju bilo bi da se nuklearne elektrane prvenstveno grade u područjima u kojima nema rezervi ugljena, jer se time ujedno smanjuje masovni prijenos električne energije, što predstavlja element pogonske nesigurnosti, a osigurava se i nužan stupanj ekonomske autonomnosti opskrbe potrošačkih područja.

Prema ocjeni, u (13), na području Slovenije i Hrvatske bi na taj način trebalo do 2000 g. pustiti u pogon oko 10 000 MW nuklearnih elektrana, a u Vojvodini, Makedoniji i Crnoj Gori još toliko.

Svi ovdje navedeni podaci nemaju definitivni karakter ali daju uvid u problematiku i mogu poslužiti kao smjernica za daljnje istraživanje.

Granica raspoloživosti mazuta

U strukturi proizvodnog parka elektroprivrede Hrvatske poželjni su agregati na teško loživo ulje (mazut) iz ovih razloga:

— pod pretpostavkom da će temeljnu energiju (do 7000 i više sati godišnje iskoristivosti instalirane snage) davati temeljne hidroelektrane i temeljne termoelektrane na lignit i uran, u elektroprivrednom sistemu su poželjni kao izvori za srednje trajanje iskoristivosti od 2000—5000 sati blokovi s nižim investicionim troškovima od termoblokova za temeljnu proizvodnju, koji osim većih direktnih investicija traže i investicije u rudnike. Osim toga treba uslijed sezonskog korištenja goriva tražiti jeftino uskladištenje, a tome najbolje mogu udovoljiti elektrane na tekuće gorivo;
— elektroprivredni tehnički sistem traži, nadalje, da ima na raspolaganje izvore koji mogu brzo preuzimati opterećenje sistema u slučaju ispada temeljnih elektrana i dalekovoda za što su osim akumulacionih hidroelektrana najpogodnije elektrane na tekuće gorivo radi svojih tehničkih kvaliteta u pogledu elastičnosti u pogonu.

Svakako je bolje da se teško loživo ulje dobiva kao nusprodukt iz domaćih rafinerija, a ne da se uvozi bilo direktno u obliku loživog ulja, bilo u obliku nafte s većim sastojcima težih ulja. Pitanje je, dakle, kakav razvoj rafinerija se očekuje u Hrvatskoj i koliko će mazuta kao nus-produkta biti na raspolaganju elektroprivredi. Odgovor na ovo pitanje ne možemo naći u sada važećim dugoročnim programima razvoja rafinerija, jer oni elektroprivredi nisu poznati, nego ćemo se morati poslužiti nekim člancima objavljenim u našoj stručnoj literaturi i nekim starijim razvojnim planovima Saveznih privrednih organa i organizacija.

Na razvoj rafinerijskih kapaciteta, po jednom autoru, bitno će utjecati dva divergentna faktora — plinofikacija zemlje i razvoj petrokemijske industrije (14).

Petrokemija bi tražila velike rafinerijske kapacitete. Npr. za proizvodnju 300.000 t etilena valja osigurati gotovo milijun tona primarnog benzina, odn. rafinerijski kapacitet od približno 4,5 mln t (14). S druge strane bi dosadašnji manjak teških ulja za loženje mogao upućivati na gradnju rafinerija s toga aspekta, i to na osnovi uvozne nafte s više teških ostataka, što se međutim ne smatra ekonomski povoljnim (15).

Razvoj plinofikacije također ne bi upućivao na takvu orijentaciju, jer će dio potrošnje prijeći od ulja na zemni plin.

Iz oba navedena razloga, ekonomskog i razvoja plinofikacije, razvoj potrošnje teških ulja ne bi trebao da bude mjerodavan za razvoj rafinerijskih kapaciteta, ali je isto tako pitanje da li će to biti razvoj petrokemije.

Poznato je da je petrokemija ponikla velikim dijelom na niskoj cijeni nafte i na korištenju onih naftnih frakcija čiji su troškovi transformacije u druge proizvode mnogo niži od tržne vrijednosti tih proizvoda (15). Petrokemija zasnovana na pirolitičkim procesima naftnih frakcija vjerojatno će biti atraktivna samo za onog privrednog subjekta koji ima jeftinu naftu; rafinerije koje plaćaju skupu naftu ne mogu dati jeftine petrokemijske sirovine (15).

Iz ovih postavki proizlazi, da je veliko pitanje hoće li se održati razni naši projekti za izgradnju piroliza, a i drugih petrokemijskih kompleksa na osnovi uvozne nafte. Prema tome se neće moći temeljiti ni razvoj rafinerijskih kapaciteta na razvoju petrokemije kod nas — to više što bivši izvoznici nafte već ulaze u investicije velike petrokemijske industrije.

Ako bi razvoj rafinerijskih kapaciteta u nas ovisio o razvoju potrošnje naftnih derivata u prometu, industriji i poljoprivredi, odnosno o razvoju društvenog standarda i razvoju infrastrukture, onda bi trebalo imati analize u tim pravcima.

U pogledu potrošnje motornog benzina mi smo još na početku i tu bi nas trebao čekati još priličan razvoj. Dok smo 1970. g. imali 28 stanovnika jedan automobil, u Italiji i Austriji je npr. to bilo na 6 stanovnika.

Na osnovi porasta do 1970, prognoza do 1985. bila bi za Jugoslaviju (16):

	1970.	1975.	1980.	1985.
Potrošnja benzina, mln t	1	2	3,5	5,5
Broj automobila, 10^3	720	1 600	3 000	4 700
Broj stanovnika, 10^6	20,4	21,5	22,5	23,6
Broj stanovnika po autom.	28	14	8	5

Rafinerija mora sačinjavati takav osnovni skup postrojenja koji će dati standardne prinose od najmanje (ovisi o vrsti nafte koja se prerađuje):

20% benzina
35% plinskog ulja
5% ostalih destilata i plinova
40% ulja za loženje (15).

U pogledu udjela motornog benzina u ukupnoj potrošnji naftnih derivata statistika daje ove podatke u %:

	1960.	1965.	1970.
Austrija	20	19	18
Francuska	23	19	18
Italija	14	14	12
SR Njemačka	21	15	14
Jugoslavija	20	15	16

Ako bi pokušali, približno, postaviti bilancu ukupne proizvodnje derivata na osnovi razvoja potrošnje motornog benzina, npr. uz udjel od 18%, dobili bismo i količine ulja za loženje za Jugoslaviju, kako slijedi:

	1970.	1975.	1980.	1985.
Ukupno derivati, mln t	6	12	21	33
Ulje za loženje, mln t	2,4	4,8	8,4	13,2

Za usporedbu, u 1970. g. smo preradili u našim rafinerijama 7 mln t nafte, ali kako je udio motornog benzina u toj godini bio samo 16,2%, a uvozili smo i izvozili razne derivate, to je nemoguće dati jasnu sliku.

Inače, kod nas je prije poskupljenja nafte bilo više raznih prognoza razvoja rafinerijskih kapaci-

teta, postavljenih s raznih gledišta na faktore njihovog razvoja, ali ćemo ovdje navesti samo one na osnovi predviđanja potrošnje naftnih derivata Saveznog zavoda za privredno planiranje, koji su od svih najniži (uz razvoj plinofikacije) (14):

	1975.	1980.	1985.
Ukupno derivati	12,5	19,4	28,6
Rafinerijski kapaciteti, mln t	15,1	23,6	34,8

Veoma je teško naći u dostupnim planskim i razvojnim dokumentima bilance perspektivne potrošnje ulja za loženje. Jedina, poznata je iz prijedloga plana razvoja Savezne privredne komore, Savjeta za industriju nafte i gasa, Beograd, IX 1970:

Potrošnja ulja za loženje u Jugoslaviji

000 t

Oblast	1970. a	1970. b	1975. a	1975. b	1980. a	1980. b	1985. a	1985. b
Industrija	2.120	2.220	3.348	3.825	5.137	5.885	6.223	7.235
— od toga Elektroprivreda	480	490	820	950	1.300	1.470	1.600	1.800
Saobraćaj + bunker	460	470	905	1.000	1.390	1.500	2.300	2.500
Široka potrošnja	135	140	220	250	340	390	450	510
Ostali	10	10	15	15	20	25	30	35
	2.725	2.840	4.488	5.090	6.887	7.800	9.003	10.280

a = manja potrošnja
b = veća potrošnja

Ako bi se držali planiranja na bazi motornog benzina i uz podatak da na Hrvatsku otpada oko 1/3 njegove potrošnje za domaće potrebe, onda bi računajući zajedno s turističkom potrošnjom koja će zahtijevati povećanje rafinerijskih kapaciteta u Hrvatskoj, za elektroprivredu Hrvatske bilo na raspolaganju između 1980. i 1990. g. oko 1 mln t mazuta godišnje, što daje uz 9700 kcal/kg i 2400 kcal/kWh oko 4000 GWh, odnosno, uz 4000 sati godišnjeg iskorištenja, oko 1000 MW u instaliranim snagama termoelektrana na kondenzacioni pogon. Ovdje ne treba računati toplanske agregate u onom dijelu koji rade uz opskrbu toplinom, jer su količine goriva za tu svrhu sadržane u okviru potreba široke potrošnje i industrije.

Uz problem raspoloživosti mazuta postavlja se i pitanje da li će biti dovoljno nafte za preradu i za razdoblje od 30 g. nakon stavljanja u pogon elektrana na mazut.

Domaće rezerve nafte su premalene i poznato je da ćemo i mi u sve znatnijoj mjeri ovisiti o uvozu. Analize svjetskog tržišta nafte pokazivale su prije poskupljenja, da će uz dotadašnju neracionalnu potrošnju poznate svjetske rezerve jeftine nafte dostajali još svega do nešto iza 1990. g., a računajući još i s naknadnim iscrpljivanjem ostataka iz starih nalazišta do negdje iza kraja stoljeća. Nakon toga bi došlo iskorištavanje uljnih pjesaka i škriljevaca, a možda i novo otkrivenih nalazišta (17).

U Evropi se naftni deficit pokrivao uvozom: 49% iz Srednjeg Istoka i 44% iz Afrike, što je zajedno činilo više od polovine ukupnog svjetskog uvoza nafte. U budućnosti će i Amerika izvršiti veliki pritisak na tržište nafte radi sve veće vlastite deficitarnosti, što je posljedica velikog porasta potrošnje (1985. bi trebala biti 4 puta veća nego 1970. i postići nivo ukupne proizvodnje Srednjeg Istoka u 1970) (4).

Nema za sada novijih, sličnih, analiza, nakon poskupljenja nafte i nakon mjera štednje, pa i pokreta za racionalnije korištenje ove dragocjene kemijske sirovine. U visoko razvijenim zemljama bi se u tom pogledu mogli postići veliki rezultati, a za sada možemo samo pretpostaviti da će se nakon svega pomaknuti vremenske granice raspoživosti nafte za energetiku.

Na to upućuju i najnoviji dokumenti svjetskih i evropskih ekonomskih organizacija, koji još uvijek pokazuju u svojim podacima orijentaciju na veliku potrošnju nafte, kako u ukupnoj energetici, tako i u elektroprivredi.

Za cijelu Evropu predviđa se još uvijek slijedeća struktura proizvodnje klasičnih termokapaciteta u elektroprivredi, u postocima, od ukupne proizvodnje električne energije (4):

	1970.	1985.	Stopa god porasta
Ugljen	53	31	4 %
Ulje	16	22	10,4%
Prirodni plin	6	8	9,8%
Ukupno klasični	75	61	. . .

Pitanje zemnog plina

Iako imamo u Hrvatskoj relativno male rezerve prirodnog plina, oko 200 . 10^3 Tcal, ipak je godišnja potrošnja premala, ispod $10 \cdot 10^{-3}$ Tcal, uglavnom radi slabo razvijene mreže plinovoda. Potražnja za plinom, kako za široku potrošnju, tako i za industriju i energetiku je daleko veća. Npr. prema istraživanjima INA-e potrošnja bi trebala biti gotovo dva puta veća (18). Slijedeća tablica pokazuje prilike kod nas i u nekim zemljama. (Vidi tablicu na str. 337).

Potrošnja plina u Evropi nalazi se u snažnoj ekspanziji. Ne samo da tome pridonose otkrića nalazišta u zapadnoj Evropi (Nizozemska, Sjeverno more), nego i doprema iz SSSR-a plinovodima velikog presjeka. Raspoloživost prirodnog plina za elektroprivredu je ograničena i svedena uglavnom

Struktura potrošnje prirodnog plina u nekim zemljama (podaci UN za 1971)

ZEMLJA	Ukupna potrošnja 000 Tcal/god.	% iz uvoza	% za el. energ.	% za konverziju	% kao sirovina	% za topl. energ.	% za industriju	% za šir. potrošnju
AUSTRIJA	31,8	43,2	30,2	14,7	4,1	3,5	43,5	...
BELGIJA	52,5	100,0	26,8	0,09	10,3	0,7	39,7	14,4
ČEHOSLOVAČKA	21,9	59,8	5,7	15,3	10,5	0,35	52,3	4,5
SR NJEMAČKA	186,5	29,0	21,0	3,1	—	2,1	58,0	10,9
FRANCUSKA	110,0	40,4	15,0	5,9	9,3	0,54	41,0	19,5
MAĐARSKA	32,5	5,0	19,8	6,3	17,2	2,7	45,5	3,7
ITALIJA	120,2	...	5,3	3,7	15,8	0,78	50,0	21,6
NIZOZEMSKA	222,3	—	26,7	—	—	2,7	33,0	27,2
POLJSKA	58,0	21,8	1,1	1,9	16,9	0,54	59,5	3,8
RUMUNJSKA	232,0	—	20,7	—	8,9	26,9	32,1	7,1
S S S R	1 794,1	3,7	27,3	—	—	4,3	52,1	3,7
VEL. BRITANIJA	182,3	4,5	3,6	44,08	—	0,7	28,3	19,6
U S A	6 421,4	4,5	16,0	—	0,36	14,0	28,5	20,1
JUGOSLAVIJA	11,1	—	6,6	3,1	43,0	10,5	27,5	6,0
Podaci za SRH u 1973:								... nije dan podatak
HRVATSKA	6,0	—	10,6	6,1	33,8	—	31,0	8,0

na količine koje su slobodne nakon iskorištenja kapaciteta plinovoda za ostale vrsti potrošnje, dakle na sezonske i noćne kontingente. U nekim zemljama (Mađarska, SSSR), čak je obvezno da se kapaciteti plinovoda maksimalno koriste, radi postizavanja rentabilnosti, dopunskim snabdijevanjem termoelektrana (4). Kod gradskih elektrana — toplana je plin nužan, kao jedino gorivo radi manjeg zagađivanja atmosfere.

S gledišta elektroprivrede, prirodni plin je vrlo poželjno gorivo za termoelektrane, jer prouzrokuje manji spec. potrošak topline po kWh, traži manje investicije u elektranu i ne stvara probleme oko zagađivanja atmosfere. Ako plina ima, onda se još uvijek grade termoelektrane na plin, kao što je npr. slučaj s elektranom Arzberg, Bavarska, snage 220 MW, koja se priključuje na plinovod iz Ukrajine, koji ide preko ČSSR za Nürnberg i München (19).

Kod nas je još uvijek neriješeno pitanje priključka na sistem evropskih plinovoda, a iz sadašnjih plinovoda, opskrbljivanih iz domaćih nalazišta, su slobodne količine plina raspoložive samo za zagrebačke toplane. Postoji, nadalje, vjerojatnost da će se plinske turbine u Osijeku (50 MW) i u Jertovcu (70 MW) moći također opskrbljivati iz plinovoda koji su u planu izgradnje, jer ovi vršni agregati trebaju male godišnje količine.

Program razvoja izvora do 1990. g.

Uz saznanje da imamo još veoma mali broj projekata za hidroelektrane (ne računajući crpne hidroelektrane), koje ćemo gotovo u cijelosti moći realizirati u razdoblju od 1975.—1990, postaje centralno pitanje razvoja — izbor termoelektrana, klasičnih i nuklearnih, odnosno izbor učešća raznih tipova termoelektrana u proizvodnom parku. Ovdje valja poći s jedne strane od namjena pojedinih vrsta elektrana u pogledu njihovog mjesta u programu proizvodnje s obzirom na njihove tehničke sposobnosti i granice ekonomije, a s druge strane od potreba sigurnosti opskrbe primarnim gorivom. Uz ove osnovne obzire, mogućnosti pribavljanja financijskih sredstava za izgradnju elektroprivrednih postrojenja, mogu djelovati na odgađanje nekih programa izgradnje hidroelektrana i nuklearnih elektrana.

Optimum proizvodnih troškova u sistemu postiže se kad je angažman elektrana ispravan u pogledu njihovog godišnjeg iskorištenja ovisno o njihovim investicijama i cijenama goriva.

Poznate su kategorije termoelektrana s obzirom na tehničke karakteristike (brzina preuzimanja tereta, pokretanja i zaustavljanja, tehnički minimum i noćno obustavljanje), kao i u pogledu ekonomskih karakteristika (visina investicija, pogonski troškovi). Kategorije su uglavnom slijedeće:

— temeljne elektrane na lignit i nuklearno gorivo, čija ekonomičnost dolazi do izražaja kod velikog godišnjeg iskorištenja, preko 5—6000 sati, s tehničkim ograničenjem kod oko 7000 sati.

— termoelektrane na ulje, plin i ugljen, s ekonomskim iskorištenjem 3—5000 sati. (Elektrane na ugljen su investicijski skuplje, pogotovo ako još treba da se elektroprivreda tereti s investicijama za rudnik).

— termoelektrane na ulje i plin, s plinskim turbinama, velikog pogonskog elasticiteta, ali ekonomski ograničene na mali broj sati upotrebe radi skupog goriva, ako je to ulje, ili ograničenog, ako je to plin.

U pogledu sigurnosti opskrbe s obzirom na raspoloživost primarnog goriva, možemo smatrati, da su sve ove vrste jednako vrijedne, u granicama navedenim u prethodnim poglavljima.

Kod izbora elektrana valja odrediti i veličine izgradnje, odnosno veličine agregata. Cijeli proces odabiranja je vrlo kompleksan. U elektroprivredi SRH imamo metodologiju za programiranje razvoja po Društvenom dogovoru od 1973. ali ona traži da za sve objekte, koji se odabiru, postoje osnovni projekti. Da se mogu za te projekte znati veličine izradnje valja prethodno pomoću globalnog modela optimiranja, u mnogobrojnim serijama za dugoročno razdoblje, analizirati utjecaj promjena sastava strojnog parka s raznim tipovima i

veličinama izvora, te s raznim ekonomskim pretpostavkama.

Ovdje, u ovom prikazu, postupat će se vrlo pojednostavljeno, sa svrhom da se ukaže na red veličina i na probleme, a daljnjim radom, koji je uostalom u okviru Udruženja elektroprivrednih organizacija SRH u toku, dobit će se točniji uvid u problematiku i program razvoja.

Izbor temeljnih elektrana

Na osnovi odnosa investicionih i pogonskih troškova za nuklearne elektrane prema klasičnim, moglo bi se pokazati (13) da je za temeljne elektrane za Hrvatsku optimalno graditi samo nuklearne elektrane.

Međutim, razni drugi razlozi ograničuju gradnju nuklearnih elektrana, kao, što su: potrebna veća financijska sredstva, ovisnost o uvozu opreme, politika stvaranja nacionalnog dohotka i zaposlenje stanovništva, što traži da se nađe ravnoteža između optimalnog tehničkog i ekonomskog funkcioniranja elektroenergetskog sistema i nacional-ekonomskih interesa (vidi i poglavlja granice ugljena i granice urana).

Indikativni red veličine snaga potrebnih do 1990. g., za početak razmatranja možemo dobiti ako pođemo od maksimalne snage sistema za navedenu godinu, tj. 6910 MW (vidi poglavlje Razvoj konzuma), i ako uzmemo da je sasvim približno raspodjela snaga između temeljnog, srednjeg i vršnog dijela godišnjeg dijagrama u odnosu 1 : 1 : 1. Nadalje, možemo uzeti da će naše hidroelektrane uglavnom raditi dijelom u srednjem, a dijelom u vršnom pojasu dijagrama. Znači, trebamo najmanje 2300 MW temeljnih elektrana. Od 1979. imamo već:

Na ugljen iz BiH-a	350 MW
Na ugljen iz Srbije	300 MW
Nuklearna Krško, 1/2	310 MW
Toplane, protutlačni dio	100 MW
Ukupno:	1060 MW

Za preostalih, najmanje 1300 MW, treba po hrv.-slov. sporazumu dobiti 400 MW iz druge nuklearne elektrane, pa ostaje još nepokriveno 900 MW za izbor termoelektrana za donji pojas dijagrama. Međutim bilance kWh za sušnu hidrološku godinu uvijek pokazuju daleko više termoelektrana, pa valja očekivati (vidi dalje) i potrebe izgradnje prilično većih snaga termoelektrana, koje će, neke, raditi i manje od 7000 sati.

Za daljnje temeljne elektrane dolaze u obzir u prvom redu nuklearne, po mogućnosti s brzim reaktorima radi boljeg iskorištenja goriva, snaga vjerojatno oko po 1000MW a zatim i elektrane na lignit locirane na velikim udaljenostima od konzuma u SRH, snaga od po 500 MW po svakom bloku.

Izbor elektrana za srednji dio dijagrama

Uz pretpostavku da će se gotovo sve hidroelektrane u projektu (Prema Poglavlju Projekti hidroelektrana) izgraditi do 1990,pitanje je, koliko ćemo od snaga i proizvodnje hidroelektrana koristiti za srednji, odn. vršni dio dijagrama. To se ovdje ne može odrediti, ali ćemo za sada uzeti, radi malog utjecaja na rezultat, kako ćemo dalje vidjeti, da će se koristiti u srednjem dijelu dijagrama 1000 MW.

Za srednji pojas proizvodnje uzimamo:

HE Orlovac	200 MW	TE Plomin	100 MW
Peruča + Kraljevac	100 MW	Sisak I i II	400 MW
Split I	200 MW	Rijeka I	300 MW
Dubrovnik I	50 MW	Toplane	
Senj I	150 MW	Kond. dio	200 MW
Drava	200 MW	Ukupno:	1000 MW
Ostali	100 MW		

Ostaje za razdoblje poslije 1979. nepokriveno još najmanje 300 MW po ovom računu, ali će u stvari biti potrebno daleko više snage da se pokriju potrebe u kWh, u sušnim hidrološkim godinama.

Za ovu namjenu dolazi u obzir još jedan agregat na ulje od 300 MW, uz već instaliranih 700 MW u Sisku i Rijeci (vidi poglavlje Granice mazuta), zatim proširenje TE Plomin s još jednim agregatom (ukoliko se dokaže postojanje ekonomskih ugljenih rezervi) i termoelektrane na ugljen u područjima izvan SRH.

Izbor vršnih elektrana

Za vršni dio, uzmimo također oko 1000 MW iz hidroelektrana (u MW: Vinodol 50, Split II 250, Obrovac 100, Senj II 400, Dubrovnik II 100, ostali 100), pa ostaje još nepokriveno oko 1300 MW. Krajnji će vrh trebati pokriti crpnim hidroelektranama i plinskim turbinama. Posebne analize treba da dadu odnose snaga ovih vrsti postrojenja.

Pregled agregata u termoelektranama

U tablici su dani tehnički podaci o agregatima u termoelektranama koji će se uzeti u elektroenergetsku bilancu, s pretpostavljenim veličinama ekonomskog godišnjeg iskorištavanja njihove instalirane snage. Podaci o investicijama i troškovima goriva se ne daju, jer je neizvjesno kako će se oni kretati i u kojim međusobnim relacijama. Današnje relacije, pogotovo kod nas, su prolaznog karaktera i tek jedna energetska politika u našoj zemlji, a čije ekonomske veličine još nisu fiksirane, mogla bi dati ove relacije.

U ovom pregledu nije se vodilo računa o zastarjelosti strojeva i o zamjeni novima, što je poseban problem.

Približna energetska bilanca

Po Društvenom dogovoru o programiranju razvoja u elektroprivredi Hrvatske trebalo bi i dugoročne energetske bilance (15 g.) raditi na elektroničkom računalu, sa svim potrebnim tehničkim i ekonomskim podacima iz projekata postrojenja,

Agregat	Instalirano MW	Prag MW	Ekonomska iskoristivost h/g	Opaska
NE Krško 50%	332,0	316,0	min 6000	
NE II 50%	400,0	380,0	min 6000	
NE III	1000,0	950,0	min 6000	
EL-TO Zagreb A	12,3	12,0	min 4000	protutlačni agregat
EL-TO Zagreb B	30,0	29,5	min 4000	protutlačni agregat
TE-TO Zagreb A	32,0	29,8	3000 — 5000	ima protutlačni dio
TE-TO Zagreb B	32,0	29,8	3000 — 5000	ima protutlačni dio
TE-TO Zagreb C	125,0	120,0	3000 — 5000	ima protutlačni dio
Uvoz Srbija	305,0	300,0	5000 — 7000	prema ugovoru
Uvoz BiH	150,0	145,0	5000 — 7000	prema ugovoru
TE Tuzla IV	200,0	180,0	5000 — 6750	prema ugovoru
TE 500 MW ugljen	500,0	490,0	5000 — 7000	
TE Rijeka I	320,0	304,0	3000 — 5000	
TE Sisak I	210,0	197,5	3000 — 4500	
TE Sisak II	210,0	197,5	3000 — 4500	
TE 300 MW mazut	320,0	304,0	3000 — 5000	
TE Plomin I	125,0	113,5	3000 — 4000	
TE Plomin II	200,0	180,0	3000 — 4000	
KE Jertovec A	47,5	46,5	2000 — 3000	
KE Jertovec B	47,5	46,5	2000 — 3000	
KE Osijek	25,0	—	2000 — 3000	
PE Osijek	25,0	—	1000 — 2000	

koji su mogući elementi budućeg strojnog parka. Međutim, kako je daleko premali broj projekata na raspolaganju, a i ovi s nesigurnim elementima u pogledu veličine izgradnje, investicija i troškova, to preostaje ne čekati ove podatke i načiniti približne bilance proizvodnje u GWh, koje će dati neku orijentaciju.

Pojedini elementi ovakve približne bilance obradit će se na slijedeći način:

Konzum. Prema obradi u poglavlju »Razvoj konzuma« uzet će se za potrošnju, po godinama, rezultati iz proračuna korelacije s nacionalnim dohotkom.

Stupanj zadovoljenja konzuma. Kako je ovo ekonomska veličina, koja kod nas nije dovoljno obrađena, a gotovo je i nemoguće za obraditi, ne preostaje drugo nego uzeti uobičajeni kriterij u dosadašnjim bilancama za potrebe analize razvoja u elektroprivredi Hrvatske, a to je potpuno zadovoljenje konzuma i kod hidroloških prilika koje se pojavljuju u 90% slučajeva primijenjeno na godišnje veličine u kWh.

Mogućnosti proizvodnje hidroelektrana. Za hidrološke godine koje po prilici odgovaraju pojavi sa sigurnošću 90% za postojeće hidroelektrane, s HE Varaždin, uzet će se podaci iz (20), dok će se za nove uzeti iz projekata i studija, kako su navedeni u poglavlju »Projekti hidroelektrana«.

Proizvodnja termoelektrana. Uzet će se godišnje proizvodnje termoelektrana prema gornjoj granici ekonomske iskoristivosti, jer se radi o bilanci s hidrološkom godinom koja se pojavljuje s vjerojatnošću od 10%. Tehničkom granicom iskoristivosti smatrat će se 7000 h, čime je obuhvaćen remont od 30 dana i mogućnost kvara od oko 12% od preostalog raspoloživog fonda sati. Problem svih vrsti rezervi u snazi termoelektrana, od hladne do rotirajuće, ovdje se neće tretirati, radi uopće pregrubog računa, nego će se za najnepovoljniji slučaj koji može nastupiti u pogonu, tj. da ispadne najveći agregat u momentu kad nema rezerve u snagama HE i TE koje su u pogonu, predvidjeti u snagama HE Vinodol, crpnih hidroelektrana i plinskih turbina, u ukupnom iznosu snage najvećeg agregata u pogonu. Prema tome se u bilancama s proizvodnjama ovih agregata neće računati. Na taj način čini se manja pogreška u usporedbi s onima od neizvjesnosti na mnogo većim stavkama, kao što je npr. porast konzuma, rokovi puštanja u pogon velikih novih izvora, itd.

U bilancama je uzeto da termoelektrane u prvoj godini ne daju punu proizvodnju radi početnih teškoća. S druge strane, tehničko starenje nakon izvjesnog broja godina, a s time i zamjena postrojenja ne može se ovdje uzeti u obzir radi nepoznatog stvarnog iskorištenja strojeva tokom godina, nego će se to morati analizirati u kratkoročnijim planovima (5—7 god.).

U pogledu vremenskog rasporeda dodavane su nuklearne elektrane tako da je prva slijedeća uzeta po ugovoru sa SR Slovenijom a iza toga prva s brzim reaktorima čim se oni pojave na tržištu, a to je oko 1985, s puštanjem u pogon za 5 g. U taj raspored interpoliraju se ostale termoelektrane na lignit, ugljen i ulje, uz stalnu racionalnu i praktički moguću izgradnju hidroelektrana.

Rezultati. Manjkovi što su iskazani, ne mogu se analizirati u ovako grubim bilancama. Trebat će u kratkoročnijim bilancama, rađenim s točnijim ulaznim podacima i točnijom metodom bilanciranja, ustanoviti kakve vrste postrojenja nedostaju. Ovdje se može samo pretpostavljati da su to vršna postrojenja. Posebnom analizom valja ustanoviti koju vrstu postrojenja i s kojim veličinama je najekonomičnije i najjeftinije graditi.

Dinamika proizvodnje kod toplana, kako protutlačne tako i kondenzacione energije nije u ovoj razradi analizirana, već je izvršena gruba procjena.

Elektroenergetska bilanca 1980. — 1990.

Potrošnja na osnovi korelacije s nacionalnim dohotkom
Proizvodnja hidroelektrana s 90% vjerojatnosti pojave hidroloških prilika
Proizvodnja termoelektrana na gornjoj granici ekonomskih i tehničkih uvjeta

TWh

		1980.	1983.	1985.	1987.	1990.
POTROŠNJA		*15,7*	*20,0*	*24,4*	*29,0*	*38,0*
Hidroelektrane,	postojeće, s HE Varaždin	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
	Zakučac II + Đale	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Čakovec	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	Obrovac	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
	Dubrava	—	0,3	0,3	0,3	0,3
	Đurđevac (—20%)	—	—	0,4	0,4	0,4
	Dubrovnik II (40%)	—	0,1	0,1	0,1	0,1
	Senj	—	—	0,9	0,9	0,9
	Barč + Moslavina (50%)	—	—	—	0,3	0,3
	Sava, 3 stepenice	—	—	—	—	0,5
HIDROELEKTRANE UKUPNO		*5,1*	*5,8*	*7,1*	*7,4*	*7,9*
Termoelektrane,	NE Krško, 50%	2,0	2,2	2,2	2,2	2,2
	NE II, 50%	—	2,5	2,7	2,7	2,7
	NE III	—	—	—	—	5,8
	Toplane protutlačni dio	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
	Uvoz Srbija	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1
	Uvoz BiH	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
	TE Tuzla IV	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
	TE 2 × 500 MW novo	—	—	1,0	4,5	6,8
	TE Rijeka I	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	TE Sisak I i II	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	TE Mazut 300 MW, novo	—	—	1,2	1,5	1,5
	TE Plomin I	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	TE Plomin II	—	—	0,6	0,8	0,8
	Toplane kondenzacioni dio	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
	KE Jertovec	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
TERMOELEKTRANE UKUPNO		*10,6*	*13,8*	*16,8*	*20,8*	*28,9*
PROIZVODNJA UKUPNO		*15,7*	*19,6*	*23,9*	*28,2*	*36,8*
Manjak		—	—0,4	—0,5	—0,8	—1,2

Na temelju ovako nepotpune bilance mogu se dobiti rezultati učešća pojedinih vrsta primarnih izvora u ukupnoj proizvodnji:

	1985.		1990.	
	TWh	%	TWh	%
HE	7,1	29,5	7,9	21,5
NE	4,9	20,5	10,7	29,1
TE	11,9	50,0	18,2	49,4

U Evropi, zajedno sa SSSR, udio u ukupnoj proizvodnji kreće se ovako (4):

	1970.	1985.
HE	22	11
NE	3	28
TE	75	61

U statičkom svijetu bilo bi teoretski moguće ostvariti optimalnu kombinaciju raznih tipova elektrana i stalno održavati to stanje, ali mi živimo u svijetu stalnih promjena velikog broja parametara i tako valja stalno takve promjene pratiti i tražiti približna elastična rješenja, koja se neće previše udaljavati od želja.

Pouke iz ovako približnog promatranja razvoja su ipak veoma važne.

U prvom redu ukazuju da se naša zemlja mora u trci s ostalim narodima stalno naprezati, a to znači da elektroprivreda mora biti sposobna investirati relativno velike iznose.

Elektroenergetska bilanca pokazuje, da može nastupiti, za naše prilike, veoma veliki program izgradnje elektrana i da se za to valja pripremiti i financijski i stručno. Valja prirediti mnogo projekata, osposobiti strojogradnju i operativu izgradnje. Pri tom je bolje zadati veći program, nego li zatajiti zbog slabog starta u osnovnim stvarima i time kočiti privredni rast i opći standard.

ZAKLJUČAK

1. Programiranje dugoročnog razvoja elektroprivrede zahtijeva da i sve ostale privredne grane i društvene planske organizacije raspolažu podacima o potrebama električne energije, zatim o raspoloživosti goriva, politici cijena, politici kretanja investicionih sredstava i uopće o ekonomskim kretanjima.

Elektroprivreda mora dobivati koordinate unutar kojih može raditi svoje planove. S druge strane mora surađivati sa svim faktorima u Republici na definiranju međuzavisnih i povratnih efekata. Drugim riječima, programiranje razvoja u elektroprivredi je usklađivanje svih relevantnih veličina s politikom usmjeravanja prema određenim ciljevima Republike i Federacije.

2. Posebno valja za potrebe dugoročnog planiranja u elektroprivredi:

— Izraditi studije i projekte za sve još raspoložive vodne snage u SRH; pri tome obuhvatiti i crpno-akumulacione hidroelektrane.

— Djelovati na odgovarajuće savezne faktore da se izrade projekti iskorištavanja koncentriranih nalazišta lignita s najpogodnijom dinamikom, osobito s obzirom na rashladne probleme i zaštitu okoline.

— Postaviti program razvoja rudnika urana i čitave politike s nuklearnim gorivom na saveznom nivou.

— Postaviti bilance potrošnje otpadnog mazuta iz domaćih rafinerija.

— Postaviti program plinofikacije i odrediti količine plina raspoloživih za energetiku.

— Postaviti programe razvoja industrijskih organizacija, a osobito onih koje su intenzivni potrošači el. energije.

— Postaviti program daljnje elektrifikacije željeznica.

— Predvidjeti razvoj osobnog standarda, postaviti planove potrošnje električnih aparata.

— Predvidjeti razvoj povećanja društvenog produkta i njegove raspodjele.

— Odrediti paritete cijena u energetici uz osiguranje sredstava na proširenu reprodukciju i propisati automatizam održavanja tih pariteta.

— Postaviti smjernice razvoja i ekonomskih pariteta za djelatnosti koje sudjeluju u izgradnji postrojenja za energetiku, u prvom redu za strojogradnju.

3. Razvoj potrošnje električne energije do 1990. god. može se za sada najbolje obuhvatiti korelacijom s očekivanim trendom porasta društvenog proizvoda u Republici, jer još nisu poznati neki činioci potrošnje električne energije u budućnosti. Osobito nije poznat razvoj velikih potrošača, kao što su aluminij, petrokemija i drugih, koji mogu znatno utjecati na ukupne potrebe električne energije.

S obzirom na trendove razvoja naše zemlje, kao i na trendove ostalih evropskih zemalja, moramo i u elektroprivredi održati i dalje visok tempo porasta. Korelacija sa stopom porasta društvenog proizvoda u našoj Republici od 5,5% daje stopu porasta 9,25% u električnoj energiji, što zadovoljava rečene odnose.

4. Bez boljeg poznavanja svih pod 1 i 2 navedepodataka i odnosa, a uz stopu ukupne potrošnje električne energije u Republici od 9,25%, grubo predviđanje razvoja do 1990. god. pokazuje u pogledu elektrana da u pogonu treba imati:

— do 1983. g. drugu nuklearnu elektranu prema hrvatsko-slovenskom sporazumu, snage 800—900 MW,

— do 1985. g. još jedan agregat snage 300 MW na mazut i jedan od 500 MW na lignit, i ev. još jedan na ugljen u TE Plomin,

— do 1987. g. još jedan agregat od 500 MW na lignit,

— do 1990. treću nuklearnu elektranu, snage 1000—1200 MW.

Uz to valja sukcesivno, uz najveći mogući intenzitet investiranja, graditi hidroelektrane, u prvom redu na prirodnim protocima. Osim toga, u pogodna razdoblja dodavati u sistem i crpno-akumulaciona postrojenja, tj. kad su ekonomski opravdana.

Elektrotoplanske agregate valja dodavati, kad su opravdani s gledišta toplinskog konzuma.

Plinske turbine dolaze u obzir u izuzetnim situacijama i za specijalne svrhe, onda kad to pokažu kratkoročni planovi izgradnje.

Literatura

(1) Plan izgradnje elektroprivrede SRH 1971—1975.

(2) Prostorni plan SR Hrvatske godine 2 000., Zagreb 1973.

(3) Elementi plana elektroprivrede SRH 1976—1980.

(4) Dugoročna perspektiva elektroprivrede u Evropi, 1970. do 1985., UN, Eknomska komisija za Evropu, New York 1974.

(5) I. Vinski: Društveni proizvod Jugoslavije i zemalja Istoka i Zapada 1955—1985., Ekonomski pregled 10 i 11, Zagreb, 1971.

(6) I. Vinski: Niska, srednja i visoka stopa rasta, Vjesnik, 7. 2. 1974.

(7) D. Borsky: Izvještaj o potrošnji električne energije u SRH 1980—1990., Zagreb 1974.

(8) B. Baranović: Crpne hidroelektrane u elektroenergetskom sistemu, Energija br. 9/10, 1973.

(9) Simović M.: Sirovinska baza Jugoslavije u čvrstim fosilnim gorivima i mogućnost njenog daljeg razvoja i korištenja, 1. simpozij o energetici Jugoslavije, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd 1968.

(10) Požar H. Pogled u buduću opskrbu Jugoslavije električnom energijom konvencionalnim oblicima energije, Časopis »Nafta« 7—8, Zagreb 1974.

(11) D. Feretić: Dugoročna projekcija razvoja nuklearnih elektrana na području SRH i SR Slovenije, s aspekta utroška i ekonomike nuklearnog goriva.
Referat br. 70.03 na X Stručnom savjetovanju elektroenergetičara Jugoslavije — Dubrovnik 1970.

(12) S. Vrhovac i N. Afgan: Aktivnosti koje proizlaze iz spoznaje o procjenama energetske vrijednosti inventarisanih nuklearnih sirovina u našoj zemlji.
Nafta br. 7—8, Zagreb, 1974.

(13) Optimalni kapaciteti nuklearnih elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije do 2 000. g.
Institut za elektroprivredu, Zagreb,
Energoprojekt, Beograd, 1974.

(14) V. Boranić: Prilog razmatranju problema perspektivnog razvoja rafinerija nafte u Jugoslaviji, Nafta, Zagreb, br. 2/1973.

(15) Z. Hill: Naftna privreda Jugoslavije u svijetlu općih kretanja u energetici, Nafta, Zagreb, 7—8/1974.

(16) M. Obradović: Jugoslavenske tržište motornog benzina, Nafta, Zagreb, br. 12/1973.

(17) H. Mandel: Energetska politika i aspekti sigurnosti snabdijevanja konvencionalnim i nuklearnim gorivima, BWK, Essen, br. 8/1974.

(18) Nafta i plin danas u svijetu i u nas, INA, Zagreb, 1974.

(19) Termoelektrana Arzberg, Energie 3/1974.

(20) Analiza prilika u elektroenergetskom sistemu Hrvatske 1975., 1976. i 1977. god.
Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1974.

Naslov pisca: Borivoj Baranović, dipl. ing., Elektroprivreda, Zagreb

POGLED NA BUDUĆU OPSKRBU JUGOSLAVIJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Hrvoje Požar, Zagreb

Na temelju predviđenog društvenog proizvoda utvrđena je jugoslavenska potrošnja električne energije u budućnosti. Analizirajući mogućnosti pokrića te potrošnje razmotrene su mogućnosti proizvodnje u termoelektranama u skladu s raspoloživim rezervama ugljena iz čega je stvoren zaključak o neophodnosti gradnje nuklearnih elektrana.

DK 621.31 (497.1)

Dosadašnji razvitak potrošnje električne energije u svim zemljama pokazuje da je potrošnja u stalnom porastu. To vrijedi za razvijene zemlje, a pogotovo za manje razvijene. Može se naime konstatirati da je u manje razvijenim zemljama porast potrošnje električne energije veći nego u razvijenijim zemljama. Osim toga, kako ćemo vidjeti, postoji dobra korelacijska veza, koja nije linearna, između društvenog proizvoda po stanovniku, što je mjerilo razvijenosti, i potrošnje električne energije po stanovniku. To znači, da se u zemljama s relativno velikom potrošnjom električne energije po stanovniku pojavljuje, u pravilu, niži godišnji porast.

Da bi se to ilustriralo, navedeni su podaci o prosječnom godišnjem porastu u 10-godišnjem razdoblju od 1962. do 1971. godine, te o potrošnji električne energije po stanovniku u 1971. godini. U više razvijenim zemljama prosječni godišnji porast i potrošnja po stanovniku iznosili su [1]:

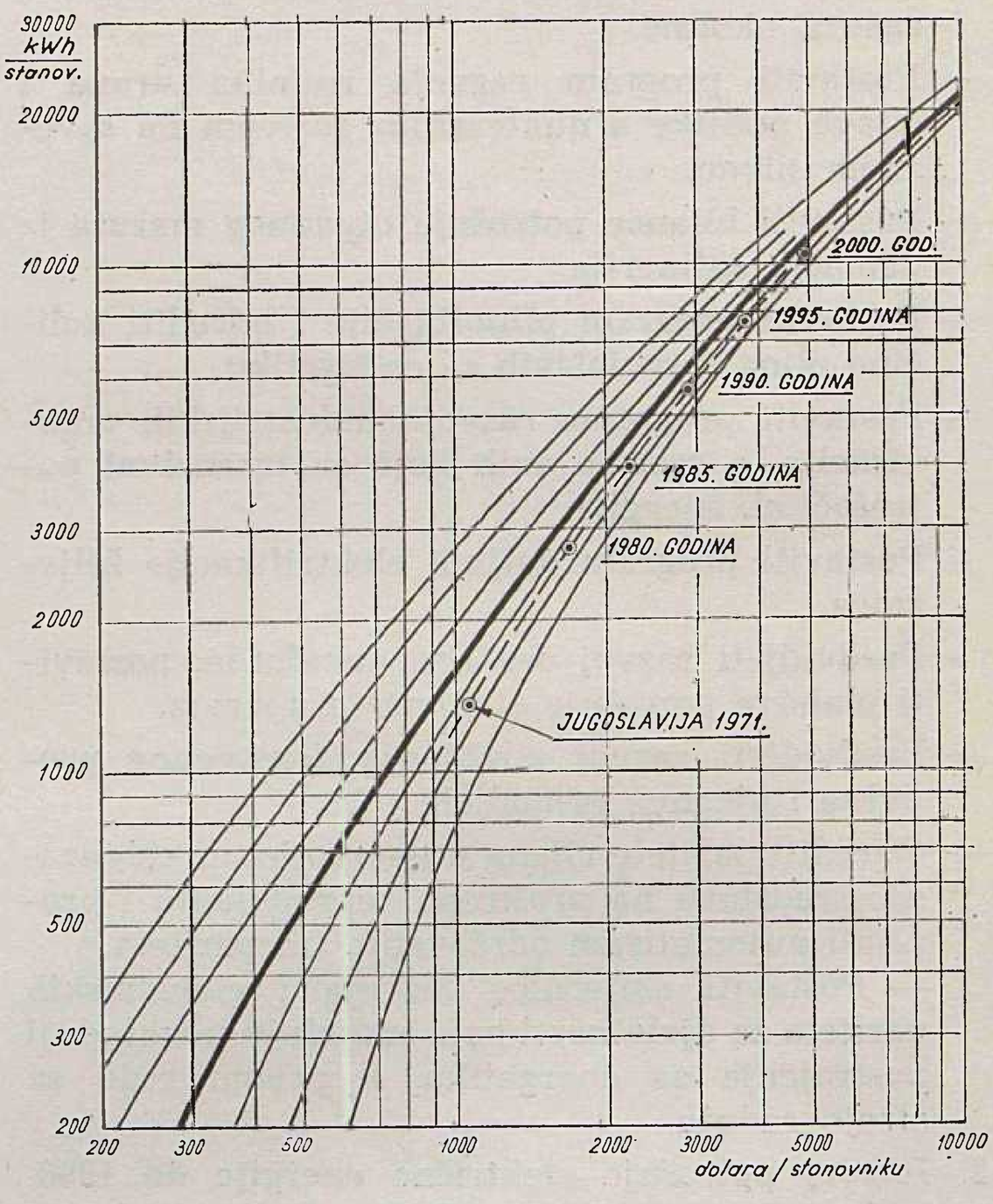
Norveška	6,1%	15372 kWh/stanovnik
Švedska	6,3%	8407 kWh/stanovnik
USA	6,9%	8315 kWh/stanovnik
Švicarska	4,8%	4757 kWh/stanovnik
Vel. Britanija	5,7%	4313 kWh/stanovnik
SR Njemačka	7,5%	4070 kWh/stanovnik
SSSR	9,3%	3238 kWh/stanovnik
Nizozemska	9,7%	3179 kWh/stanovnik
Francuska	6,7%	2877 kWh/stanovnik

dok su podaci za manje razvijene zemlje:

Bugarska	14,9%	2486 kWh/stanovnik
Italija	7,2%	2245 kWh/stanovnik
Poljska	8,1%	1977 kWh/stanovnik
Rumunjska	15,5%	1773 kWh/stanovnik
Mađarska	8,3%	1725 kWh/stanovnik
Španjolska	11,1%	1675 kWh/stanovnik
Jugoslavija	11,4%	1356 kWh/stanovnik
Grčka	16,1%	1249 kWh/stanovnik
Portugal	8,1%	808 kWh/stanovnik
Albanija	16,6%	462 kWh/stanovnik

Jugoslavija se, s obzirom na potrošnju električne energije po stanovniku, nalazi na dnu liste evropskih zemalja. S manjom su potrošnjom po stanovniku samo Grčka, Portugal i Albanija.

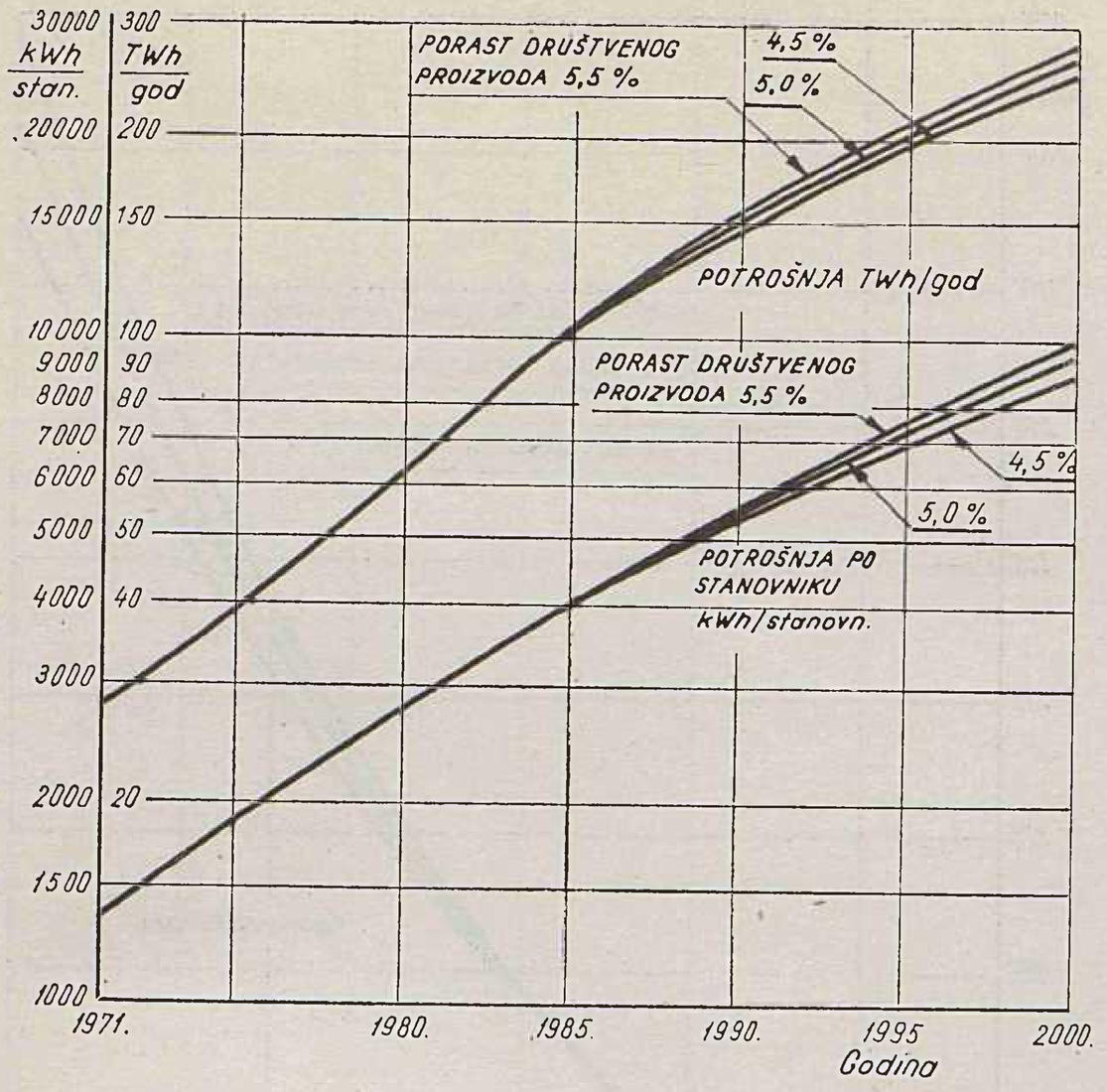
Može se pokazati [2], kako je već spomenuto, da postoji dobra korelacijska veza između društvenog proizvoda po stanovniku i potrošnje električne energije po stanovniku. U [2] ta je korelacijska veza određena na temelju podataka za 111 zemalja, za razdoblje od 1961, do 1968. godine. Na sl. 1 prikazane su krivulje koje se na osnovi analize, u [2], dobivaju kao veza između društvenog proizvoda i potrošnje električne energije. Podaci o društvenom proizvodu su preračunati u



Sl. 1.

US dolarima prema vrijednosti u 1970. godini, dok je u [2] računato s vrijednošću dolara iz 1964. godine. Računato je, da je vrijednost dolara u 1964. bila za 17% viša od one u 1970. godini. Budući da međusobna veza društvenog proizvoda i potrošnje električne energije ovisi o strukturi industrijskih potrošača s obzirom na intenzivnost potrošnje električne energije, na sl. 1 je nacrtana familija krivulja. Odabere se ona krivulja koja odgovara početnoj godini razmatranja za neku zemlju.

Da bi se utvrdile potrebne količine električne energije u budućnosti, potrebno je procijeniti razvitak društvenog proizvoda po stanovniku. Kao osnova za ovo razmatranje uzete su procjene u [3], što se odnose na razdoblje do 1985. godine. Prema [3] prosječni godišnji porast društvenog proizvoda za razdoblje od 1954. do 1970. godine iznosio je 7,6%, dok je za buduće razdoblje računato s prosječnim godišnjim porastom od 6,9%. Uzevši u obzir porast broja stanovnika, dolazi se do stope porasta po stanovniku od 5,9% za razdoblje do 1985.



Sl. 2.

Za daljnju budućnost (nakon 1985. godine) račun je proveden uz pretpostavku da će stopa godišnjeg porasta iznositi 4,5%, 5,0% odnosno 5,5%.

Polazeći od 1971. godine dolazi se do krivulje (crtkana krivulja) u dijagramu na sl. 1, koja je mjerodavna za određivanje međusobne veze između društvenog proizvoda i potrošnje električne energije po stanovniku.

Na osnovi tako određene ovisnosti, dolazi se do slijedećih podataka o društvenom proizvodu po stanovniku, o potrošnji energije po stanovniku, te o ukupnoj potrošnji električne energije:

	društveni proizvod US $ stan.	potrošnja el. energ. po stanovniku kWh/stan.	potrošnja el. energije TWh/god.
1980.	1655	2760	63,0
1985.	2202	4000	96,1
nakon 1985. porast društvenog proizvoda 4,5% godišnje			
1990.	2744	5290	133,6
1995.	3419	6760	179,6
2000.	4260	8560	239,1
nakon 1985. porast društvenog proizvoda 5,0% godišnje			
1990.	2810	5450	137,7
1995.	3586	7130	189,4
2000.	4576	9150	255,6
nakon 1985. porast društvenog proizvoda 5,5% godišnje			
1990.	2878	5620	142,0
1995.	3762	7500	199,3
2000.	4917	9770	273,0

Takav porast konzuma odgovara slijedećim godišnjim stopama porasta:

	porast društv. proizvoda nakon 1985. godine		
	4,5%	5,0%	5,5%
1971.—1980.	9,49	9,49	9,49%
1980.—1985.	8,81	8,81	8,81%
1985.—1990.	6,81	7,46	8,13%
1990.—1995.	6,08	6,58	7,01%
1995.—2000.	5,89	6,19	6,50%

Korelacijska veza između društvenog proizvoda i potrošnje električne energije osniva se na međusobnim odnosima što su ostvareni u prošlosti. Međutim u budućnosti se mogu očekivati nova područja primjene električne energije. Uređaji za pročišćavanje zraka i vode tražit će dodatne količine energije, cestovni promet, kako se danas može ocijeniti, pogotovo u velikim urbanim cjelinama vjerojatno će se osnivati na električnoj energiji. Upotreba akumulacionih peći za grijanje prostorija u daljnjem razvitku imat će sve više opravdanja, zbog sve većeg udjela termoenergije, a valja očekivati njihovu sve veću upotrebu naročito u području koja neće biti opskrbljena plinom. Sve to pokazuje da se u budućnosti može očekivati i veća potrošnja električne energije od one koja se može odrediti ekstrapolacijom prilika u prošlosti. Zbog toga se mogu procjene buduće potrošnje električne energije, na osnovi korelacije s društvenim proizvodom, smatrati prije pesimističkim nego optimističkim. To, naravno, vrijedi, ako su procjene porasta društvenog proizvoda u granicama realnosti.

Radi se, dakle, o vrlo velikim količinama električne energije, naročito kad se usporedi današnja razina potrošnje. Međutim predviđeni razvitak potrošnje električne energije nije izvan okvira onoga što je već postignuto u nekim zemljama. Da bi to ilustrirali navedimo nekoliko primjera. Potrošnja električne energije predviđena u Jugoslaviji u 1980. godini odgovara postignutoj potrošnji u Francuskoj u 1970. godini, dok je potrošnja predviđena u nas u 1985. godini postignuta u Saveznoj republici Njemačkoj već u 1970. godini. Može se dalje procijeniti da će ona potrošnja po stanovniku, koja će biti dostignuta u 1975. godini u USA i Švedskoj, biti ostvarena u Jugoslaviji krajem stoljeća, odnosno u 2000. godini.

Valja postaviti pitanje kako se mogu proizvesti tolike količine električne energije. Pokušajmo sagledati te mogućnosti.

Prema [4] rezerve ugljena za eksploataciju u Jugoslaviji iznose (ekvivalentni ugljen odgovara ugljenu od 7000 kcal/kg):

	10^6 tona ugljena	10^6 tona ekv. ugljena
Raša (kameni)	43,0	39,7
Banovići (mrki)	264,0	153,0
Sred. Bosanski (mrki)	315,0	183,0
Zasavski (mrki)	125,0	65,0
Res.-moravski (mrki)	60,0	35,3
Kreka (lignit)	840,0	352,0
Velenje (lignit)	322,0	124,0
Kosovo (lignit)	5100,0	1320,0
Metohija (lignit)	2000,0	520,0
Kolubara (lignit)	3400,0	1070,0
Kostolac (lignit)	800,0	252,0
Plevlja (lignit)	150,0	64,0
Gacko (lignit)	180,0	68,0
Ugljevik (lignit)	260,0	148,0
ukupno	13859,0	4394,0

Prema podacima Udruženja rudnika ugljena Jugoslavije iz 1967. godine [4] rezerve ugljena iznose:

	10^6 tona ugljena	10^6 tona ekv. ugljena
Bilančne A, B i C 1 rezerve	8918,5	2974,4
Bilančne C 2 rezerve	9057,7	2760,3
ukupno	17976,2	5734,7

Valja računati, da se 70% bilančnih rezervi može iskoristiti, pa su eksploatacione rezerve

	10^6 tona ugljena	10^6 tona ekv. ugljena
A, B, C 1 rezerve	6243,0	2082,1
C 2 rezerve	6340,4	1932,2
ukupno	12583,0	4014,3

Prema tome u ranije navedene eksploatacione rezerve uključene su i C2 rezerve ugljena.

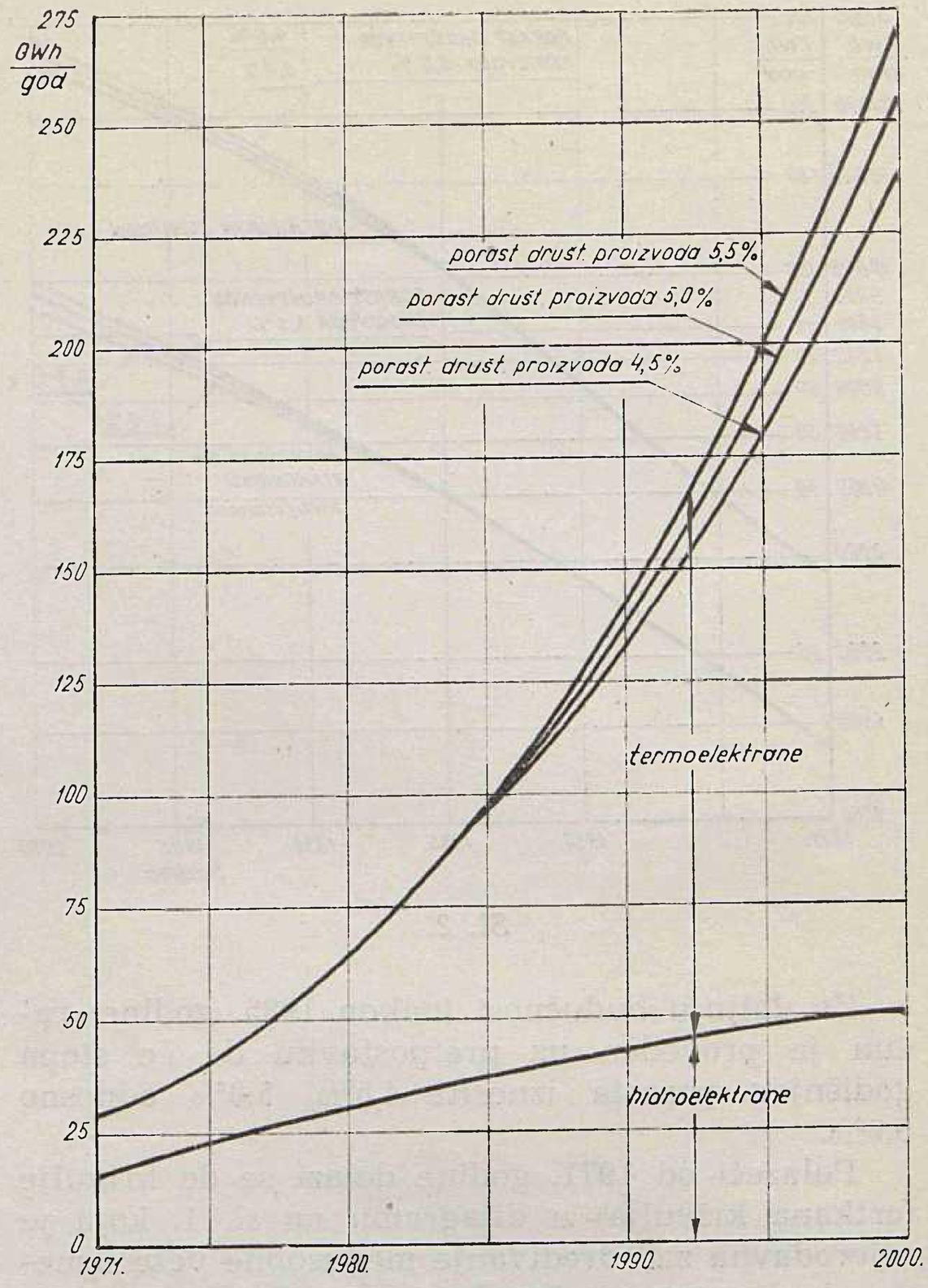
Od navedenih količina ugljena po rudnicima dio se nalazi na površini zemlje, pa se može znatno lakše koristiti (površinski kop). Prema [4] količine ugljena koje se mogu eksploatirati površinskim kopovima iznose:

	10^6 tona ugljena	10^6 tona ekv. ugljena
Banovići (mrki)	81,0	46,0
Kreka (lignit)	450,0	188,0
Kosovo (lignit)	5100,0	1320,0
Metohija (lignit)	2000,0	520,0
Kolubara (lignit)	1200,0	379,0
Kostolac (lignit)	200,0	63,0
Plevlja (lignit)	60,0	26,0
Gacko (lignit)	50,0	18,0
Ugljevik (lignit)	90,0	51,0
ukupno	9231,0	2611,0

Tehnički iskoristive vodne snage predstavljaju energiju od 66,0 TWh godišnje već transformiranu u obliku električne energije. Može se ocijeniti, da će biti ekonomski opravdano izgraditi oko 80% svih vodnih snaga, odnosno 52,8 TWh. Dio vodnih snaga najvjerojatnije ne će biti izgrađen, jer su troškovi izgradnje tako veliki da njihova izgradnja ni u kakvim energetskim prilikama ne će biti opravdana. Drugi dio vodnih snaga ne će biti građen, jer njihova izgradnja traži potapanje plodnog zemljišta.

Rezerve nafte i zemnog plina tako su malene da njihova upotreba za proizvodnju električne energije u većem opsegu ne dolazi u obzir. Prema tome, njihov utjecaj se može bez veće pogreške zanemariti. Takvo zanemarenje dovodi do manje pogreške od one koja je sadržana u procjeni rezervi ugljena.

Pokušajmo sagledati mogućnost zadovoljenja potreba. Hidroelektrane će se postupno izgrađivati (sl. 3), ali svakako polaganijim tempom nego što rastu potrebe, pa će udio hidroelektrana u ukupnoj proizvodnji postajati sve manji. Pored hidroelektrana gradit će se pumpno-akumulaciona postrojenja, ali se njihovom izgradnjom smanjuje, u izvjesnoj mjeri, potreba izgradnje termoelektrana, a povećava se potrebna proizvodnja u termoelektranama, što dovodi do povećane potrošnje ugljena. Razliku između potreba i proizvodnje u hidroelektranama pokrivat će termoelektrane. Proizvodnja u termoelektranama, pa to dovodi do povećane potrošnje ugljena. Razliku između potreba i proizvodnje u hidroelektranama i termoelektranama će, prema učinjenim pretpostavkama, iznositi:



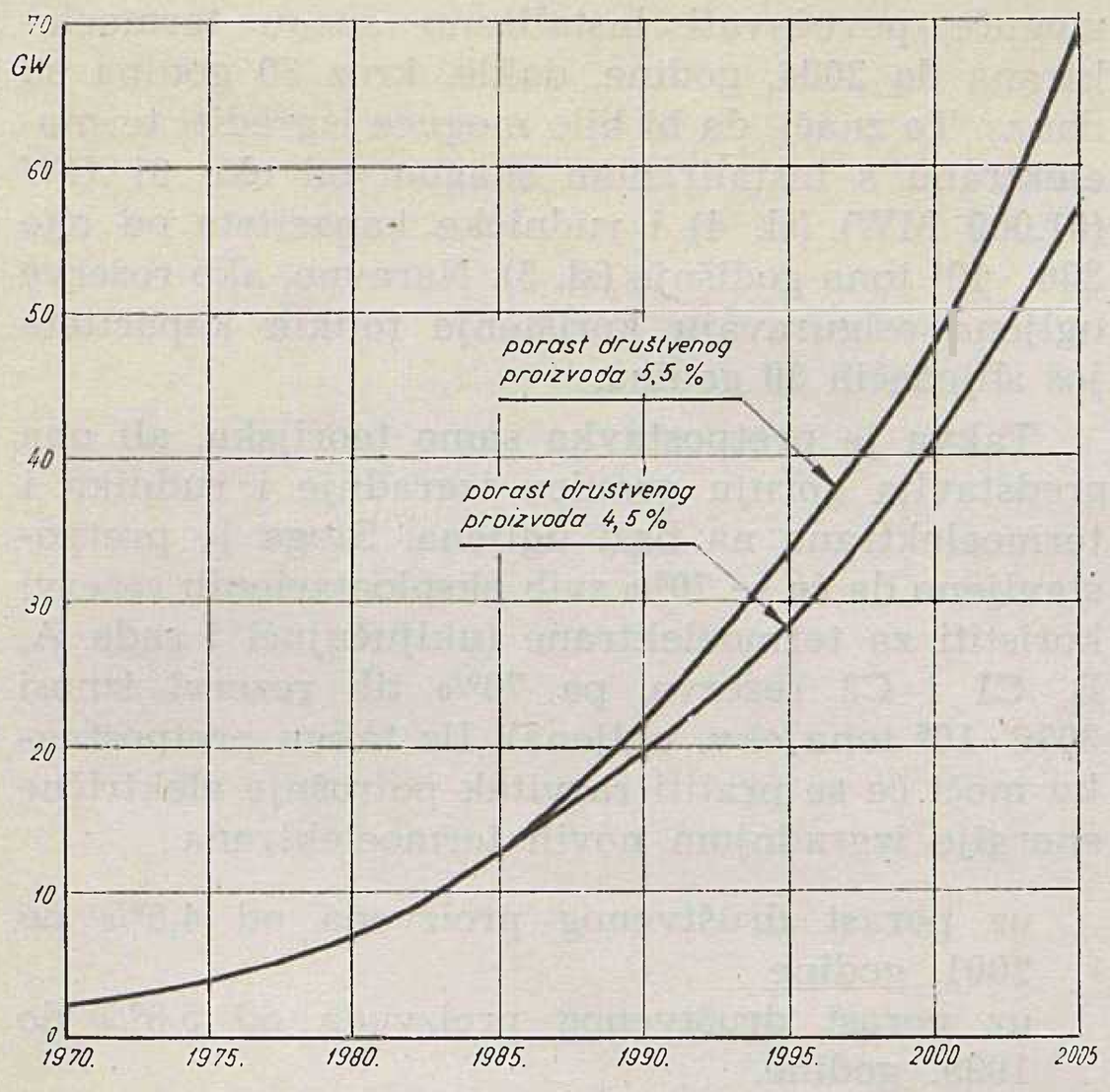
Sl. 3.

	hidro-elektrane	termoelektrane uz porast društvenog proizvoda 4,5%	termoelektrane uz porast društvenog proizvoda 5,5%
	TWh	TWh	TWh
1980.	30,00	33,00	33,00
1985.	36,25	59,85	59,85
1990.	42,50	91,10	99,50
1995.	47,50	132,10	151,80
2000.	51,00	188,10	222,00

Ako uzmemo u obzir da se podaci o potrebama odnose na prag elektrana, ako računamo da će iskorištenje termoelektrana iznositi 5000 sati/god, dolazi se do potrebnih instaliranih snaga termoelektrana (sl. 4) na generatoru:

	porast društv. proizv. 4,5%	porast društv. proizv. 5,5%
1980.	7,17	7,17 GW
1985.	13,01	13,01 GW
1990.	19,81	21,63 GW
1995.	28,72	33,00 GW
2000.	40,89	48,27 GW

Može se zaključiti, da je predviđeni razvitak proizvodnje u hidroelektranama vjerojatno viši nego što će biti ostvaren, pogotovo u početku promatranog razdoblja. Stoga se može smatrati da



Sl. 4.

previđena proizvodnja hidroelektrana obuhvaća i proizvodnju elektrana što su izgrađene ili u gradnji, a koje ne koriste ugljen kao gorivo (termoelektrane na tekuće gorivo i nuklearna termoelektrana).

Pođimo od pretpostavke da će se sva proizvodnja u termoelektranama ostvariti na bazi korištenja ugljena. Osim toga pretpostavimo, da će prosječna potrošnja topline po kWh na generatoru svih termoelektrana iznositi:

do 1974. godine	2800 kcal/kg
1975. do 1979.	2700 „
1980. do 1984.	2500 „
nakon 1985. god.	2300 kcal/kg

Dalje računajmo, da je prosječna ogrijevna moć ugljena 2200 kcal/kg pa 1 kg ekvivalentnog ugljena odgovara 3,15 kg stvarnog ugljena.

Uz takve pretpostavke dolazimo do godišnjih potreba ugljena, odnosno do potrebnih rudničkih kapaciteta za proizvodnju ugljena potrebnog za termoelektrane. Ako osim toga pretpostavimo da će se 70% od proizvedenog ugljena koristiti u termoelektranama, te da će ostali dio biti upotrebljen u druge svrhe (industrija, domaćinstvo, plinfikacija, karbokemija) dolazi se do ukupnih potrebnih kapaciteta rudnika (sl. 5) koji iznose:

	samo za termoelek.		70% za termoelek.		
	porast društv. proizv. 4,5%	5,5%	porast društv. proizv. 4,5%	5,5%	
1980.	40,5	40,5	57,8	57,8	10^6 t/god.
1985.	67,9	67,9	97,0	97,0	10^6 t/god.
1990.	103,3	112,8	147,6	161,2	„
1995.	149,8	172,2	214,1	246,1	„
2000.	213,3	251,8	304,8	359,8	10^6 t/god.

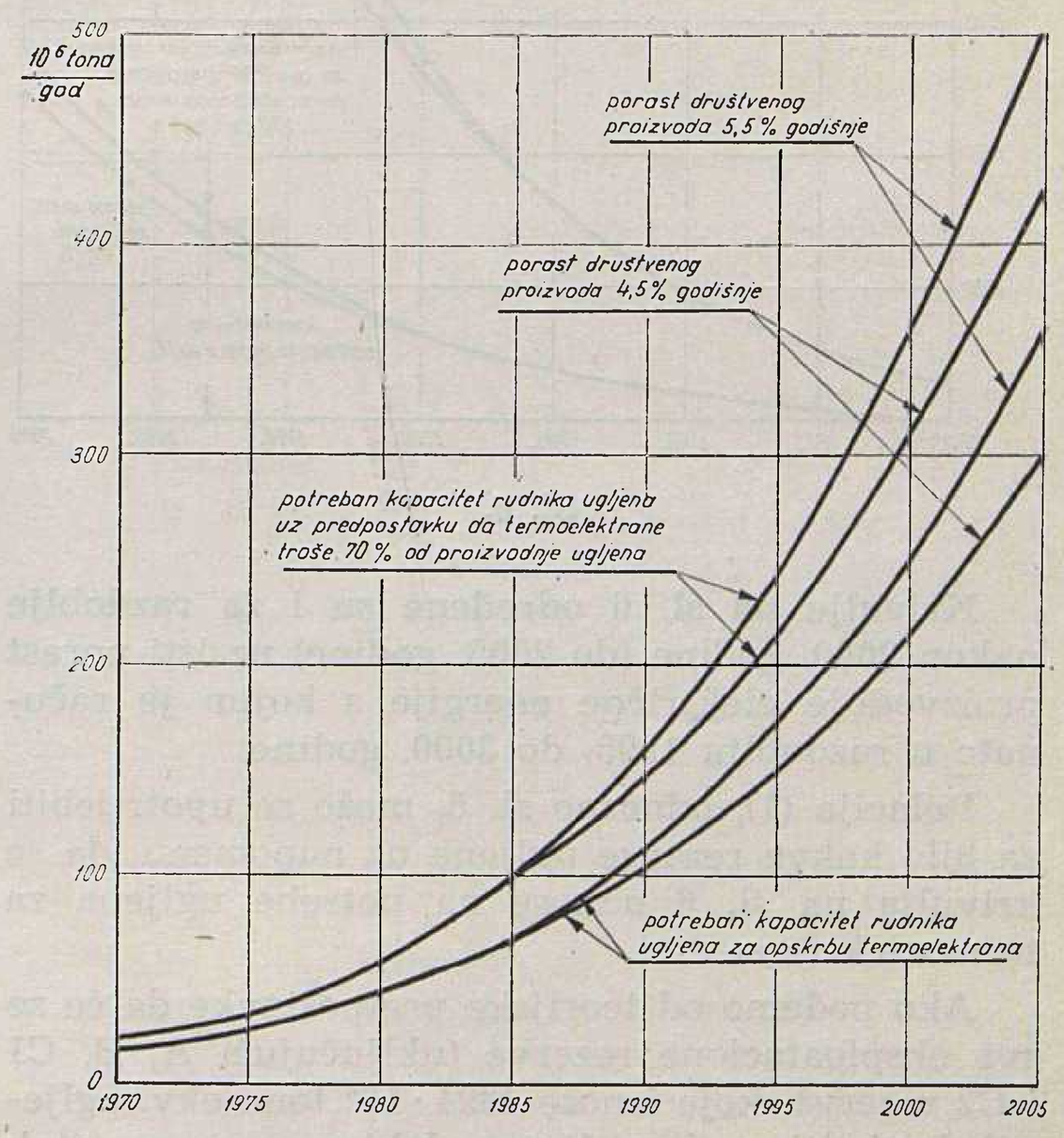
Sve su to, naravno, potrebe, ako se pođe od pretpostavke da će se sve potrebne količine električne energije iz termoelektrana proizvoditi na bazi ugljena.

Potrebno je odrediti mogućnosti zadovoljenja potreba uzevši u obzir rezerve ugljena.

Proračun na bazi današnje razine potrošnje daje sasvim optimističku i nerealnu sliku. Proračun na bazi smanjenja rezervi, koji ne vodi računa o ekonomskoj opravdanosti korištenja izgrađenih kapaciteta kroz njihov vijek trajanja također nije realan. Stoga je proračun trajanja rezervi proveden uz zahtjev da se izgrađeni kapaciteti i rudnik ugljena i termoelektrana mogu koristiti kroz vijek trajanja postrojenja T_v. Ako poznamo potrošnju ugljena U_n u svakoj godini razmatranja (n = 1,2 ... n), zatim, ako poznamo rezerve ugljena R, može se postaviti relacija

$$R = \sum_{1}^{n} U_n + T_v \cdot U_n \qquad (1)$$

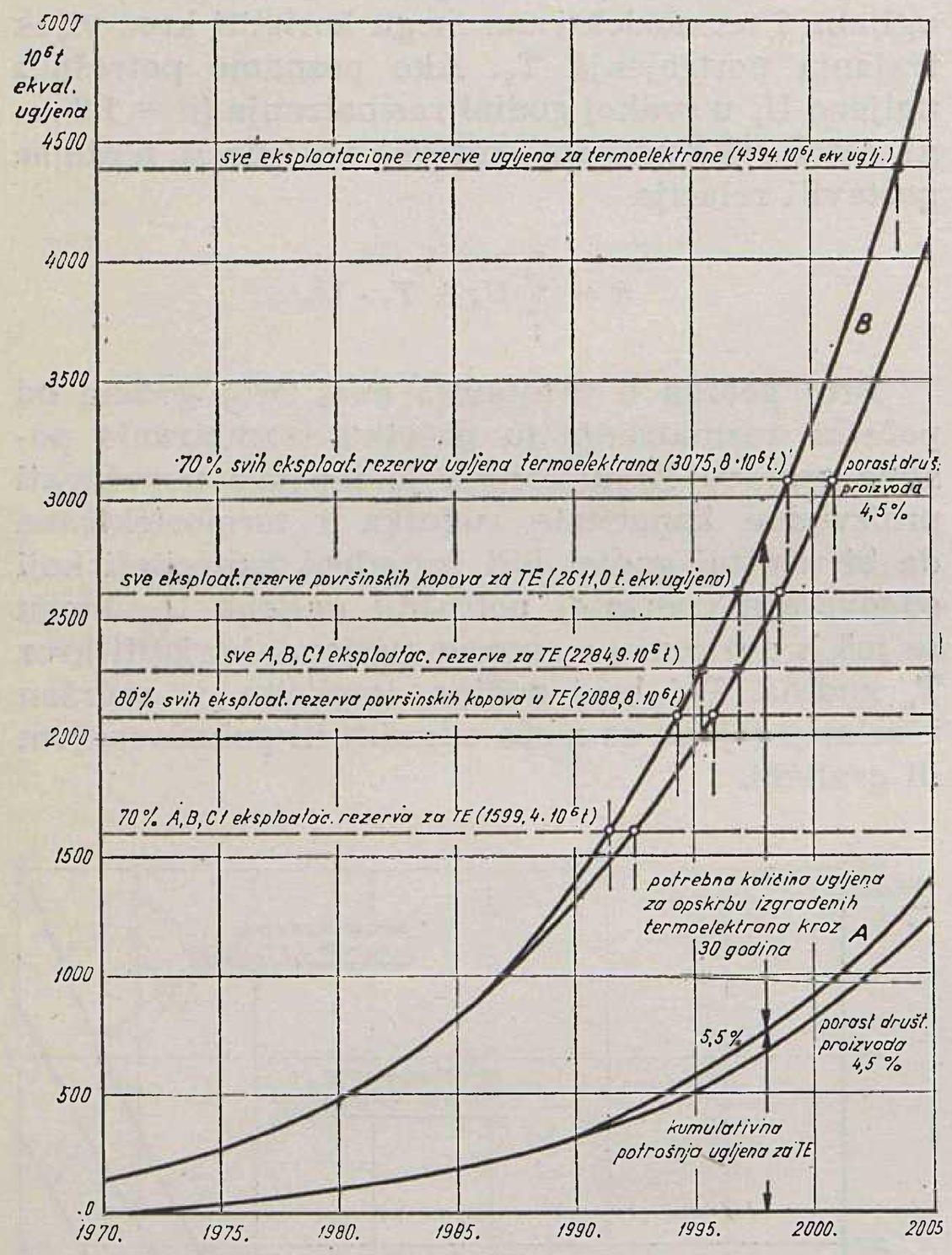
Broj godina n prestavlja onaj broj godina od početka razmatranja (u početku razmatranja postoje rezerve R) u kojima je moguće povećavati proizvodne kapacitete rudnika i termoelektrana da bi u n-toj godini bili izgrađeni kapaciteti koji odgovaraju godišnjoj potrošnji ugljena U_n, mogu se još, s obzirom na rezerve ugljena, koristiti kroz T_n godina. Taj broj godina, implicite, je sadržan u relaciji (1), pa se može odrediti ili pokušavanjem ili grafički.



Sl. 5.

Prvi dio relacije (1) predstavlja kumulativnu vrijednost godišnjih količina ugljena potrebnih za pogon termoelektrana, koje su prikazane na sl. 5. Kumulativna potrošnja ugljena polazeći od 1970. godine prikizana je krivuljama A (za porast društvenog proizvoda od 4,5% odnosno 5,5% godišnje) na sl. 6. Ako na vrijednosti kumulativne potrošnje dodamo drugi član relacije (1), dolazi

se do krivulje B na sl. 6, koja predstavlja desnu stranu relacije (1). Ako se na ordinatu nanesu raspoložive rezerve ugljena, sjecište s krivuljom B daje broj godina n odnosno godinu, kad je opravdana izgradnja posljednjeg kapaciteta u rudnicima, odnosno u termoelektranama. Krivulja B određena je uz pretpostavku da vijek trajanja postrojenja iznosi 30 godina ($T_v = 30$).



Sl. 6.

Krivulje na sl. 6 određene su i za razdoblje nakon 2000. godine (do 2005. godine) uz isti porast proizvodnje električne energije s kojim je računato u razdoblju 1995. do 2000. godine.

Relacija (1), odnosno sl. 6, može se upotrijebiti za bilo kakve rezerve ugljena uz napomenu, da se krivulja na sl. 6 odnose na potrebe ugljena za termoelektrane.

Ako pođemo od teorijske pretpostavke da će se sve eksploatacione rezerve (uključujući A, B, C1 i C2 rezerve, koje iznose $4394 \cdot 10^6$ tona ekv. ugljena) koristiti samo u termoelektranama, razvitak potrošnje električne energije bit će moguće pratiti izgradnjom novih termoelektrana

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 2006. godine
uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 2004. godine.

To znači, da će, uz navedenu pretpostavku o isključivom korištenju rezervi za termoelektrane i uz porast društvenog proizvoda od 5,5%, biti moguće povećavati instaliranu snagu termoelektrana do 2004. godine, dakle, kroz 30 godina od danas. To znači, da bi bilo moguće izgraditi termoelektranu s instaliranom snagom od oko 61 GW (61.000 MW) (sl. 4) i rudničke kapacitete od oko $330. \cdot 10^6$ tona godišnje (sl. 5). Naravno, ako rezerve ugljena osiguravaju korištenje tolikih kapaciteta još slijedećih 30 godina.

Takva je pretpostavka samo teorijska, ali ona predstavlja gornju granicu izgradnje i rudnika i termoelektrana na bazi ugljena. Stoga je pretpostavljeno da će se 70% svih eksploatacionih rezervi koristiti za termoelektrane (uključujući i sada A, B, C1 i C2 rezerve, pa 70% tih rezervi iznosi $3076 \cdot 10^6$ tona ekv. ugljena). Uz takvu pretpostavku moći će se pratiti razvitak potrošnje električne energije izgradnjom novih termoelektrana

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 2001. godine
uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1999. godine.

To znači, da maksimalna instalirana snaga termoelektrana može iznositi

oko 44 GW (44.000 MW)

a potrebni kapacitet rudnika za opskrbu termoelektrana

oko $230 \cdot 10^6$ tona godišnje.

Ako, kao sa sigurnijim rezervama računamo s A, B i C1 eksploatacionim rezervama (52% od svih eksploatacionih rezervi, što iznosi $2285 \cdot 10^6$ tona ekvivalentnog ugljena), ako pretpostavimo da će se sve tako utvrđene rezerve koristiti za proizvodnju električne energije, dolazimo (sl. 6) do zaključka da se povećanje potrošnje električne energije može pratiti izgradnjom novih termoelektrana,

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 1997. godine
uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1995. godine,

dakle 21 do 23 godine od danas. Uz takvu pretpostavku maksimalna instalirana snaga termoelektrana može iznositi

oko 33 GW (36.000 MW),

dok potrebni kapacitet rudnika za opskrbu termoelektrana

iznosi oko $180 \cdot 10^6$ tona godišnje.

Pretpostavimo dalje, da se 70% od A, B, i C1 rezervi koristi za pogon termoelektrana ($1599 \cdot 10^6$ tona ekv. ugljena). Tada se povećanje potrošnje električne energije može pratiti izgradnjom elektrana

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 1993. god.
uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1992. god,

dakle kroz 18 odnosno 19 godina od danas. Tada maksimalna instalirana snaga termoelektrana može iznositi

oko 24 GW (24.000 MW),

dok su kapaciteti rudnika za opskrbu termoelektrana

oko $120 \cdot 10^6$ tona godišnje.

U dosadašnje proračune uključene su rezerve ugljena u rudnicima s jamskom eksploatacijom i u rudnicima s površinskom eksploatacijom. Poznate su poteškoće koje se pojavljuju u slučaju jamske eksploatacije, pa se danas traže povoljnija tehnička rješenja za korištenje takvog ugljena. Zbog toga nije neopravdano razmotriti prilike uz pretpostavku, da se za pogon termoelektrana koriste ugljeni koji se eksploatiraju površinskim kopovima.

Kategorija rezervi	ugljen za TE 10^6 tona ekv. uglj.	ugljen za TE 10^6 tona ugljena	krajnja godina praćenja porasta	instal. snage TE MW	kapacitet rudnika za TE 10^6 t/god.
A + B + C1 + C2	4394	13859	2006.	61.000	330
70% (A + B + C1 + C2)	3076	9689	2001.	44.000	230
A + B + C1	2285	7198	1997.	33.000	180
70% (A + B + C1)	1599	5037	1993.	24.000	120
površinski kopovi					
(A + B + C1 + C2)	2611	9231	1999.	38.000	200
80% (A + B + C1 + C2)	2089	7385	1996.	31.000	170
Kategorija rezervi	ugljen za TE 10^6 tona ekv. uglj.	ugljen za TE 10^6 tona ugljena	krajnja godina praćenja porasta	instal. snaga TE MW	kapacitet rudnika za TE 10^6 t/god.
A + B + C1 + C2	1068	2224	1996	15.000	56
70% (A + B + C1 + C2)	747	1557	1992.	11.000	31
površinski + Velenje					
A + B + C1 + C2	427	993	1985	6.500	26
80% (A + B + C1 + C2)	342	794	1983.	5.000	20

Ako, dakle, pretpostavimo da će se za proizvodnju električne energije koristi sve eksploatacione rezerve ugljena površinskih kopova (A, B, C1 i C2 rezerve takvog ugljena iznose $2611 \cdot 10^6$ tona ekv. ugljena), moguće je potrošnju električne energije pratiti izgradnjom termoelektrana na bazi ugljena,

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 1999. godine

uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1997. godine,

dakle kroz 23 do 25 godina od danas, dok će maksimalne snage termoelektrana iznositi

oko 38 GW (38.000 MW),

a kapaciteti ugljena za opskrbu termoelektrana

oko $200 \cdot 10^6$ tona godišnje.

Uz pretpostavku da se 80% svih esploatacionih rezervi ugljena površinskih kopova koristi za proizvodnju električne energije (to odgovara $2089 \cdot 10^6$ tona ekvivalentnog ugljena), dolazi se do mogućnosti praćenja porasta potrošnje električne energije izgradnjom termoelektrana

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 1996. godine

uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1994. godine,

dakle kroz 20 odnosno 22 godine od danas. Maksimalna snaga termoelektrana može tada iznositi

oko 31 GW (31.000 MW),

a kapaciteti rudnika ugljena potrebni za opskrbu termoelektrane

oko $170 \cdot 10^6$ tona ugljena.

U slučaju ugljena s površinskih kopova uvijek je računato s A, B, C1 i C2 rezervama, jer nisu bili na raspolaganju podaci za A, B i C1 rezerve.

Da bi se dobio bolji uvid u rezultate, u slijedećoj su tablici navedeni podaci za porast društvenog proizvoda od 4,5%:

U slučaju porasta društvenog proizvoda za 5,5%, krajnja godina praćenja porasta potrošnje električne energije pojavljuje se dvije godine ranije.

Prema tome, promatrajući Jugoslaviju u cjelini može se zaključiti, da bi se danas poznatim eksploatacionim rezervama ugljena, uzevši u obzir i ocijenjeno zadovoljenje potreba i drugih potrošača, mogao pratiti razvoj potrošnje električne energije izgradnjom termoelektrana na bazi ugljena kroz slijedećih

22 do 26 godina.

Taj zaključak vrijedi uz pretpostavku da se osim hidroelektrana (prema dinamici izgradnje prikazanoj na sl. 3) ne grade drugi tipovi elektrana, osim termoelektrana na bazi ugljena.

Taj zaključak znači, da će termoelektrane izgrađene do krajnje godine (dakle, do 1996 odnosno do 2000. godine) moći biti opskrbljene potrebnim ugljenom i još daljnjih 30 godina (dakle, do 2026

odnosno do 2030. godine). Pri tome treba imati na umu činjenicu, da nakon 22, odnosno 26 godina od danas, ni jedan novi elektroenergetski proizvodni kapacitet ne može biti igrađen na bazi ugljena.

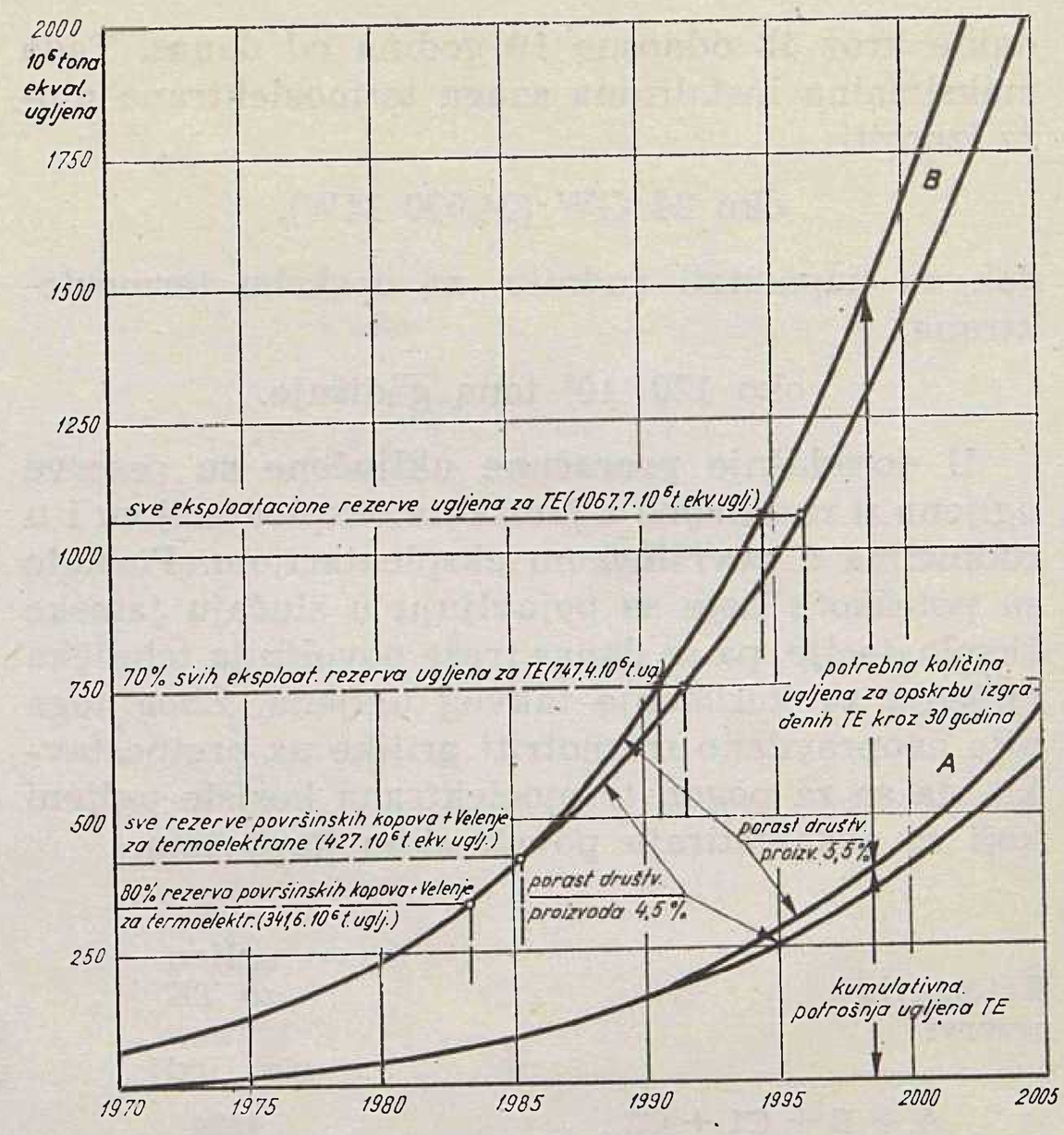
Valja naglasiti, da ni veća odstupanja od predviđenog razvoja potrošnje električne energije ne mogu bitno promijeniti spomenuti zaključak. To ilustrira i ova analiza, jer je račun proveden uz dvije pretpostavke o stopi rasta društvenog proizvoda. Uz veću stopu rasta društvenog proizvoda (5,5%) u 2000. godini potrebna količina električne energije iz termoelektrana iznosi 222,0 TWh, a uz nižu stopu rasta društvenog proizvoda (4,5%) potrebna količina električne energije iz termoelektrana iznosi 188,1 TWh. Uz smanjenje potreba električne energije 15% krajnji rok za izgradnju novih termoelektrana produljuje se samo za 2 godine.

Sve dosad provedene analize ne uzimaju u obzir geografski raspored nalazišta ugljena. Najveći dio rezervi ugljena nalazi se na području uže Srbije i Kosova (oko 75% svih rezervi s obzirom na količine ekv. ugljena). Osim toga, u istočnom dijelu Bosne i Hercegovine nalazi se oko 16% rezervi ugljena Jugoslavije. To znači da bi uz izgradnju što je pretpostavljena u ovom razmatranju bilo potrebno prenositi znatne količine energije na daljine od oko 400 do 500 km.

Da bi se dobila približna slika o potrebama prijenosa, računajmo da će se budući konzum i buduća izgradnja hidroelektrana podijeliti na dva jednaka dijela između dvije grupe republika (Srbija, Makedonija i Crna Gora, te Slovenija, Hrvatska i Bosna i Hercegovina), jer takav odnos, približno i danas, postoji. Ako dalje pretpostavimo, da će se termoelektrane graditi proporcionalno rezervama ugljena, to znači da će se 75% termoelektrana graditi na području Srbije, a 25% u zapadnim republikama. Ako računamo s izgradnjom termoelektrana od oko 32.000 MW na cijelom području Jugoslavije, u istočnim republikama će se pojaviti višak od 8.000 MW, što će se morati prenositi u zapadnu grupu republika, u prvom redu u Sloveniju i Hrvatsku. Za prijenos tolike snage potrebno bi bilo izgraditi najmanje 14 dalekovoda 380 kV, odnosno 4 dalekovoda 750 kV.

Još nepovoljnija situacija se dobiva, ako se uzme u obzir da se od preostalih rezervi ugljena najveći dio nalazi u istočnom dijelu Bosne i Hercegovine, pa bi se i dio električne energije proizvedene u tom području morao prenositi u Sloveniju i Hrvatsku.

Zbog svega toga nije bez opravdanja razmotriti prilike uz pretpostavku da se za potrebe zapadnog dijela zemlje grade elektrane na rudnicima ugljena koji se tamo nalaze. Ako i sada pretpostavimo da će se konzum i izgradnja hidroelektrana podijeliti na dva jednaka dijela između spomenutih grupa republika, jednostavno ćemo doći do krivulja koje pokazuje dva člana na desnoj strani relacije (1), jer je dovoljno da se ordinate smanje



Sl. 7.

na polovinu. Na taj način dolazimo do krivulja na sl. 7.

Ukupne eksploatacione rezerve ugljena u Sloveniji, Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini (A, B, C1 i C2) iznose, prema podacima iz [4], a navedeni su u ovom prikazu, $1068 \cdot ^{6}$ tone ekvivalentnog ugljena. Uz pretpostavku da će se ove količine ugljena koristiti za proizvodnju električne energije, praćenje porasta potrošnje električne energije bit će moguće

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 1996. godine

uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1995. godine,

što znači kroz 21, odnosno 22 godine od danas. Maksimalna instalirana snaga termoelektrana iznosit će

oko 15 GW (15.000 MW),

a potrebni kapaciteti ugljena

oko $56 \cdot 10^{6}$ tona godišnje.

Međutim, ako računamo da će se 70% svih eksploatacionih rezervi koristiti za termoelektrane ($747 \cdot 10^{6}$ tona ekv. ugljena), praćenje porasta izgradnje termoelektrana moguće je

uz porast društvenog proizvoda od 4,5% do 1992. godine

uz porast društvenog proizvoda od 5,5% do 1991. godine,

dakle kroz 17, odnosno 18 godina od danas. U tom slučaju maksimalna instalirana snaga termoelektrana iznosi

oko 11 GW (11.000 MW),

dok je kapacitet rudnika potreban za termoelektrane

oko $31 \cdot 10^{6}$ tona godišnje.

Kad se zatim računa da će se sav ugljen s površinskih kopova (A, B, C1 i C2) rezerve, te sve rezerve rudnika Velenje ($427 \cdot 10^6$ tona ekvivalentnog ugljena) koristiti u termoelektranama, praćanje porasta proizvodnje u termoelektranama bit će moguće

do 1985. godine,

dakle, kroz 11 godina od danas. Maksimalna instalirana snaga termoelektrana iznosit će

oko 6,5 GWh,

a potrebni kapacitet rudnika za opskrbu tremoelektrana

oko $26 \cdot 10^6$ tona ugljena.

Konačno ako računamo da će se 80% rezervi ugljena s površinskih kopova i iz Velenja ($342 \cdot 10^6$ tona ekv. ugljena) koristiti u termoelektranama, mogućnost praćenja porasta proizvodnje u termoelektranama osigurana je

do 1983. godine,

a instalirana snaga termoelektrana iznosit će

oko 5 GW (5.000 MW),

uz kapacitete rudnika za opskrbu termoelektrana od

oko $20 \cdot 10^6$ tona ugljena.

Valja spomenuti, da je u svim slučajevima računato s A, B, C1 i C2 rezervama, jer nisu bili na raspolaganju podaci za A, B i C1 rezerve ugljena.

Bolji uvid u rezultate dobiva se kad se prikažu tablicama. U slijedećoj tablici navedeni su podaci za slučaj porasta društvenog proizvoda od 4,5% godišnje:

Za slučaj porasta društvenog proizvoda za 5,5% godišnje krajnja godina mogućnosti praćenja porasta potrošnje električne energije pojavljuje se jednu godinu ranije.

Prema tome, promatrajući tri republike (Sloveniju, Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu) kao cjelinu, može se zaključiti da bi se danas poznatim eksploatacionim rezervama ugljena, a uzevši u obzir ocijenjene potrebe i drugih potrošača, mogao pratiti razvoj potrošnje električne energije izgradnjom elektrana na bazi ugljena kroz slijedećih

10 do 15 godina,

uz napomenu da je uvijek računato sa A, B, C1 i C2 rezervama ugljena, i uz pretpostavku da se osim hidroelektrana grade samo termoelektrane na bazi ugljena.

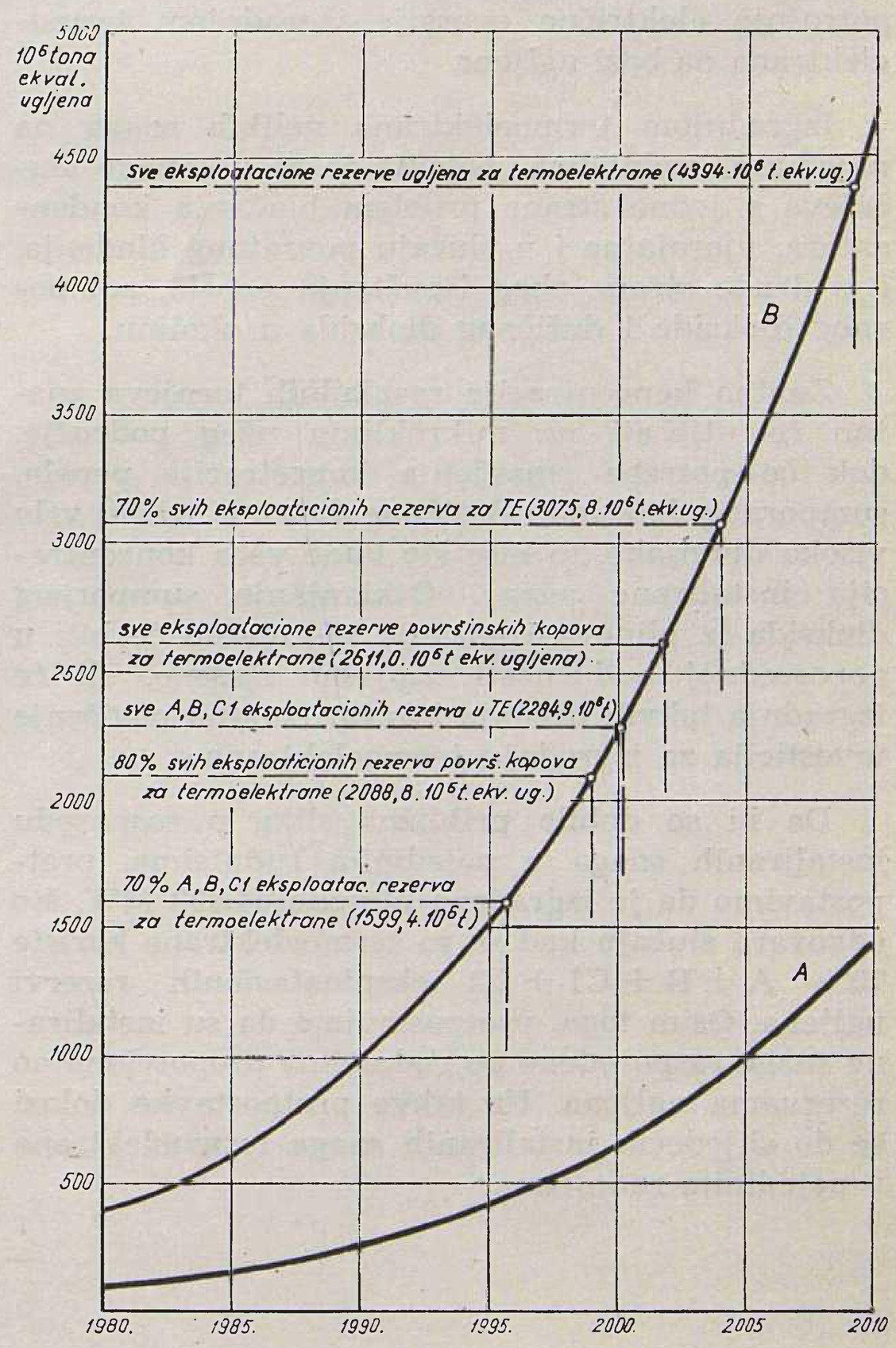
Valja naglasiti, da takav zaključak znači da će termoelektrane izgrađene do krajnje godine (dakle, do 1984. odnosno do 1989. godine) biti opskrbljene potrebnim ugljenom još daljnjih 30 godina (dakle, do 2014, odnosno do 2019. godine), ali nakon krajnje godine ne će biti moguće povećati instaliranu snagu termoelektrana na bazi ugljena.

Da se još točnije ukaže na utjecaj prognoze na trajanje rezervi ugljena, analiziran je slučaj kad se računalo sa slijedećim prosječnim godišnjim stopama porasta potrošnje električne energije:

1971.—1975.	9,49%
1975.—1985.	7,20%
1985.—1990.	6,81%
1990.—1995.	6,08%
1995.—2000.	5,89%

Razlika je, dakle, u stopama porasta između 1975. i 1985. godine. U tom se razdoblju računa sa stopom od 7,2% umjesto sa stopama 9,49% između 1975. i 1980. godine i 8,81% između 1980. i 1985. godine. Da bi se dobila pregledna slika potrošnje električne energije za različite pretpostavke razvitka konzuma, u slijedećoj tablici su navedeni podaci o potrošnji električne energije:

	manji porast	porast 4,5%	društv. proizv. 5,5%
1980.	56,67	63,00	63,00 TWh
1985.	80,23	96,10	96,10 TWh
1990.	111,53	133,60	142,00 TWh
1995.	150,00	179,60	199,30 TWh
2000.	199,70	239,10	273,00 TWh
2005.	265,86	318,31	374,05 TWh



Sl. 8.

Ako se na već opisani način odredi mogućnost praćenja porasta potrošnje električne energije izgradnjom termoelektrana i za manji porast po-

trošnje (sl. 8), dolazi se do slijedećih krajnjih godina praćenja porasta:

kategorija rezerva	manji porast	porast društv. proizv. 4,5%	5,5%
A + B + C1 + C2	2009.	2006.	2004.
70% (A + B + C1 + C2)	2004.	2001.	1999.
A + B + C1	2000.	1997.	1995.
70% (A + B + C1)	1996.	1993.	1992.
površinski kopovi			
A + B + C1 + C2	2002.	1999.	1997.
80% (A + B + C1 + C2)	1999.	1996.	1994.

Prema tome, uz smanjeni konzum trajanje godina praćenja porasta potrošnje električne energije pojavljuje se samo tri godine kasnije nego uz pretpostavku porasta društvenog proizvoda po stopi od 4,5% godišnje. Iz toga se može zaključiti, da i veće pogreške u procjeni daljeg razvitka potrošnje električne energije ne mogu bitno utjecati na zaključak o trajanju mogućnosti praćenja porasta potrošnje električne energije izgradnjom termoelektrana na bazi ugljena.

Izgradnjom termoelektrana velikih snaga na pojedinim rudnicima, pojavit će se u mnogo slučajeva s jedne strane problem hlađenja kondenzatora, vjerojatno i u slučaju povratnog hlađenja, a s druge strane zbog ispuštanja pepela, sumpornog dioksida i dušičnog dioksida u okolinu.

Znatna koncentracija rashladnih tornjeva znatno će utjecati na mikroklimu užeg područja, dok će potreba smanjenja koncetracije pepela, sumpornog dioksida i dušičnog dioksida tražiti vrlo visoke dimnjake, to više što bude veća koncentracija instalirane snage. Otklanjanje sumpornog dioksida iz plinova izgaranja vjerojatno će biti u neposrednoj budućnosti uspješno rješeno, ali će izgradnja takvih uređaja izazvati znatno povišenje investicija za izgradnju termoelektrana.

Da bi se dobila približna slika o rasporedu instaliranih snaga u pojedinim rudnicima, pretpostavimo da je izgrađeno ukupno 44.000 MW, što odgovara slučaju kad se za termoelektrane koriste 70% A + B + C1 + C2 eksploatacionih rezervi ugljena. Osim toga, pretpostavimo da su instalirane snage raspoređene po rudnicima proporcionalno rezervama ugljena. Uz takve pretpostavke dolazi se do slijedećih instaliranih snaga termoelektrana u pojedinim rudnicima:

Raša	400 MW
Banovići	1530 MW
Sred. bosanski rudn.	1830 MW
Zasavski	650 MW
Res.-moravski rudn.	350 MW
Kreka	3520 MW
Velenje	1240 MW
Kosovo	13230 MW
Metohija	5200 MW
Kolubara	10730 MW
Kostolac	2520 MW
Plevlja	640 MW
Gacko	680 MW
Ugljevik	1480 MW
ukupno	44000 MW

Prema tome, u pojedinim rudnicima radi se o vrlo velikim instaliranim snagama, što vjerojatno predstavlja znatne poteškoće s obzirom na zaštitu okoline.

Usporeni tempo izgradnje termoelektrana na bazi ugljena, tražit će naravno izgradnju drugih tipova termoelektrana (prema današnjem stanju razvitka tehnike kao drugi tip termoelektrana dolaze u obzir u većem opsegu samo nuklearne termoelektrane), što će imati za posljedicu produljenje trajanja rezervi ugljena, dekoncentraciju izgradnje termoelektrana, znatno smanjenje potrebne izgradnje prijenosne mreže, te mogućnost korištenja ugljena i u druge svrhe (plinifikacija, karbokemija). Osim toga, usporeni tempo izgradnje termoelektrana na bazi ugljena tražit će u konačnoj izgradnji i manje instalirane snage termoelektrana, što će zaštitu okoline učiniti jednostavnijom i efikasnijom.

Čini mi se da o rezultatima ove analize valja voditi računa prilikom dugoročnog planiranja naše elektroenergetike. To pogotovo vrijedi kad se uzme u obzir da su danas nuklearne elektrane po proizvodnoj cijeni električne energije konkurentne konvencionalnim termoelektranama, naročito u područjima bez rezervi ugljena, odnosno u područjima s malim rezervama ugljena.

Literatura

1. *La situation de l'énergie électrique en Europe et se perspectives*, Version triennale 1969—1971, ECE/EP/3, Commission economique pour l'Europe, Comité de l'énergie électrique, Genève 1973.
2. AOKI, H.: *Long Range Forecasting of the Demand for Electrical Energy*, Appendix F, Market Survey for Nuclear Power in Developing Conntries — Jugoslavija, IAEA, Beč 1973.
3. Vinski, I.: *Društveni proizvod Jugoslavije i zemalja Istoka i Zapada*, Ekonomski pregled, br. 10/11, 1971.
4. Simonović, M.: *Sirovinska baza Jugoslavije u čvrstim fosilnim gorivima i mogućnost njenog daljeg razvoja i korištenja*, I simpozij o energetici Jugoslavije, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd 1968.

Naslov pisca: Dr prof. Hrvoje P o ž a r, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Zagreb

AUTOMATIZACIJA U TERMOELEKTRANAMA

(1. dio)

Josip Lakota, Zagreb

U radu, koji je zamišljen u dva dijela, daje se uvid u rješenja automatizacije u termoelektranama. Prvi dio sadrži klasifikaciju i definicije osnovnih funkcija (tzv. automatizacije procesa i automatizacije nadzora procesa), kao i pregled svrsishodnih osnovnih rješenja.
U drugom dijelu obradit će se nešto detaljnije dio koji se odnosi na automatizaciju procesa u termoelektranama.

DK 621.311.22-52

1. Osnovna podjela

U termoelektrani (a i u svakom drugom industrijskom procesu) možemo razlikovati:

— automatizaciju procesa (pogona),
— automatizaciju nadzora nad procesom (pogonom).

Pod automatizacijom procesa razumijeva se automatsko upravljanje procesom pokretanja i zaustavljanja (ulaska u pogon i izlaska iz pogona) pojedinih dijelova postrojenja, i nadređeno koordinirano vođenje onih dijelova postrojenja, koji su automatizirani, kao i neovisni sistem zaštite postrojenja.

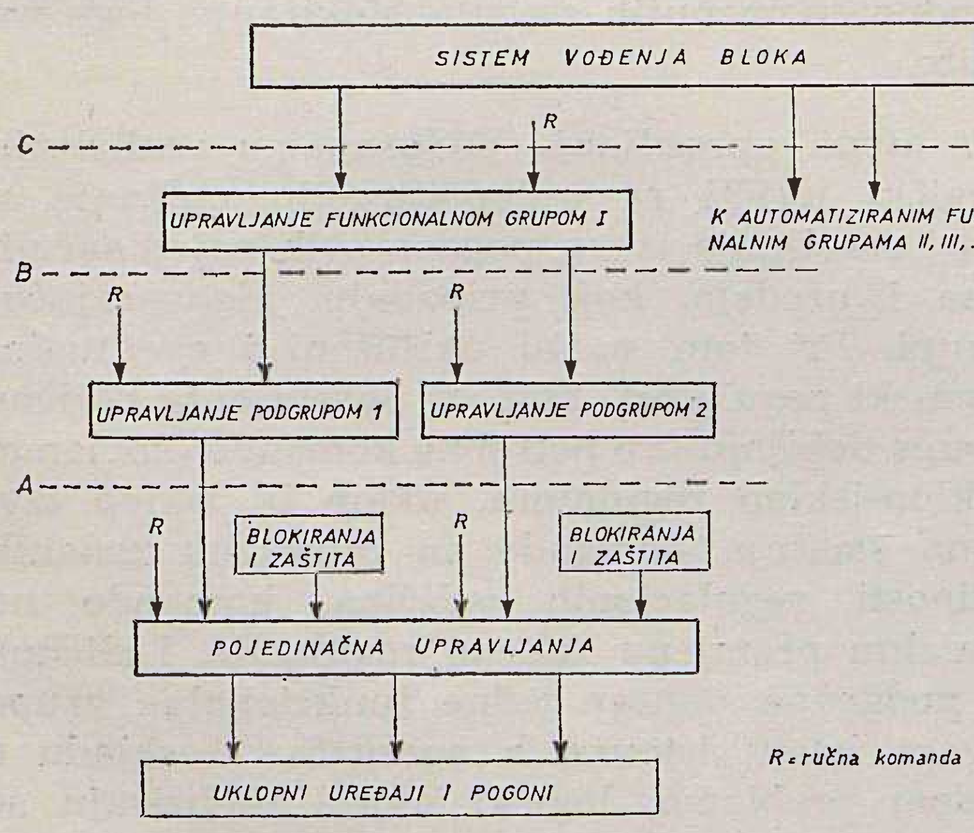
Automatizacija nadzora nad procesom obuhvaća automatsko prikupljanje i obradu mjernih vrijednosti, te detekciju promjene stanja tzv. dvopoložajnih signala. Ona uključuje izdavanje rezultata u pogodnoj formi, kako u normalnim pogonskim režimima, tako i pri smetnjama.

2. Automatizacija procesa. Nivoi upravljanja

Automatizacija procesa termoelektrana tako uključuje:

— sistem vođenja bloka,
— automatizaciju upravljanja pojedinih dijelova postrojenja (tzv. funkcionalnih grupa),
— sistem zaštite.

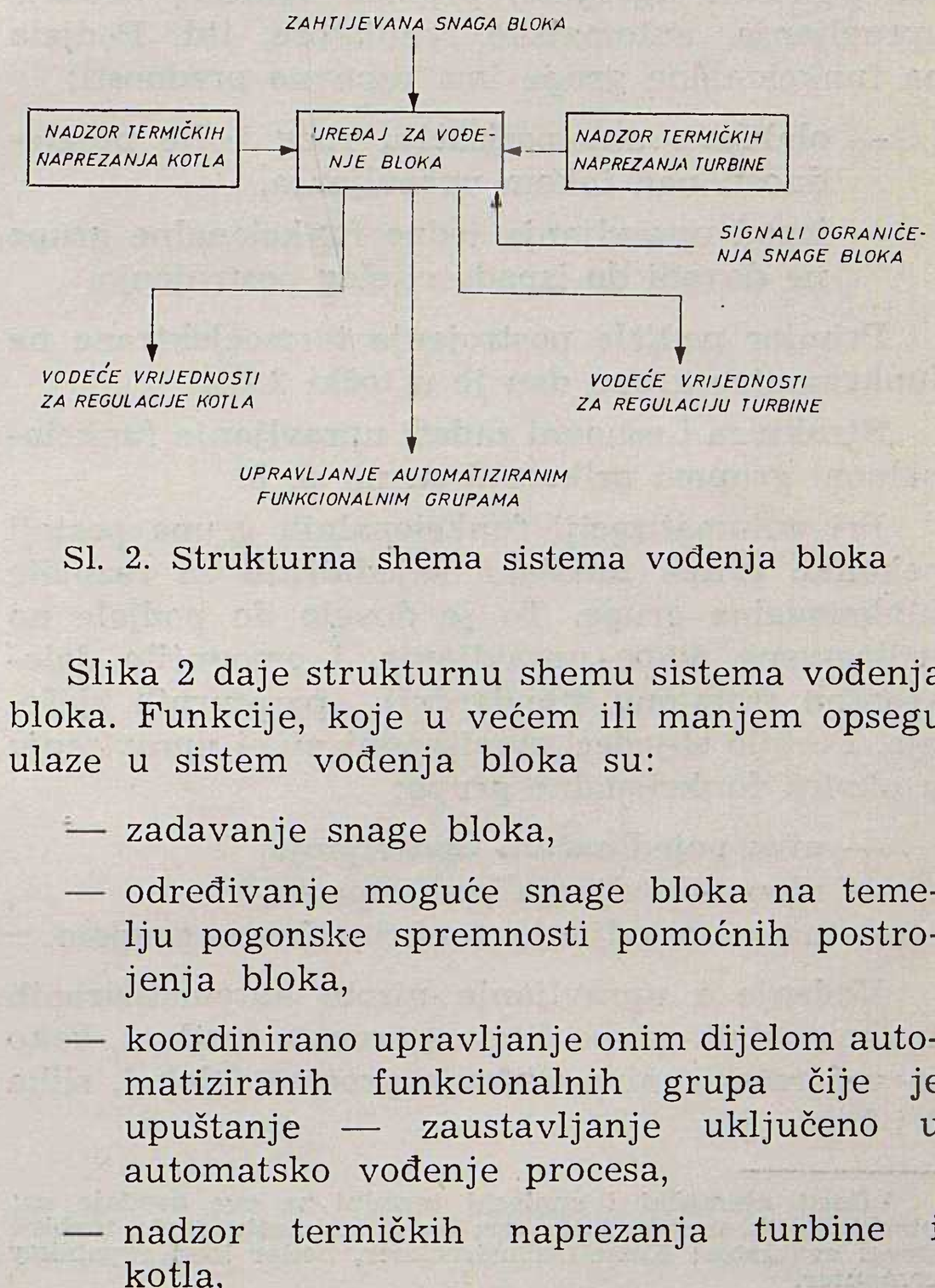
Komponente automatizacije procesa možemo svrstati u aktivne. Izlazi ovih komponenata obavljaju neposredne zahvate u proces.



Sl. 1. Struktura automatizacije procesa u TE

Struktura automatizacije procesa termoelektrane dana je na sl. 1. Ovdje ćemo se osvrnuti na prve dvije od navedenih grupa automatike iz okvira automatizacije procesa u termoelektrani.

2.1. Sistem vođenja bloka sjedinjuje uređaje za upravljanje, nadzor i regulaciju neophodne za automatsko vođenje čitavog bloka ili njegovog velikog dijela. U okviru sistema vođenja bloka rješava se zadatak vremenski shodnog paralelnog rada automatiziranih funkcionalnih grupa pri upuštanju, pogonu i zaustavljanju bloka, kao i u slučaju smetnji. S ovog nivoa obavlja se vođenje najvažnijih regulacionih veličina turbine i kotla. Svrha je, da se postigne minimalno vrijeme pokretanja, ili da se zadana snaga bloka dostigne s maksimalnim mogućim gradijentom, a da se pri tom ne prekorače dozvoljena termička naprezanja za turbinu ili kotao.



Sl. 2. Strukturna shema sistema vođenja bloka

Slika 2 daje strukturnu shemu sistema vođenja bloka. Funkcije, koje u većem ili manjem opsegu ulaze u sistem vođenja bloka su:

— zadavanje snage bloka,
— određivanje moguće snage bloka na temelju pogonske spremnosti pomoćnih postrojenja bloka,
— koordinirano upravljanje onim dijelom automatiziranih funkcionalnih grupa čije je upuštanje — zaustavljanje uključeno u automatsko vođenje procesa,
— nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla,

— vođenje najvažnijih regulacionih veličina turbine i kotla tako, da se ne prekorače dozvoljena naprezanja materijala turbine i kotla.

Na slici 2 se navedene funkcije realiziraju u okviru tzv. uređaja za vođenje bloka i uređaja za nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla.[1]

Uređaji za nadzor termičkih naprezanja turbine i kotla određuju na temelju mjerenja temperaturnih razlika i temperatura na kritičnim mjestima, uz uzimanje u obzir dodatnih veličina (kao tlaka pare, količine pare i količine goriva, položaja ventila za ubrizgavanje za regulaciju temperature svježe pare) tzv. dozvoljena radna područja za turbinu i kotao, ili pak direktno utječu na vodeće vrijednosti regulacionih veličina za turbinu i kotao, tako da ograničuju brzinu pokretanja ili brzinu promjene tereta bloka na maksimalno dozvoljene iznose.

2.2. Automatizacija upravljanja funkcionalnim grupama

Radi automatizacije procesa pokretanja-zaustavljanja dijeli se danas čitavo postrojenje na samostalne tehnološke cjeline, a upravljanje se organizira tako, da samostalni dijelovi procesa nisu nepotrebno povezani. Rezultat je automatizacija tzv. funkcionalnih grupa.

Pod funkcionalnom grupom razumijeva se dio postrojenja koji ispunjava jedan posve određeni i ograničeni tehnološki zadatak, i uključuje sve potrebne agregate, pogone, aparate, uređaje upravljanja, automatske regulatore, itd. Podjela na funkcionalne grupe ima osnovne prednosti;

— olakšava automatizaciju zbog bolje preglednosti nad tokom upravljanja,
— ispad upravljanja jedne funkcionalne grupe ne dovodi do ispada cijelog postrojenja.

Primjer podjele postrojenja termoelektrane na funkcionalne grupe dan je u točki 2.2.1.

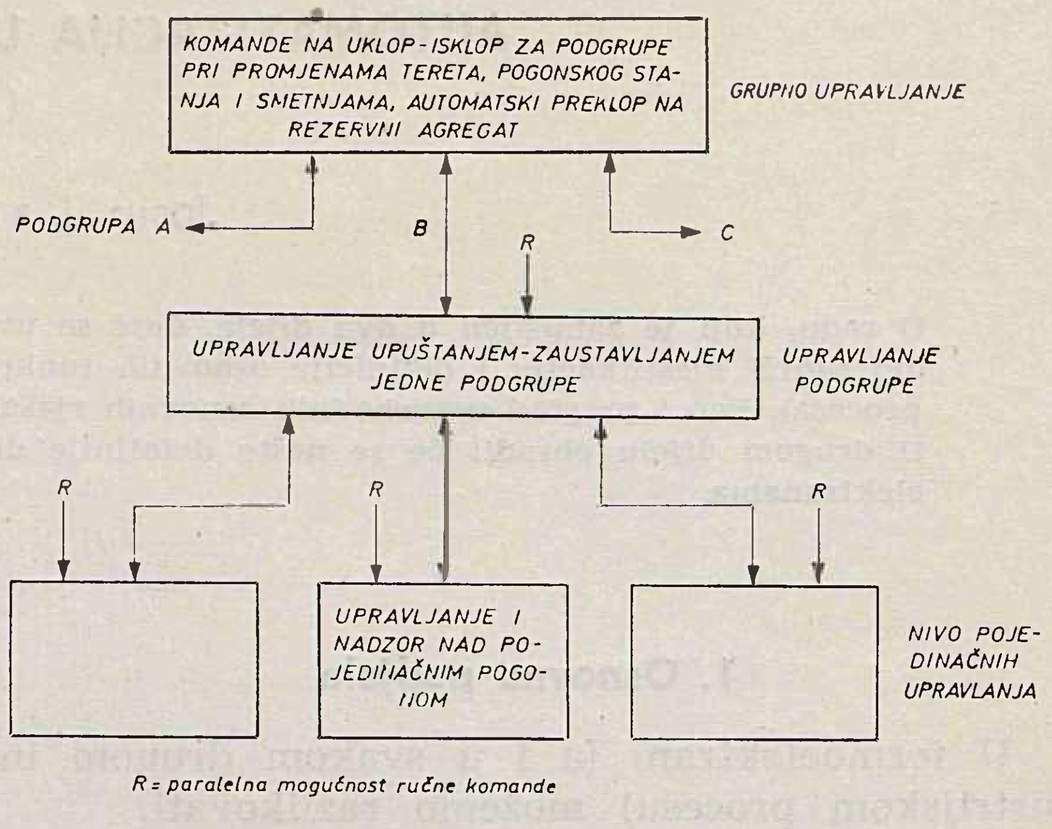
Struktura i osnovni zadaci upravljanja funkcionalnom grupom prikazani su na sl. 3.

Pri automatizaciji funkcionalnih grupa postoji nekoliko grupa zadataka zajedničkih za različite funkcionalne grupe. To je dovelo do podjele na jedinstvene nivoe upravljanja, i omogućilo dalekosežnu primjenu standardnih aparaturnih rješenja. Postoje slijedeći svrsishodni *nivoi upravljanja* u okviru funkcionalne grupe:

— nivo pojedinačnih upravljanja,
— nivo upravljanja podgrupama,
— nivo upravljanja funkcionalnom grupom.

Vođenje i upravljanje nizom automatiziranih funkcionalnih grupa čitavog procesa spada u, kako je već rečeno, nivo vođenja procesa (bloka), slika 1 i 2.

[1] Česti njemački i engleski termini za ove uređaje su: Blockleigerät, unit coordinator; Wandtemperaturgerät, turbine stress evaluator; Kesselfreilastrechner, boiler load capability computer.



Sl. 3. Struktura i osnovni zadaci upravljanja punkcionalnom grupom

Nivo pojedinačnih upravljanja predstavlja najniži hijerarhijski nivo upravljanja. On sadrži sve uređaje koji omogućuju upravljanje (daljinsko ili lokalno) jednog izvršnog organa, kao ventila, zasuna ili slično. Pri tom komanda normalno slijedi sa strane nivoa upravljanja podgrupom. Na nivou pojedinačnih upravljanja rješavaju se i zadaci nadzora, blokiranja i zaštite.

Kriteriji blokiranja i zaštite formiraju se na temelju informacija iz procesa u okviru nivoa pojedinačnih upravljanja. Blokiranja sprečavaju nedozvoljeni uklop ili isklop pogona, signali zaštite dovode do automatskog isklopa ili uklopa kada je ispunjen kriterij zaštite. Blokiranja i signali zaštite ostaju uklopljeni, kako u automatskom, tako i pri ručnom upravljanju.

U nivo pojedinačnih upravljanja spada i signalizacija pogonskog stanja. Ovaj nivo upravljanja postoji i kod neautomatiziranih postrojenja. Potreba nadgradnje spomenutih viših nivoa za realizaciju automatskog upravljanja dovela je, međutim, i do velikog kvalitetnog skoka u rješenjima ovog nivoa. Radi se danas u pravilu o elektroničkim rješenjima, koja uključuju dalekosežnu obradu prethodno spomenutih signala blokiranja, nadzora i zaštite.

Na nivou upravljanja podgrupama realiziraju se logički uvjeti za automatizaciju puštanja u pogon i stavljanja izvan pogona svih pojedinačnih pogona i uređaja, koji pripadaju odgovarajućoj podgrupi. Pri tom su tu uključeni i eventualni automatski regulatori, koji od upravljanja dotične podgrupe dobijaju sve potrebne komande (komande na uklop-isklop regulatora, uklop ili isklop tzv. veličina smetnji, komande na promjenu zadanih vrijednosti regulacionih veličina, komande na eventualnu promjenu zakona regulacije, i slično). Broj podgrupa unutar jedne funkcionalne grupe odgovara broju istovrsnih agregata. U skladu s prirodom problema, logički uvjeti realiziraju se najčešće u kombinaciji slijednog i kombinatornog

upravljanja.[2] Tok upravljanja opisuje se tzv. funkcionalnim programom, kojim se moraju realizirati stanja kao što su: upuštanje, pogon, zaustavljanje. Provedba upravljanja obavlja se programima upravljanja. Obično se puštanje u pogon vrši jednim, a zaustavljanje drugim programom upravljanja. Izvršenje pojedinih koraka programa upravljanja ovisi o ispunjenju jednog ili više preduvjeta. Preduvjeti mogu predstavljati, npr., informacije o izvršenju radnji iniciranih u prethodnim koracima (uklop nekog pogona, otvaranje ventila, i slično), ili se pri tom radi o informacijama o postignutim potrebnim stanjima u postrojenju (tj. vrijednostima raznih fizikalnih veličina, kao temperatura, pomaka, protoka, pritiska i sl.). Kad su ispunjeni ovi preduvjeti prelazi se na slijedeći korak i daje se odgovarajuća komanda na nivo pojedinačnih upravljanja. Komanda za start pojedinih programa upravljanja jedne podgrupe dolazi obično s nivoa upravljanja funkcionalnom grupom (slika 3). Osim ove, postoji i mogućnost ručnog zadavanja komande iz centralne komandne prostorije.

U okviru upravljanja podgrupama sadržan je i nadzor nad unutarnjim smetnjama. Npr. svi se izlazni signali jednog programa upravljanja blokiraju u slučaju da izlazi više koraka tog programa istovremeno daju komande. Upravljanja koja nisu u radu, kao i vremenski brojači, mogu se ispitivati automatski u određenim vremenskim razmacima.

Smetnje izvan uređaja upravljanja detektiraju se vremenskim nadzorom odvijanja radnji u postrojenju. Ako se unutar jednog udešenog vremena predviđene radnje ne odigraju, i uvjeti za prelazak na idući korak ne ispune, daje se signalizacija prekoračenja vremena. Na nivou podgrupe obavlja se i signalizacija pogonskog stanja podgrupe, kao i stanja njenog upravljanja (ručno-automatski).

Na nivou upravljanja funkcionalnom grupom objedinjuje se upravljanje nad pripadnim podgrupama. Ovim upravljanjem realiziraju se logički uvjeti, kojima se rješava kada, koje i koliko podgrupa treba da bude u pogonu. Komande na uklop-isklop podgrupa izvode se opet na temelju kriterija iz postrojenja. U slučaju smetnji unutar jedne podgrupe koja je u pogonu, upravljanje funkcionalnom grupom izvodi automatski potrebne protumjere (npr. preklop s pogonskog na rezervni agregat).

Sl. 1 ilustrira i moguće *stupnjeve ili nivoe automatizacije*. Stupanje automatizacije ispod linije A odgovara ručnom pogonu, tj. sva upuštanja-zaustavljanja obavljaju se pojedinačnim ručnim upravljanjem. Kod stupnja automatizacije ispod linije B pojedini agregati se mogu upuštati i zaustavljati atuomatski. Komanda na start pojedinih programa upravljanja, npr. »pogon« ili »zaustavljanje« pojedinih agregata, mora se zadavati ručno. Time odluku o tome kada, koje i koliko podgrupa treba ući u pogon, ili izvan pogona, mora donositi pogonsko osoblje. Ako se izabere stupanj automatizacije ispod linije C, pogonsko osoblje mora preuzeti zadatke koji odgovaraju nivou vođenja bloka.

Ovdje opisana organizacija automatizacije procesa susreće se i u hidroelektranama, pumpno-akumulacionim elektranama i nuklearnim elektranama, a pogodna je i za druga složena industrijska postrojenja.

2.2.1. Podjela na funkcionalne grupe

Podjela postrojenja termoelektrane na samostalne tehnološke cjeline, tj. funkcionalne grupe, mijenja se od rješenja do rješenja, ovisno o projektantu i proizvođaču opreme, prije svega one automatizacione. Ranije podjele sadržavale su veći broj grupa. Danas se, nakon većeg iskustva u izradi funkcionalnih programa, osjeća tendencija smanjenja broja grupa, odnosno povećane koncentracije funkcija unutar jedne grupe. Ovdje ćemo za primjer navesti podjelu koja vodi računa o spomenutoj tendenciji, tj. sadrži (u usporedbi s ranijim podjelama) relativno mali broj grupa. Blok ćemo prije svega uvjetno podijeliti na slijedeće komplekse:

— kotao s loženjem,
— krugotok para-voda,
— turboagregat,
— elektrotehnički dio,
— postrojenja za opskrbu bloka.

Možemo razlikovati slijedeće grupe unutar pojedinih kompleksa:

Kotao s loženjem: zračno-dimni sistem (provjetravanje kotla), loženje i potpala kotla, vodno-parni sistem, čišćenje ogrijevnih površina.
Krugotok para-voda: pojne pumpe, visokotlačno i niskotlačno zagrijavanje, odzračivanje pojne vode.
Turboagregat: upravljanje turbinom i generatorom, opskrba uljem, zagrijavanje cjevovoda i brzozatvarajućih ventila, evakuiranje (kondenzacija), odvod kondenzata (kondenzatne pumpe).
Elektrotehnički dio: transformacija, vlastita potrošnja.
Postrojenja za opskrbu bloka: opskrba gorivom, opskrba rashladnom vodom, kemijska priprema pojne vode, prečišćavanje kondenzata, opskrba brtvenim uljem i vodikom.

Izbor funkcionalnih grupa, koje treba u nekom konkretnom slučaju automatizirati, kao i potreban nivo u pojedinim grupama, ovisi o nizu faktora (vidi točku 4). Samo kod vršnih postrojenja opravdano je ići na automatizaciju velikog dijela ovih grupa.

2.3. Sredstva automatizacije procesa u termoelektranama. Centralizirana ili decentralizirana aparaturna rješenja?

Ovdje ćemo se ograničiti na sredstva za realizaciju uređaja upravljanja i vođenja, bez mjernih i izvršnih elemenata.

[2] Kod kombiniranog upravljanja izlazna veličina (komanda) ovisi jedino o momentanom stanju ulaznih veličina (kriterija iz procesa). Kod slijednog upravljanja tok upravljanja se odvija korak po korak, po jednom unaprijed određenom redoslijedu (programu), uz uzimanje u obzir kriterija iz procesa.

Može se reći, da su za funkcije upravljanja elektronička rješenja velikim dijelom potisnula rješenja u elektromehaničkoj relejnoj tehnici. Ovo vrijedi za sve nivoe automatizacije procesa. Neovisno o funkcijama možemo razlikovati dva osnovna rješenja:

— centralizirano aparaturno rješenje,

— decentralizirano aparaturno rješenje.

Kod centraliziranih aparaturnih rješenja se funkcije, koje se odnose na više dijelova postrojenja, obavljaju u jednom uređaju, npr. jednom procesnom računalu. Kod decentraliziranih rješenja se, naprotiv, svakom zaokruženom dijelu postrojenja pridodaje posebni uređaj.

Na nivou pojedinačnih upravljanja, po prirodi stvari, moguće je samo decentralizirano rješenje. Razvijeni su posebni elektronički elementi za potrebe tog nivoa, koji sadrže potrebnu obradu signala blokiranja, zaštite i signalizacija, i pojačavaju signale koji dolaze s nivoa podgrupnog ili ručnog upravljanja na viši iznos snage, potreban za direktno upravljanje izvršenim elementima u postrojenju (sklopnici, sklopke snage, elektromagnetski, elektrohidraulički ili elektropneumatski pogoni ventila, zasuna, . . .). Opremanje postrojenja ovakvim elementima je preduvjet i osnova za svaki viši stupanj automatizacije. Funkcije podgrupnog i grupnog upravljanja dadu se u principu realizirati i centralizirano za više dijelova postrojenja (funkc. grupa), npr. u okviru jednog procesnog računala. Dodatno je moguće u sklopu, npr. istog računala, realizirati i neke funkcije vođenja bloka. Ovakva pojedinačna rješenja se mogu susresti, više-manje u vidu eksperimentalnih rješenja. Međutim, praksa pokazuje da bezuvjetno valja dati prednost decentraliziranim rješenjima.

Osnovni razlog je u višoj pogonskoj sigurnosti i boljoj preglednosti decentraliziranih rješenja. Kod decentraliziranih rješenja se posljedice za pogon bloka pri kvarovima daju ograničiti na najmanju moguću mjeru. Obično se radi samo o redukciji stupnja automatizacije, i to samo za dio postrojenja, čije je upravljanje u kvaru. Kod centraliziranih rješenja posljedice za pogon bloka u slučaju kvara obično se ne daju sagledati.

Tako se može reći slijedeće (tablica 1):

a) Za automatizaciju upravljanja funkcionalnim grupama valja predviđati decentralizirana aparaturna rješenja. Tu spadaju prije svega rješenja s tzv. fiksnim ožičenjem, koja se realiziraju iz elemenata industrijskih elektroničkih logičkih familija.

Razvijena su već i rješenja podesna za decentralizirano upravljanje, koja posjeduju mogućnost slobodnog programiranja. Ne radi se ovdje o malim procesnim računalima (»minicomputer«), već o specijalnim i znatno jednostavnijim uređajima, razvijenim upravo za realizaciju industrijskih kombinatornih i slijednih upravljanja većeg ili manjeg obujma (»programmable logic controller«, »programierbares Steuergerät«). Oni posjeduju memoriju koja se dade programirati (memorija tipa »read only«, odnosno »Festwertspeicher«), zatim elemente za realizaciju jednostavnih logičkih operacija (kao, npr. »NI« ili »NILI«, iz kojih se dadu realizirati sve druge funkcije kombinatorne logike, kao i sklopovi pamćenja, odnosno bistabilni sklopovi), te sklopove za realizaciju vremenskih funkcija (vremenska zatezanja, brojači). Rjeđe se susreću i ograničene aritmetičke funkcije. Fiksnim programom se realiziraju »veze« između pojedinih elemenata, kao zamjena za fiksno ožičenje. Programiranje je jednostavno i ne zahtije-

Racionalna primjena raznih vrsta rješenja za najvažnije funkcije automatizacije procesa u termoelektrani

Tablica 1

Funkcija	Decentralizirano elektroničko logičko rješenje		Kombinacija logičkog i analognog fiksno ožičenog rješenja	Procesno računalo
	fiksno ožičenje	slobodno programiranje		
UPRAVLJANJE FUNKCIONALNIM GRUPAMA:				
— nivo pojedin. upravljanja	+			
— podgrupno i grupno upravljanje	+	+		
VOĐENJE BLOKA:				
— nadzor term. napr. kotla			+	+ a)
— nadzor term. napr. turbine			+	
— vođenje regulacionih veličina kotla i turbine			+	+ a)
— koordinirano upravljanje automatiziranih funkcionalnih grupa	+	+		+ a)

a) Dodatne funkcije za procesno računalo s primarnim funkcijama nadzora (točka 3)

va neka posebna znanja, i može se obično obavljati, za to specijalno razvijenim, dodatnim uređajem, kojim se direktno zadaju funkcije upravljanja. Korekcije programa su moguće i u samom pogonu. Na tržištu već postoji veći broj ovakvih uređaja i njihovo uvođenje u razne industrijske procese je u toku. Oni će svakako ući i u automatizaciju procesa termoelektrana, kao ekonomično i fleksibilno rješenje, i u velikoj mjeri potisnuti pokušaje, da se ograničeni zadaci upravljanja pojedinih dijelova postrojenja rješavaju uz pomoć malih procesnih računala, koja su za najveći dio takvih zadataka zbog svoje veće univerzalnosti i stoga veće cijene, te problema vezanih uz programiranje, manje podesna. Tim (kao i većim) procesnim računalima bit će svrsishodno prije svega dati funkcije koje osim logičkih zahtijevaju i obimnije računske operacije.

b) Za zadatke nivoa vođenja bloka (točka 2.1) primjenjuju se najčešće rješenja izvedena iz elemenata analognih i logičkih industrijskih elektroničkih sklopova. Međutim, dio tih zadataka prenosi se pokatkad i na procesno računalo, koje se primarno predviđa za zadatke automatizacije nadzora procesa, točka 3. To je slučaj prije svega za nadzor tehničkih naprezanja kotla. Računalo se ovdje upotrebljava zbog neophodnosti relativno opsežnih računskih i logičkih operacija. Sličan (dosad nespomenut) zadatak je optimiranje količine rashladne vode kondenzata. Dalje, tu dolazi pokatkad i koordinirano upravljanje automatiziranih funkcionalnih grupa i vođenje regulacionih veličina kotla i turbine. Kako je prethodno rečeno, procesnom računalu (misli se na veće centralno računalo, koje obavlja veliki broj zadataka) ne bi trebalo davati funkcije upravljanja pojedinim funkcionalnim grupama. Bolje i sigurnije je decentralizirano rješenje. Skora budućnost, po svemu sudeći, pripada pod a) opisanim jednostavnijim uređajima sa slobodnim programiranjem.

3. Automatizacija nadzora nad procesom

Kao što je već rečeno, automatizacija nadzora nad procesom (pogonom) obuhvaća automatsko prikupljanje i obradu mjernih veličina te nadzor stanja dvopoložajnih signala, s izdavanjem rezultata u pogodnoj formi, kako u normalnim pogonskim režimima, tako i u slučaju smetnji. Osnovni je zadatak automatizacije u termoelektrani sniženje troškova po proizvedenom kWh. Tu se radi manje o eventualnom smanjenju troškova za pogonsko osoblje (za raspravu je, da li se ovo uopće dade postići), već prije svega o:

— povišenju pogonske raspoloživosti postrojenja,
— smanjenju vjerojatnosti nastupa većih oštećenja,
— sprečavanju pogoršanja stupnja korisnog djelovanja.

U posljednjem slučaju u pitanju je trajna kontrola stupnja korisnog djelovanja ili gubitaka za neke dijelove postrojenja (ili čak cijeli blok) u kratkim vremenskim razmacima (npr. svakih 15 min.).

Povišenje pogonske raspoloživosti (smanjenje broja ispada i vremena stajanja), kao i smanjenje vjerojatnosti nastupa većih šteta postiže se prije svega boljim nadzorom pogona, efikasnijom analizom uzroka i ispada i skraćenjem vremena njihovog otklanjanja. Važniji zadaci, što ih ovakav nadzor može obuhvatiti su:

a) detektiranje i kronološko registriranje promjena uklopnog stanja i toka smetnji (eventualno s obuhvaćanjem »prethistorije« smetnji),
b) automatski nadzor graničnih vrijednosti mjernih veličina, sa signalizacijom i registriranjem prekoračenja,
c) selekcija i redukcija mjernih podataka uz izdavanje informacija u »komprimiranoj« formi,
d) nadzor važnijih davača mjernih signala,
e) registriranje pogonskih sati i sati stajanja agregata, praćenje onečišćenja i istrošenosti (dugoročni nadzor radi planiranja pravovremenih revizija i remonta),
f) obrada mjernih podataka zbog obuhvaćanja spornih, kratkoročno neprimjetljivih promjena u postrojenju.

Veliki broj ovih zadataka može se rješavati jedino uz pomoć računala. Za ograničeni broj ovih zadataka, prije svega onih pod a), b) i eventualno c), mogu biti pogodni i specijalni uređaji bez računala.

Rezultati se registriraju u obliku raznih protokola, kao što su npr.:

— pogonski dnevnik (satni, dnevni i na upit),
— mjesečni protokol,
— protokol promjene uklopnih stanja,
— protokol smetnji i opasnih stanja,
— protokol mjernih vrijednosti (na upit, radi nadzora tendencije),

i drugi.

U skladu s osnovnim ciljevima, važnost automatizacije nadzora procesa raste s porastom broja sati godišnje upotrebe bloka. Automatizacija nadzora procesa postaje, pogotovo kod većih jedinica, sve neophodnija. Razlog je tome što pogonsko osoblje sve teže uspješno prati stanje u postrojenju zbog sve veće složenosti procesa u termoelektrani i porasta broja informacija (prije svega mjernih vrijednosti i signalizacija) koje treba pratiti.

Najvažniji kriterij pri izboru funkcija u okvirima automatizacije nadzora trebao bi biti ekonomski efekt. Međutim, procjena, ekonomskog efekta je dosta teška. Ona se može jedino temeljiti na statističkim podacima. Stoga su i velika razmimoilaženja u procjenama, koje se odnose na moguće uštede, odnosno na opravdanost ili neopravdanost odgovarajućih investicija. Ipak se može reći, da u dosadašnjoj fazi razvoja valja dati prednost funkcijama, koje imaju za cilj povišenje pogonske raspoloživosti postrojenja i smanjenje vjerojatnosti pojave većih šteta, pred

nadzorom stupnja korisnog djelovanja. Prije svega zbog posebno velike nesigurnosti u pogledu realno mogućih ušteda na gorivu, čak i kod postrojenja s konstantnom kaloričnom vrijednošću goriva (npr. ulje).

3.1. Moguća rješenja

Za automatizaciju nadzora nad procesom susrećemo danas uglavnom dva različita rješenja:

— s fiksnim ožičenjem[3],
— s procesnim računalom.

U prvom slučaju se najvažniji zadaci automatizacije nadzora rješavaju s jednim ili više specijalnih uređaja ograničene namjene. Radi se najčešće o slijedećim uređajima:

a) uređaj za kronološku registraciju toka događaja. Uređajima ove vrste mogu se vremenski vjerno (tj. s visokim vremenskim razlučivanjem, npr. 1 do 10 milisekundi) registrirati promjene stanja tzv. dvopoložajnih signala (tj. signala u binarnoj formi). Ovi signali mogu predstavljati informacije o proradi:

— zaštita,
— davača graničnih vrijednosti temperatura, tlaka, nivoa, . . .,

ili informacije koje se odnose na:

— promjene uklopnog stanja,
— položajne informacije (informacije o položaju krajnjih sklopki, ventila, zasuna, potenciometara, . . .).

Ovi uređaji omogućuju efikasan nadzor pogona, analizu opasnih stanja, kao i efikasnije iznalaženje uzroka smetnji. Oni se sreću pod nazivima; »sequential event recorder«, »Zeitfolgemelder«, »Gefahrmeldeanlage«, »Meldeprotokollanlage, »Meldedruckersystem«, i drugim imenima.

Zapis toka događaja obavlja se bilo u kodiranoj formi, bilo u obliku kratkog teksta. Može se reći, da takav uređaj (ili ova funkcija) predstavlja (uz sistem optičke i akustičke signalizacije) nužni dio opreme automatizacije nadzora svakog većeg bloka.

b) tzv. »data logger«[4]. Težište kod ovih uređaja obično leži na:

— automatskom nadzoru graničnih vrijednosti mjernih veličina i protokoliranju njihovog prekoračenja,
— izdavanju pogonskih protokola.

Dodatni zadaci kod razvijenijih uređaja ovakve vrste mogu biti na primjer:

— nadzor tendencije (gradijenta),
— klasificiranje mjernih veličina i njihova redukcija,

i drugi.

Izdavanje protokola sa zapisom vremena obavlja se obično nekodirano, u formi kratkog jasnog teksta. Ovaj uređaj obično ne uključuje mogućnost visokog vremenskog razlučivanja, pa se uz njega često predviđa kronološki registrator događaja pod a).

Drugi slučaj, tj. *procesno računalo,* opravdan je prije svega ukoliko je potrebno rješavati širi opseg zadataka. Pri tom se najčešće radi o jednom računalu za svaki blok. Kronološka registracija toka događaja se često izdvaja, tj. rješava zasebnim uređajem kao pod a), izvan računala. Rješenje kronološke registracije u okviru procesnog računala, čije puštanje u pogon često zahtijeva duže vrijeme, može dovesti do toga, da ova registracija nije pogonski spremna u fazi puštanja bloka u pogon i u početnoj fazi pogona bloka, tj. upravo kad je najpotrebnija. Ovaj aspekt je posebno važan u postrojenjima sa širom automatizacijom procesa.

Neovisno o tome, da li se radi o rješenju sa ili bez procesnog računala, i dalje je iz sigurnosnih razloga neophodan uobičajeni *sistem za optičku i akustičku signalizaciju* smetnji i promjene uklopnih stanja (»alarm system«, »Meldesystem«). Međutim, kapacitet ovog sistema se u tom slučaju ograničuje na najneophodnije. U današnje vrijeme radi se o elektroničkim rješenjima, koja imaju mogućnost isticanja prvog signala i razlikovanja raznih grupa signala (svjetlosni signali raznih frekvencija ili boja; dvije ili tri vrste zvučnog signala, već prema stupnju urgencije).

4. Faktori koji utječu na izbor

Bez ulaženja u detaljnija razmatranja navest ćemo ovdje najvažnije faktore koji utječu na izbor opsega i stupnja automatizacije novog bloka. To su:

— sigurnost pogona u svim pogonskim režimima (pokretanje, pogon, zaustavljanje, poremećaji); raspoloživost bloka,
— mogućnost osiguranja kvalificiranog osoblja za pogon i održavanje; dosadašnja iskustva,
— namjena i režim rada bloka (broj sati godišnjeg korištenja, broj pokretanja, očekivanja u pogledu buduće uloge bloka u sistemu, tražena brzina ulaska u pogon nakon ispada) i s tim vezane osobine i mogućnost osnovne opreme,
— veličina bloka i broj manipulacija i informacija za pogonsko osoblje,
— utjecaj manipulacijskih pogrešaka,
— važnost pojedinih agregata i mogućnost intervencija pogonskog osoblja.

Pri izboru sredstava automatizacije valja voditi računa o:

— iskustvu u njihovoj dosadašnjoj primjeni,
— mogućnosti što »bezbolnijeg« prijelaza s dosadašnjih na nova rješenja.

Naslov pisca: Josip Lakota, dipl. ing.,
Institut za elektroprivredu, Zagreb

[3] Ova podjela je samo donekle u redu, jer se u sklopu novijih specijalnih uređaja ograničene namjene, kao pod a) i b), upotrebljavaju za povećanje mogućnosti i elastičnosti rješenja i mala procesna računala (minicomputer).

[4] Pod data loggerom obično se razumijeva uređaj za prikupljanje i protokoliranje mjernih vrijednosti, bez mogućnosti opširnije obrade, svojstvene u principu procesnom računalu.

UTJECAJ VODOVA VISOKOG NAPONA NA NAFTOVODE

Miroslav Jung, Zagreb

Naši budući naftovodi gradit će se svakako i u području utjecaja vodova visokog napona. Stoga su u članku prikazani mogući utjecaji nadzemnih elektroenergetskih vodova na kovinske cjevovode, i načela zaštite od navedenih utjecaja. Predlaže se pravodobno pristupiti izradi propisa za zaštitu cjevovoda.

DK 621.316.1

1. Općenito

Cjevovodi različitih namjena; naftovodi, parovodi, plinovodi, toplovodi, uljovodi ili vodovodi; predstavljaju danas nesumnjivo najpovoljnije gospodarsko i tehničko rješenje za prijenos znatnih količina nekog plina ili tekućine na veću udaljenost. Usprkos visokim ulaganjima, oni se odlikuju pouzdanošću dobave, niskim troškovima rada, rasterećenjem ionako preopterećenih cestovnih, riječnih i željezničkih prometnica, kao i nezavisnošću o atmosferskim (ne)prilikama, kao što su magla, led, snijeg i vodostaj. Posljedicu stečenih iskustava predstavljaju razgranate cjevovodne mreže i transkontinentalni cjevovodi, a u razmatranju su mogućnosti izgradnje podmorskih međukontinentalnih cjevovoda.

Suvremeni cjevovodi grade se, uz uvrštenje građevinskih strojeva s visokim kranovima, iz čeličnih cijevi čiji promjer (redovito između 200 i 1.200 mm) ovisi o propusnoj moći, a debljina stijenke (od 6 do 10 mm) o pogonskom tlaku cjevovoda. Svaka cijev (najčešće duga oko 15 m) tvornički se oblaže antikorozivnim zaštitnim plaštem (debljine 4 do 6 mm) načinjenim od bitumenizirane staklene vune ili polivinilklorida, pri čemu njezini krajevi ostaju ogoljeni radi međusobnog spajanja. Zavarivanje se provodi u trasi cjevovoda na drvenim kozlićima visine 40 do 60 cm, na dionicama dugim do 2.000 m, da bi se zatim varovi, također, zaštitili od korozije, a upravo montirana dionica spojila s položenom, te konačno i sama položila nadzemno ili, češće podzemno.

Izvode li se ovi radovi u području utjecaja, ili čak u zaštitnom pojasu stanovitog nadzemnog električnog voda, može doći do prijenosa potencijala na cjevovod, pa i do nedozvoljenog približavanja i dodira između kranova građevinskih strojeva ili cijevi i vodića pod naponom.

2. Vrste utjecaja i načela zaštite

U našoj zemlji se očekuje izgradnja razgranatih naftovoda i plinovoda. Stoga ćemo ukratko razmotriti moguće električne utjecaje nadzemnih vodova visokog napona na kovinske cjevovode u gradnji i u pogonu, kao i načela mjera što ih moram poduzeti za zaštitu od takvih utjecaja.

Najopasniji od svih mogućih utjecaja je izravni dodir vodiča pod naponom, do kojeg može doći kada se cjevovod gradi u zaštitnom pojasu nadzemnog voda. Nezavisno o nazivnom naponu, preveliko približavanje ili čak dodir vodiča može lako dovesti do tragičnih posljedica. Stoga valja zaštitu od ovakvog utjecaja provesti slično, kao kod montaže drugog voda na dvostrukim stupovima.

Svakako, valja oko vodiča pod naponom, uzimajući u obzir njihov najveći provjes i otklon, utvrditi sigurnosno područje, čije međe kod vodova nazivnog napona 110 kV i viših ne bi trebale biti ispod 5 m. Ukoliko postoji opasnost od prodiranja u sigurnosno područje mora se, za vrijeme pokreta vozila ili njihovih kranova, zabraniti osoblju uz vozila svaki dodir, odnosno tražiti da se drži na dovoljnoj udaljenosti. Ukoliko ipak dođe do prodiranja u sigurnosno područje, ili čak do dodira vodiča pod naponom mora osoblje vozila zadržati hladnokrvnost i ostati u vozilu. Vozač mora pri tom pokušati izvesti vozilo vlastitom snagom iz sigurnosnog područja ili zatražiti iskapčanje voda. U potonjem slučaju, spašavanju se smije pristupiti nakon što je sa sigurnošću ustanovljeno da je vod zaista iskopčan. To posebno vrijedi za mreže u kojima se iskapčanje zemljospoja ne provodi automatski. Konačno, valja osigurati i pružanje prve pomoći, ukoliko netko od osoblja na radilištu pretrpi strujni udar.

Prije početka radova u zaštitnom pojasu nadzemnog voda mora se, u duhu donesenih zaštitnih mjera, izobraziti svo osoblje, a naročito poslovođe i predradnici. Njih valja zadužiti da ostale radnike stalno upozoravaju na moguće opasnosti i neophodnost pridržavanja spomenutih mjera, odnosno da neprekidno nadziru njihovo izvršavanje uz punomoć za udaljavanje nedovoljno opreznih osoba sa gradilišta.

Kod ovih radova može se potencijal prenijeti na cjevovod još i galvanskim ili kapacitivnim putem.

Galvanski potencijal se prenosi preko uzemljivača stupa i tla, ali samo za trajanja dozemnog spoja na stupu ili grmljavine nad vodom. Ovaj utjecaz ovisi o prijelaznom otporu uzemljivača i struje pogonske frekvencije u njemu, odnosno o udarnom otporu uzemljivača i struje groma, koja njime protječe, te od svojstva tla i mjesta unutar potencijalnog lijevka na kojemu se nalazi cjevovod.

Stoga kod radova u okolici stupova nadzemnih vodova mreža s izravno uzemljenim zvjezdištem, kao i vodova za elektrifikaciju željezničke mreže, svo osoblje treba nositi izolirajuću obuću, a kod radova u vlažnim jamama, ako se provode u sjedećem ili ležećem položaju, upotrijebiti još i izolirajuće podloge.

Za vrijeme grmljavine moraju se radovi obustaviti. To vrijedi i ako dođe do otrpavanja uzemljivača stupa, ili pojava koje ukazuju na mogućnost preskoka ili proboja izolacije voda. U tim se slučajevima radovi mogu nastaviti samo u suglasnosti s električnim poduzećem.

Kapacitivni utjecaj ovisi o nazivnom naponu voda i geometrijskom rasporedu cjevovoda, vodiča pod naponom, uzemljenih vodiča i tla. Iako trajan, ovaj utjecaj obično nije velik, pa je dovoljno da se cjevovod u montaži uzemlji na stanovitim razmacima (npr. oko 150 m) pomoću sonde, duge oko 1 m.

Induktivnim putem potencijal se može prenijeti na cjevovod u gradnji ili u pogonu i onda, ako se njegova trasa nalazi izvan zaštitnog pojasa nadzemnog voda mreže visokog napona s izravno uzemljenim zvjezdištem, odnosno voda za elektrifikaciju željezničke mreže, za trajanja dozemnog kvara. Jakost ovog utjecaja ovisna je o iznosu i frekvenciji inducirajuće struje u zemlji, prostornom rasporedu objekata, specifičnom otporu tla i u znatnoj mjeri o vremenski promjenljivom odvodu cjevovoda. Područje u kojem je ovaj utjecaj osjetan nazivamo područjem utjecaja voda, a njegove međe za položene cjevovode s antikorozivnim zaštitnim plaštem od bituminizirane staklene vune iznose prema smjernicama (L. 1.) 0,6 km, a prema oštrijim preporukama (L. 2.) 1,0 sa svake strane osim nadzemnog voda, nezavisno o dužini usporenog vođenja. Kod ograničenih dužina usporenog vođenja navedene međe se sužavaju, kako je to prikazano u tablici 1. prema (L.1.) i slici 1. prema (L. 2.). Međutim, radi znatno manjeg odvoda valja jače utjecaje očekivati za vrijeme gradnje cjevovoda, tj. dok se neke njegove dionice nalaze na drvenim kozlićima, kao i na položenom cjevovodu s antikorozivnim zaštitnim plaštem od polivinilklorida.

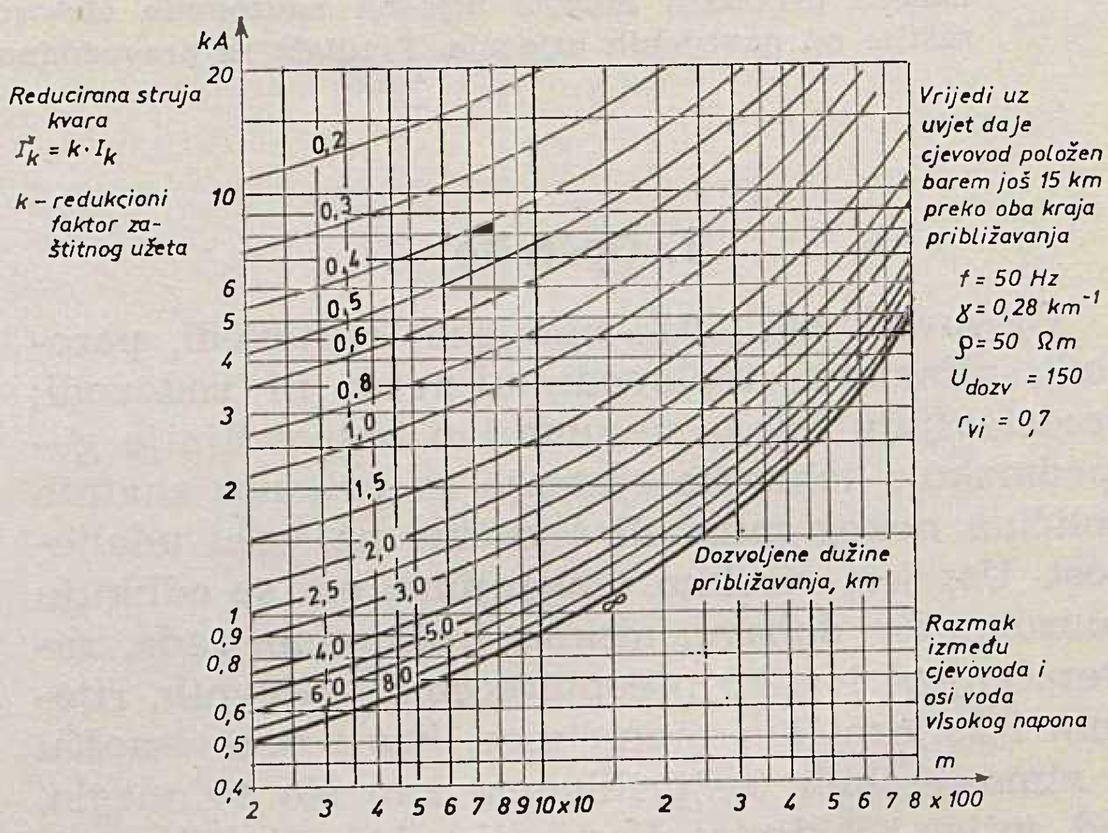
I_z / razmak (m)	Za utjecaj djelotvorna struja dozemnog kratkog spoja									f = 50 Hz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	kA
20	0,6	0,65	0,75	0,85	1,0	1,25	1,6	2,4	4,2	
50	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	2,2	3,4	7,7	
100	1,1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,4	5,6		
200	1,8	2,0	2,3	2,7	3,4	4,4	7,7			
300	2,4	2,8	3,3	4,1	5,4					
400	3,3	3,9	4,7	6,3						
500	4,6	5,7	8,2							
600	7,7									
> 600	neograničeno									

I_z = djelotvorna struja dozemnog kratkog spoja = $I_k \cdot r_z$

r_z = redukcioni faktor zaštitnog užeta i ostalih uzemljenih sistema

Tabela 1. Granične dužine u km, prema (L. 1.)

Za zaštitu od previsokih induciranih napona valja prilikom montaže cjevovoda, i s njim galvanski povezanih električnih postrojenja, koristiti uz već spomenute sonde za uzemljenje isto tako izolirani alat ili izolaciju stajališta, a zavarivanju pojedinih dionica cjevovoda pristupiti tek nakon što se one električki prenose izoliranim vodičem. U pogonu moraju svi kovinski dijelovi cjevovoda i njegovih postrojenja dohvatljivih s javnih mjesta biti dobro električki izolirani, dok se električki zagoni i drugi električki uređaji, čiji su pojedini dijelovi i strujni krugovi galvanski povezani cjevovodom, moraju napajati preko izolirajućih transformatora. Nulvodič i zaštitni vodič niskonaponske mjesne mreže ne smiju se spajati s cjevovodom.



Sl. 1. Dozvoljene dužine približavanja ili razmaci cjevovoda sa izolacijom od bitumenizirane staklene vune, prema (L. 2.)

Ako su inducirani naponi na cjevovodu veći od zapornog napona ispravljača katodne zaštite od korozije, imaju se upotrijebiti odvodnici prenapona, koje i bez toga valja preporučiti za zaštitu od atmosferskih prenapona. Dakako da se inducirani naponi (opasnosti) mogu pojaviti i na dojavnom kabelu, koji se polaže usporedo s cjevovodom. U tom slučaju valja postupiti prema našim važećim propisima (L. 3.), odnosno nacrtu novih propisa (L. 4.), uzimajući u obzir i utjecaj redukcionog faktora cjevovoda na spomenute veličine.

Naponi narinuti na cjevovod rasprostiru se njegovom dužinom kao i duž svakog »običnog« električnog voda. Kod frekvencije 50 Hz njegovu jediničnu uzdužnu impedenciju i poprečnu admitanciju možemo izračunati pomoću približnih izraza:

$$\bar{z}_c = \left[\frac{9{,}5}{D_c} + 0{,}05\right] + j\left[\frac{9{,}5}{D_c} + 0{,}1447 \log 186 \cdot 200 \frac{\sqrt{\varrho_t}}{D_c}\right] \text{ oma/km} \qquad (1)$$

$$y_c = g_c + j\, 25{,}8 \cdot 10^{-6} / \log\left(1 + \frac{2 d_p}{D_c}\right) \text{ s/km} \qquad (2)$$

gdje je:

D_C — vanjski promjer kovinske cijevi, u mm,

d_p — debljina antikorozivnog plašta cijevi, u mm,

g_C — djelatni odvod cijevi, u s/km a

ρ_t — prosječni psecifični otpor, u om. m.

Rezultati praktičkih proračuna i provedenih mjerenja pokazuju, da se iznos uzdužne impedancije cjevovoda kreće u redu veličine 0,6 oma/km,

pri čemu njezin kut tek neznatno odstupa od 82°, dok poprečni kapacitivni odvod, bez obzira na vrstu antikorozivnog zaštitnog plašta, iznosi od 1,5 do $6{,}0 \cdot 10^{-3}$ s/km. Osim toga, poprečni djelatni odvod, a s njime i napon cjevovoda prema zemlji, izrazito je ovisan o vrsti antikorozivnog zaštitnog plašta, te se kod bituminizirane staklene vune kreće od 0,02 i 0,10 s/km, a kod polivinilklorida 1,5 i $6{,}0\ 10^{-9}$ s/km. U prvom slučaju on se smanjuje s iznosom narinutog napona i starenjima, uslijed oštećenja do kojih neizbježno dolazi prilikom polaganja cjevovoda, povećanjem pritiska nasutog materijala u rovu i njegove važnosti, te trajnih posljedica pretrpljenih električnih proboja.

Zahtijevaju li se točniji rezultati uputno je električke parametre cjevovoda odrediti mjerenjem, koje se provodi jednako, kao i mjerenje nultih konstanta električkih vodova.

Najpouzdaniju zaštitu kovinskih cjevovoda od električkih nadzemnih vodova predstavlja osiguranje znatnih međusobnih razmaka, što nije moguće uvijek postići radi terenskih uvjeta. U ovom slučaju može se javiti čak i korist od upotrebe zajedničkih trasa, osobito u gusto naseljenim mjestima, ali se unaprijed moraju odrediti najmanje dozvoljene sigurnosne udaljenosti, koje, također, moraju osigurati i statičku stabilnost stupova nadzemnih vodova uz uvjet, da se ni u kojem slučaju ne smije uspostaviti galvanski spoj između cjevovoda i uzemljivača stupova, a također mora biti osigurana i izolacija voda od utjecaja ispušnih cijevi plinovoda.

Tako na primjer već spomenute smjernice (L. 1.) traže kod usporednog vođenja da os cjevovoda bude po mogućnosti najmanje 10 m udaljena od okomite projekcije najisturenijeg vodiča nadzemnog voda, koliko bi kod prijelaza trebao iznositi i najmanji razmak između cjevovoda i brida stupa. Najmanji razmak između cjevovoda i uzemljivača stupa treba biti veći od 2 m, no iznimno se može smanjiti i do 0,5 m. Ispušne cijevi plinovoda trebaju biti udaljene najmanje 30 m od veće spomenute okomite projekcije najisturenijeg vodiča, dok je kod vodova nazivnog napona ispod 110 kV dovoljno 10 m.

3. Zaštita cjevovoda od električnih utjecaja prema našim propisima

Budući da u našoj zemlji neposredno predstoji izgradnja rasprostranjenih naftovoda i plinovoda valja na ovome mjestu ustanoviti, da, nažalost, nemamo propise koji utvrđuju uvjete zaštite kovinskih cjevovoda od utjecaja nadzemnih elektro-energetskih vodova.

Od postojećih propisa jedino naš pravilnik (L. 5.) određuje sigurnosne udaljenosti prema nadzemno položenim cjevovodima, članovi 216—220, dok u članu 221. prepušta utvrđivanje uvjeta prijelaza nadzemnih elektro-energetskih vodova preko podzemno položenih cjevovoda, dogovoru između mjerodavnih organizacija. Osim toga još jedino nacrt pravilnika (L. 6.) određuje ovu problematiku, ali isključivo sa strojarskog stanovišta.

4. Zaključak

Na temelju prethodno izloženog predlaže se:

a) pristupiti izradi pravilnika za zaštitu kovinskih cjevovoda od utjecaja nadzemnih elektro-energetskih vodova, kojim bi se odredili tehnički normativi kao i mjere za zaštitu pri radu na gradnji i pogonu kovinskih cjevovoda u području utjecaja električnih vodova, te

b) do donošenja spomenutog pravilnika prihvatiti jedan od važećih inozemnih propisa kojim bi se privremeno, po potrebi, utvrđivali odnosi između zainteresiranih korisnika elektro-energetskih vodova i kovinskih cjevovoda. Prema mišljenju autora ovog članka to bi mogle biti njemačke preporuke (L. 1.).

Literatura

L. 1. Massnahmen bei Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungsleitungen, VDEW, 30/66, S. i

L. 2. Beeinflussung von Rohrleitungen durch Starkstromfreileitungen von 110 kV und darüber und Wechselstrombahnen, TKB, TE 30, Ausgabe 5. 68.

L. 3. Propisi za zaštitu vodova elektroveza od induktivnog utjecaja električnih vodova, Službeni list FNRJ br. 6/52., i dopune u SL br. 13/60. odnosno br. 24/67.

L. 4. Nacrt pravilnika o tehničkim merama zaštite telekomunikacionih postrojenja od uticaja elektroenergetskih postrojenja, XII. 1973.

L. 5. Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektro-energetskih vodova, Službeni list FNRJ, br. 51/73.

L. 6. Nacrt pravilnika o tehničkim merama i uslovima za projektiranje, izgradnju i kontrolu instalacija i cevovoda za transport fluida pod pritiskom, IT-novine, 28. XII. 1973.

Naslov pisca: Miroslav J u n g, dipl. ing.,
Institut za elektroprivredu, Zagreb

ZAŠTITA VISOKONAPONSKIH MOTORA U TERMOELEKTRANAMA NA PODRUČJU SR HRVATSKE

Velimir Hangi, Zagreb

U termoelektranama na području Hrvatske uočeni su neki nedostaci u rješavanju zaštite elektromotora od kratkog spoja i preopterećenja. Stoga je uslijedila analiza djelovanja zaštite motora, i na osnovi pojedinačnih pismenih prikaza svake elektrane dane su na zajedničkom sastanku sugestije za rješenje koje bi povećalo efikasnost i poboljšalo selektivnost prekostrujno-termičke zaštite motora.

DK 621.311.22

1. UVOD

Zaštita elektromotora od kratkog spoja ima dva osnovna zadatka:

— da u slučaju kratkog spoja na motoru što je moguće brže isključi motor iz pogona, čime će se spriječiti da se kvar ne razvije i dovede do potpunog uništenja štićenog motora;

— da se svojim prekostrujnim i vremenskim udešenjem uklapa u stepenovanje zaštite u elektrani, tako da kod kvara na motoru prva djeluje zaštita tog motora, a ne prekostrujna vremenska zaštita transformatora vlastite potrošnje, jer bi tada svi motori ispali iz pogona, što može dovesti, i dovodi, do višesatnih zastoja pogona generatorske grupe ili cijele elektrane.

Zaštita motora od preopterećenja, najčešće termička zaštita, treba da što bolje odslikava temperaturno stanje štićenog motora i kod preopterećenja aktivira bilo optički i zvučni signal, bilo, što izgleda logičnije, isključenje motora iz pogona.

Na osnovi iskustva autora, kao i na osnovi dobivenih pojedinačnih prikaza stanja zaštite u elektranama, daje se ovaj prikaz zaštite elektromotora od kratkog spoja i preopterećenja.

Diferencijalna zaštita elektromotora nije obrađivana, jer obuhvaća samo najveće jedinice reda 4 MW, i predstavlja idealnu zaštitu od kratkog spoja, tako da u tim slučajevima nema problema sa zaštitom motora od kratkog spoja.

2. PRIKAZ ZAŠTITE VISOKONAPONSKIH ELEKTROMOTORA U TERMOELEKTRANAMA OD KRATKOG SPOJA I PREOPTEREĆENJA

Prikazana je zaštita od kratkog spoja i preopterećenja motora u nekim termoelektranama, način djelovanja zaštite, kao i kritičke primjedbe na kompletno rješenje ove zaštite.

2.1. TE »Plomin«

Zaštita elektromotora dana je, u osnovi, s prekostrujno-termičkim relejima proizvodnje švicarske firme Brown—Boveri, u dvije faze tipa ST.

2.1.1. Prekostrujni momentani članovi ovih releja, udešeni su iznad maksimalne struje zaleta motora reda veličine 6 I_n, no njihovo je djelovanje blokirano tokom cijelog zaleta motora vremenskim relejima CSM 2 iste proizvodnje. Vremensko zatezanje kreće se od 12s do najviše 55s kod motora mlinova. Nakon ulaska elektrane u pogon udešenja su bila niža, odnosno 3 I_n, pa je u rješenju s blokadom možda bilo neke logike. No zbog položaja elektrane u mreži i kratkotrajnih padova napona kod kvarova u mreži 110 kV i 20 kV bilo je nužno udesiti ove članove bez vremenskog zatezanja na oko 6 I_n.

Međutim, totalno uništenje 2 motora od 650 kW rashladnih pumpi morske vode ukazuje da ova zaštita, iako je proradila, nije bila djelotvorna, možda baš zbog visokog udešenja momentalnog prekostrujnog člana, pa kod kvara koji se postupno razvija proraduje prekasno (diferencijalne zaštite nema).

Zbog ovakve situacije, došlo se na ideju, baš kod analiziranja neselektivnog rada zaštite u TE — TO Zagreb, što ćemo kasnije pokazati, da se uz postojeću zaštitu ugradi dodatna prekostrujna vremenska zaštita, što će biti detaljnije obrađeno upravo za TE — TO Zagreb. Kod većine motora TE »Plomin« ustanovljeno je pak, da struja zaleta vrlo malo opada za svo vrijeme zaleta i tek pri kraju naglo pada prema nazivnoj struji motora, što će biti naglašeno u slijedećoj točki 3, a što ne upućuje na korištenje prekostrujne vremenske zaštite. Međutim, upravo za ovu zaštitu mogla bi se provesti blokada s postojećim vremenskim relejima CSM 2, dok prekostrujni momentani članovi ST releja ne bi bili blokirani za vrijeme zaleta.

Može se naime konstatirati da blokada prorade momentanog prekostrujnog člana uz udešenje iznad maksimalne struje zaleta nema prave svrhe, pa se može ukloniti.

2.1.2. Termički članovi ST — releja odslikavaju temperaturno stanje štićenih motora, na osnovi struje motora. Ovaj je član udešen na sekundarnu nazivnu struju motora, a termička konstanta releja odgovara termičkoj konstanti motora. Međutim, ovaj član samo signalizira preopterećenja, a ne isključuje motore iz pogona. Za to je teško naći opravdanje, jer se postavlja pitanje efikasnosti ove zaštite. Jedino kod motora mlinova za ugljen s vrlo teškim zaletom, termička zaštita je udvostručena, i s višim termičkim udešenjem djeluje na isključenje motora iz pogona.

2.2. »Termoelektrana — Toplana« Zagreb

U ovoj elektrani zaštita visokonaponskih elektromotora izvedena je s istim zaštitnim uređajima u dvije faze, kao u TE »Plomin«, dakle s relejima tipa ST. Razlika je u tome, što ovdje nije provedena blokada prekostrujnih momentanih članova udešenih iznad maksimalne struje zaleta za vrijeme trajanja zaleta, i što termički članovi djeluju na isključenje motora iz pogona.

Problem je u neselektivnim ispadima transformatora vlastite potrošnje kod kvara na jednome od motora koje napaja. Očito je da je zbroj struja ostalih motora i struje kratkog spoja motora u kvaru viši od udešenja prekostrujne zaštite transformatora. Kako je prekostrujni član zaštite motora bez vremenskog zatezanja, to je problem u prekostrujnom stepenovanju zaštite i povratnom faktoru prekostrujne zaštite transformatora vlastite potrošnje.

Međutim, da bi se izbjegla potreba vrlo visokog prekostrujnog udešenja zaštite transformatora, a s druge strane nižim udešenjem prekostrujne zaštite motora poboljšala njena efikasnost, odnosno prorada već kod nižih struja kvara, došlo se je na ideju o dodatnoj ugradnji nezavisne prekostrujne vremenske zaštite. Već prema krivulji struje zaleta valja pri tome nastojati da se u granicama prekostrujnog udešenja od 1,5 do 2,0 I_n postigne vremensko zatezanje do 3,0 s, što bi se uklopilo u vremensko stepenovanje prekostrujne zaštite u elektrani. Time bi selektivnost rada ove zaštite bila osigurana bez obzira na visinu struje kratkog spoja. Ovdje valja istaći važnost dobrog povratnog faktora prekostrujnog releja, što npr. nije slučaj sa momentanim prekostrujnim članom ST — releja.

Ukoliko bi struja zaleta duže vrijeme zadržala iznose više od 1,5 do 2,0 I_n, došla bi u obzir i blokada zaštite za vrijeme zaleta motora, s time da je u to vrijeme motor zaštićen prekostrujnim momentanim članom prekostrujno-termičkog releja tipa ST.

Valja, također, konstatirati da trajanje kvara na elektromotoru preko 3,0 s ili čak 5,0 s vodi njegovom potpunom uništenju.

2.3. TE »Sisak«

Kompletno postrojenje TE »Sisak« isporučio je SSSR, što znači i motore i zaštitu motora. Rješenje zaštite motora od kratkog spoja i preopterećenja je trovrsno, i to:

— Za većinu motora koji se ne mogu tehnološki preopteretiti predviđena je samo momentana prekostrujna zaštita.
— Za motore rashladnih pumpi koji se kod niskog vodostaja mogu preopteretiti zakretanjem lopatica, predviđena je, na zahtjev naših stručnjaka, uz momentanu prekostrujnu zaštitu i prekostrujna vremenska zaštita s vremenom duljim od vremena zaleta motora i prekostrujnim udešenjem od 1,5 I_n i to, kao zaštita od preopterećenja.
— Za motore pojnih pumpi iznimno je upotrebljena, uz momentanu prekostrujnu zaštitu, strujno-ovisna sekundarna prekostrujna zaštita, kao zaštita od preopterećenja.
— Za uvid u temperaturno stanje motora ugrađeno je i po nekoliko termosondi na nekim, naročito većim motorima, s očitanjem temperature, pa i signalizacijom preopterećenja preko, za to predviđenog, kontakta.

2.4. »Elektrana — Toplana« — Zagreb, Zagorska 1

2.4.1. Veći motori 900 kW i 450 kW štićeni su prekostrujno-termičkom zaštitom, proizvodnje »ISKRA« (licenca »ASEA«) tipa RMI-11, u dvije faze.

Termički član tipa RVAA nije bimetal, nego termoelement istog termičkog kapaciteta, kao štićeni motor, tako da odslikava temperaturno stanje štićenog motora na osnovi sekundarne struje strujnih transformatora, koja ga ugrijava. Pri tom se ulazna struja u relej udešava na nazivnu struju toga motora.

Prekostrujni momentani član tipa RIXC udešen je na iznos viši od maksimalne struje upuštanja motora, i služi kao zaštita od kratkog spoja.

Prema svojemu tehničkom rješenju ova zaštita u potpunosti odgovara zaštiti tipa ST firme BBC, a motori štićeni tom zaštitom jednako su zaštićeni, kao u TE — TO Zagreb.

Ovdje se ponovno postavlja pitanje, da li uz dva ugrađena RMI-11 releja valja ugraditi u seriju još i dvofaznu prekostrujnu vremensku zaštitu, kako se predlaže za TE Plomin i TE — TO Zagreb, ili već ovakva zaštita zadovoljava.

2.4.2. Manji motori 140—400 kW bili su štićeni prekostrujno termičkom zaštitom RIB 40 proizvodnje »ISKRA«.

Termički član ove zaštite bimetalne izvedbe nije zadovoljio kao zaštata motora, kako je to detaljno prikazano u izvještaju ove elektrane, pa je napušten kao zaštita.

Umjesto ove zaštite ugrađena je statička (elektronska) zaštita tipa Ue-ZI 6, proizvodnje »Rade Končar«, u stvari prekostrujna zaštita s dva člana i to:

— prekostrujnim vremenskim članom, i
— prekostrujnim momentanim članom.

Ne može se ovdje, kod prekostrujnog vremenskog člana, govoriti o termičkoj zaštiti, već o čisto prekostrujnoj zaštiti s nezavisnom karakteristikom. Relej proraduje uvijek kod iste podešene struje, a ne odslikava temperaturno stanje štićenog motora, kako se vidi i iz ovog prikaza.

Sasvim bi drugačija situacija bila kad bi ovakvu zaštitu napajao termoelemenat ugrađen u elektromotor. Tada bi se ovi prekostrujni releji

udesili na struju termoelementa koja odgovara najvišoj dozvoljenoj temperaturi na mjestu ugradnje termoelementa. To bi u principu, bilo vrlo dobro rješenje termičke zaštite i valja ga razmotriti, kada se kupuju novi motori, da bi se mogao postaviti zahtjev za ugradnju odgovarajućeg, ili odgovarajućih, termoelemenata. Momentana prekostrujna zaštita i, eventualno prekostrujna vremenska zaštita, priključile bi se, dakako, na strujne transformatore u polju motora.

Za postojeće motore od 140—400 kW u EL — TO Zagreb, nameće se pitanje ne bi li ipak bilo opravdano ugraditi termičku zaštitu s odslikavanjem temperaturnog stanja štićenog motora, bez obzira na nešto višu cijenu zaštite. U svakom slučaju praksa će pokazata da li će sadašnje rješenje s prekostrujnom statičkom zaštitom zadovoljiti, naročito s obzirom na razmjerno niska prekostrujna udešenja prekostrujnog vremenskog člana ($0{,}8\ I_n$).

2.5. TE »Jertovec«

Visokonaponski motori štićeni su strujno-ovisnom sekundarnom zaštitom s momentanim prekostrujnim članom francuske proizvodnje CdC. Strujno ovisni član blokiran je za vrijeme zaleta motora.

Momentani prekostrujni član nije proradivao uvijek kod jednakih vrijednosti uz isto prekostrujno udešenje, a prekostrujni ovisni član sa zupčanim prijenosom nije radio potpuno sigurno. Danas je ta zaštita već dotrajala i potpuno nesigurna.

Pokušaj zamjene s termičkim relejima proizvodnje »ISKRA« (TELA) tipa RIB 3 i kasnije RIB 41 u bimetalnoj izvedbi nije dao zadovoljavajuće rezultate, pa do zamjene nije ni došlo.

Zbog toga, a naročito s obzirom na planiranu rekonstrukciju postrojenja, valja naći rješenje za selektivnu i sigurnu zaštitu motora.

S obzirom na razmjerno kratkotrajni zalet većine elektromotora dolazi u obzir prekostrujna vremenska zaštita uz prekostrujnu momentanu i termičku zaštitu.

3. ZAPAŽANJA, PRIMJEDBE I SUGESTIJE

Na osnovi materijala dobivenog iz svake termoelektrane, kao i razrade i sugestije autora ovog članka, održan je u Poslovnom udruženju elektroprirednih organizacija SRH — Zagreb, radni sastanak, gdje je izvršena iscrpna analiza svih materijala. Materijale pojedinih termoelektrana razradili su za:

— TE Plomin	Bruno Jelčić - Lučano Zustović
— TE-TO Zagreb	Franjo Černohous
— TE Sisak	Rade Hlebar
— EL-TO Zagreb	Stjepan Pem
— TE Jertovec	Ivan Vučetić

U daljnjem tekstu navodimo zapažanja, primjedbe i sugestije usvojene na ovom radnom sastanku:

3.1. — za TE Plomin

Konstatirano je, da blokada prekostrujnih momentanih članova ST-releja nema prave svrhe, jer su udešenja provedena nešto više od maksimalne struje zaleta, a kako termički članovi ove zaštite (osim kod motora mlinova) samo signaliziraju preopterećenje, a ne isključuju motore, to su motori za svo vrijeme zaleta potpuno bez zaštite. Učesnici radnog sastanka složili su se sa slijedećim sugestijama:

a) Kako je momentani prekostrujni član ST-releja udešen nešto iznad maksimalne struje zaleta, to se preporuča da se, gdje je god moguće, ukloni blokada izbacivanja za vrijeme zaleta motora,

b) za termičke članove se preporuča, naročito kod motora rashladnih pumpi, a i onih koji imaju znatnije rezerve u snazi, da isključe motore iz pogona, a ne da samo signaliziraju,

c) s obzirom na oblik krivulje struje zaleta, gdje se visoke struje zaleta zadržavaju za preteżno vrijeme zaleta, prekostrujna vremenska zaštita bila bi bez efekta.

Tehničko osoblje će ocijeniti ukoliko na nekim od motora dodatna prekostrujna vremenska zaštita može poboljšati efikasnost štićenja.

3.2. — za TE-TO Zagreb

Razmotrivši stanje zaštite u ovome postrojenju učesnici su se složili sa slijedećim sugestijama:

a) preporuča se dodatna ugradnja prekostrujne vremenske zaštite prvenstveno na onim motorima, gdje ne postoji rezerva u snazi motora,

b) udešenje prekostrujne vremenske zaštite provest će se na oko $2\ I_n$ motora, a najviše do 10 A, nastojeći da vremensko zatezanje bude što kraće, reda veličine 3,0 s,

c) udešenje prekostrujne zaštite transformatora vlastitog potroška koji napaja motore, bit će potrebno povisiti na oko $1{,}8\ I_n$ transformatora, a pri tome je poželjna signalizacija preopterećenja na transformatoru putem termičkog releja,

d) problem znatnih odstupanja od nominalnog prijenosnog odnosa strujnih transformatora i međutransformatora valja riješiti bilo njihovom zamjenom, bilo korekturom struje na termičkom članu, kao i udešenjem prekostrujnog člana zaštite.

3.3. — za TE »Sisak«

Utvrđena je velika razlika u pristupu zaštiti motora, tako da je djelomična ili kompletna promjena koncepcije nezamisliva. Mnogi motori u prvoj fazi izgradnje elektrane imaju samo prekostrujnu momentanu zaštitu, kao zaštitu od kratkog spoja, dok se smatralo da ovi motori koji tehnološki ne mogu biti preopterećeni ne trebaju druge zaštite. Za II etapu se predviđa ipak, a što je i ovaj skup podržao, da:

svi motori uz prekostrujnu momentanu zaštitu trebaju imati i prekostrujnu vremensku zaštitu s vremenskim zatezanjem duljim od trajanja zaleta motora. Prekostrujno udešenje ove zaštite iznosi oko 1,5 I_n motora.

3.4. — za El-TO Zagreb

Kod velikih motora, gdje je ugrađena termička zaštita s prekostrujnim momentanim članom tipa RMI-11, konstatirano je, da ovaj momentani član treba ekstremno visoko udesiti čak na 12 I_n motora, odnosno dvostruko od maksimalne struje zaleta, jer reagira na vršnu struju prve poluperiode.

Kod rješenja sa statičkim relejima tip Ue-ZI 6, taj problem ne postoji, no ovi su releji udešeni vrlo nisko, odnosno oko nazivne struje motora, a vrijeme zatezanja iznosi i do 15 s.

Na osnovi diskusije moglo se je doći do slijedećih sugestija:

a) ukoliko momentani prekostrujni član treba udešavati, čak do 12 I_n, onda takva zaštita nije efikasna kao zaštita od kratkog spoja i ne odgovara,

b) kod zaštite Ue-ZI 6, koja predstavlja nezavisnu prekostrujnu vremensku zaštitu, udešenje na nazivnu struju nema smisla, to više što zahtijeva nepotrebno duga vremenska zatezanja, sve dok struja nakon zaleta ne padne ispod udešene na releju. Nakon analize krivulje struje zaleta, za očekivati je da će potrebno vrijeme zatezanja biti bitno kraće uz prekostrujno udešenje od oko 1,5 I_n motora, ili nešto više.

Momentani prekostrujni član moguće je normalno udesiti za nešto veću struju od maksimalne struje zaleta motora, što zadovoljava.

3.5. — za TE »Jertovec«

U ovoj elektrani predstoji rekonstrukcija, a u okviru te rekonstrukcije bit će u potpunosti zamijenjena zaštita motora. Vođena je diskusija o mogućim relejnim kombinacijama razne proizvodnje, a bilo je govora o tome da cijena uređaja bude u razumnim granicama, naročito kod manjih motora. Tako se je došlo do zaključka, koji je dan kao sugestija:

a) Kod zaštite motora dovoljno je termičku zaštitu, kao zaštitu od preopterećenja, ugraditi u jednu fazu, a prekostrujnu vremensku sa momentanim prekostrujnim članovima u preostale dvije faze. Prema tome, može se ispustiti prekostrujni momentani član iz relejne kombinacije prekostrujne termičke zaštite.

OPĆE PRIMJEDBE I SUGESTIJE

a) Treba kod proizvođača motora nastojati da se izolacija motora izvodi u F-klasi, a ne u B-klasi kao do sada.

b) S proizvođačima motora valja razmotriti mogućnosti ugradnje termoelemenata, odnosno termosondi na motorima. Da kod ugradnje termoelemenata treba biti vrlo pažljiv pokazuje primjer generatora u TE »Plomin«, gdje je kratkospojen termoelemenat u utoru doveo do uništenja izolacije, a izvodi s drugih termoelemenata su u prekidu, što je stalna prijetnja da se ne ponovi sličan kvar.

Termoelemenat bio bi vrlo pogodan za zaštitu od preopterećenja, pri čemu je moguće provesti signalizaciju kod manjih, a izbacivanje kod većih preopterećenja.

c) Ono što je utvrđeno za prekostrujni momentani član prekostrujno-termičke zaštite tipa RMI-11 tj. da je osjetljiv na vršnu struju prve poluperiode kod upuštanja motora, vrijedi općenito, pa na to valja pripaziti kod izbora zaštite motora.

d) Na kraju, možemo utvrditi opće slaganje svih prisutnih da je ovakvo zajedničko analiziranje konkretnog pogonskog problema uz međusobno prenošenje iskustava iz pogona vrlo korisno, da će se nastaviti po potrebi bilo u ovakvom sastavu, bilo u formi dogovora direktno zainteresiranih za konkretna rješenja.

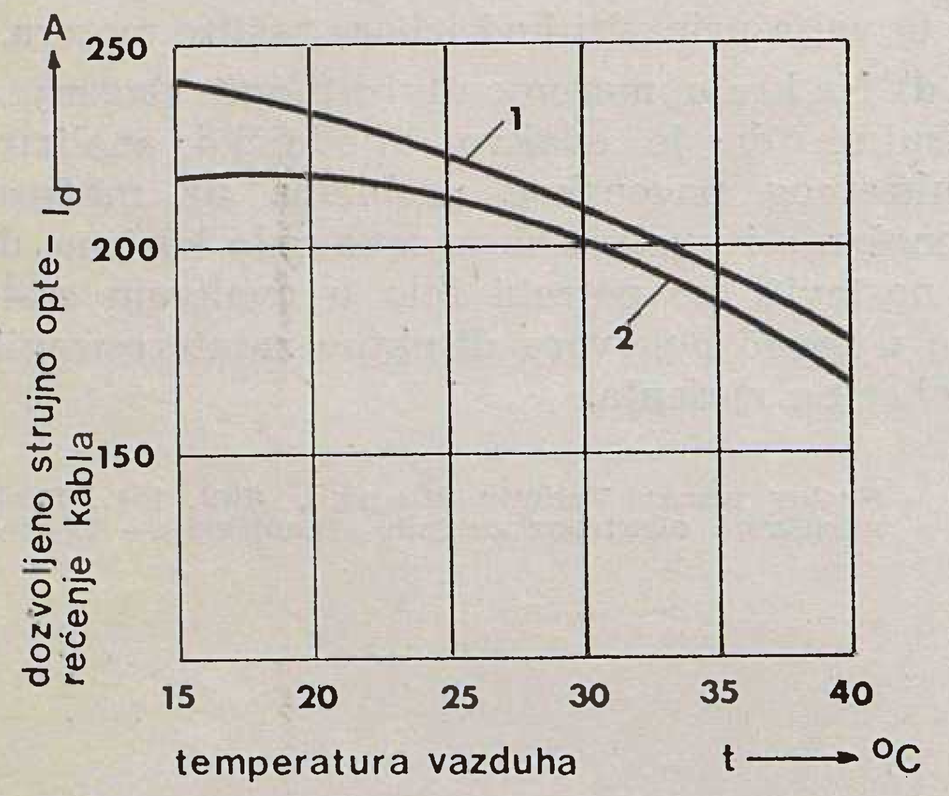
Naslov pisca: Velimir H a n g i, dipl. ing., Poslovno udruženje elektroprivrednih organizacija— Zagreb

POLAGANJE ENERGETSKIH KABLOVA PREKO MOSTOVA

Borislav Lalević

UVOD

Kablovi položeni preko mostova mogu biti izloženi različtim uticajima: mehaničkim, hemijskim, svetlosnim i toplotnim. Od naročite važnosti za uspešan pogon kablova položenih preko mostova je uticaj vibracija i potresa na olovne omotače kablova. Pri učestalim vibracijama i potresima kojima su izloženi kablovi položeni preko železničkih mostova, dolazi do lomova na olovnim omotačima kablova. Uticaj intenziteta zaprljanosti vazduha, prisutnog smoga, morske sredine, razvijenog rečnog saobraćaja pod mostom, i sl. mogu biti od značaja za trajanje životnog doba kabla. Korozija metalnih omotača kablova može se u pojedinim okolnostima relativno brzo razvijati. Tako i uticaj sunčanih radijacija može uticati na vek trajanja zaštitnih spoljnih omotača kablova. Pregrejane metalne površine mosta u letnjim mesecima mogu zračiti toplotu i pregrejavati kablove tako da se njihovi prenosni kapaciteti mogu znatno smanjiti. Kablovi položeni u zatvorene noseće konstrukcije mosta koje nemaju dovoljno prirodno cirkulisanje vazduha mogu biti pregrejani znatno iznad dozvoljenih graničnih vrednosti. Kabel IPZO 13 3×95 mm², 35 kV, okružen ambijentnom temperaturom od 40° C imaće oko 30% manje dozvoljeno strujno opterećenje (sl. 1).



Sl. 1. Dozvoljeno strujno opterećenje kablova u zavisnosti od temperature vazduha
1 — kabl IPO 13 3×95 mm², 10 kV; 2 — kabl IPZO 13 3×95 mm², 35 kV

Pri projektovanju kablovskih vodova, čije trase prolaze preko mostova, treba odabrati takvu konstrukciju kabla koja će odgovarati najbolje postojećim uslovima. Međutim, projektovanje ovih kablovskih vodova obavezno zahteva timski rad s konstruktorima-projektantima mostova, jer se jedino tako može postići laka montaža i ispravan pogon kablova.

POSTOJANOST OMOTAČA KABLOVA U RAZLIČITIM ATMOSFERSKIM SREDINAMA

Korozija metalnih omotača ne javlja se samo kod kablova položenih u zemlji. U atmosferskim uslovima, a naročito u industrijskim oblastima, na metalima se kondenzuje vlaga koja poprima svojstva elektrolita kad dođe u kontakt s prljavštinom iz vazduha, s dimom i sl. Tada metal može biti žestoko napadnut korozijom. Ova vrsta korozije, tzv. atmosferska korozija, je vrlo rasprostranjena i zavisi od mnogih činilaca. Njen intezitet zavisi od klime posmatranog područja, sastava — zaprljanosti atmosfere, prisutnosti agresivnih gasova, morske magle, i sl. Sa gledišta korozije metalnih omotača kablova može se razlikovati kontinentalna i morska atmosfera. Morska magla zasićena kapljicama morske vode uz prisutnu zaprljanost sredine prašinom i gasovima i promenljivu temperaturu predstavlja ozbiljnu pretnju nekim metalima. U ovakvim sredinama je naročito ugrožena čelična mehanička zaštita kabla, a i olovni omotač kabla. Aluminijumski omotač kabla u ovakvim uslovima pokazuje manju stabilnost no olovni omotač, mada je u relativno čistoj atmosferi, kao na primer u slobodnim prostorima i selima vrlo stabilan. Brzina korozije [l] aluminijuma, čelika i olova dat je u tabeli I, a prema ispitivanjima sprovedenim u SSSR-u u periodu od 10 i 20 god. Međutim, ova ispitivanja obavljena u SSSR-u ne mogu biti uzeta kao opšte pravilo, jer korozija mnogo zavisi o klimatskim prilikama. Razlikuje se znatno ako je u pitanju tropska, subtropska ili kontinentalna klima.

Tabela 1

Metal	Uslovi ispitivanja metala					
	Industrijske oblasti		Morske oblasti		Seoske oblasti	
	10 god.	20 god.	10 god.	20 god.	10 god.	20 god.
Aluminijum	0,84	0,78	0,7	0,63	0,02	0,08
Olovo	0,43	0,38	0,41	0,53	0,48	0,33
Čelik	2,19	—	1,85	—	—	—

Kablovi položeni preko mostova koji premošćuju plovne reke su naročito ugroženi. Prolaz brodova na pogon naftom i ugljem ispod mostova prljaju čitavu sredinu mosta, nanose na njega, pa i na kablove položene na njemu, produkte sagorevanja — gasove i prašinu. Slično se dešava i pri prolazu preko mostova parnih i dizel lokomotiva, a u izvesnim prilikama i automobila (kad se kablovi polažu bočno na nosačima, iznad kolovoza mosta).

Postojanost aluminijuma, olova, olovne legure s dodatkom antimona i polivinilhlorida dana je u tabeli II i pokazuje znatnu nepostojanost alumini-

juma [2]. Zapaža se da dodatak olovu male količine antimona svega 0,6%, čini ovu leguru postojanom na manje koncentracije kiselina, amonijaka i dr. Polivinilhlorid se u ovakvim prilikama može smatrati vrlo postojanim.

Postojanost aluminijuma, olova, olovne legure i polivinilhlorida u agresivnim sredinama [2]

Tabela 2

Agresivna sredina	Al čistoće 99,97%	Olovo C - 3	Olovo s dodatkom 0,6% antimona	Polivinilhlorid
5% sona kiselina	NP	DP	DP	PP
50% sona kiselina	NP	NP	NP	PP
5% azotna kiselina	SP	SP	SP	DP
50% azotna kiselina	NP	NP	NP	DP
5% sirćetna kiselina	MP	PP	PP	PP
50% sirćetna kiselina	NP	PP	PP	PP
Amonijak	NP	DP	DP	—
Hlor	SP	SP	SP	DP

OBJAŠNJENJE: — NP — nepostojan; MP — malo postojan; SP — srednje postojan; DP — dovoljno postojan; PP — potpuno postojan.

— Olovo C-3 koje se koristi u SSSR-u sadrži primese: magnezijuma, arsenika i gvožđa ne više od 0,01%; sadržaj čistog olova ne manje od 99,95%.

UTICAJ SUNČEVIH RADIJACIJA NA KABLOVE

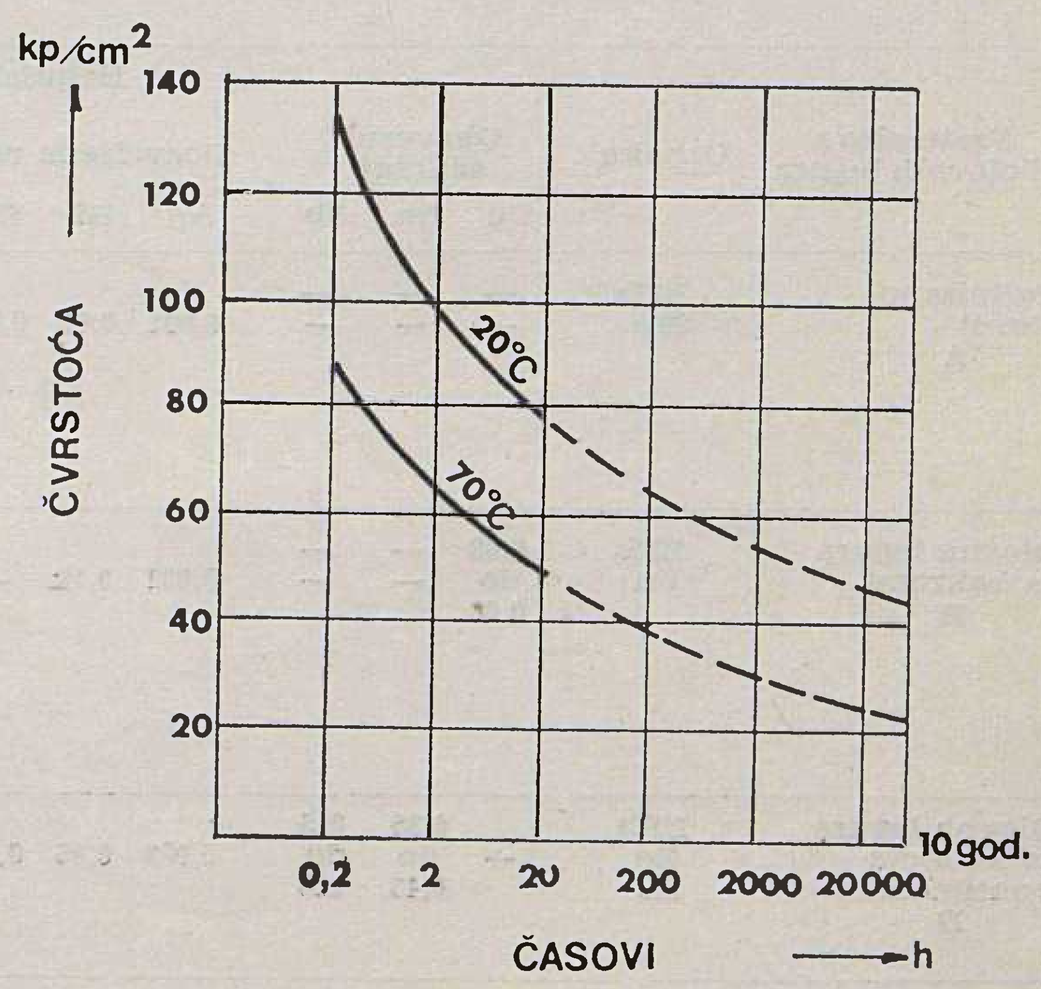
Usled dejstva sunčevih radijacija dolazi do starenja izolacionih omotača kablova. Ovo starenje je naročito izraženo kod izolacija od gume i polivinilhlorida. Pojava starenja se najpre izražava u promeni boje izolacije. Izolacija kasnije očvršćava postaje krta. Rezultat toga su površinske pukotine na omotačima kablova za razliku od toplotnog starenja kada se javljaju pukotine po dubini. Pri povećanim mehaničkim naprezanjima kabla na ovim materijalima dolaziće do većih pukotina koje mogu biti uzrok kasnijem električnom proboju kabla.

Uzrok starenja zaštitnih izolacionih omotača kablova se dešava pod uticajem ultravioletnih sunčevih radijacija i prisutnog ozona. Ozon nastaje u prirodi električnim pražnjenjem, usled jonizovanja vazduha i atmosferskim pražnjenjem — prilikom grmljavina. Naročito se intenzivno stvara u višim slojevima atmosfere pod uticajem ultravioletnog zračenja sunca na kiseonik. Za nastanak ozona potrebna je znatna energija, pod čijim se dejstvom molekul kiseonika rastavlja na slobodne atome. Slobodni atomi kiseonika u nascentnom stanju mogu se obrazovati u molekule ozona. On ima osobinu da intenzivno oksidiše izolacione materijale. Koncentracija ozona u suvom vazduhu je vrlo mala i iznosi $1 \cdot 10^{-6}$ %. Međutim, koncentracija ozona se znatno menja u zavisnosti od nadmorske visine, vremenskih prilika, sadržaja vlage u vazduhu, temperature vazduha i sl. Sunčeve radijacije su jače na većim visinama, te je i ugroženost izolacionih materijala veća.

OSOBINE OMOTAČA KABLOVA

Već više od 80 godina se koristi u elektrotehnici olovo kao omotač kablova. Njegova laka obrada i spajanje, savitljivost, plastičnost, vodonepropustljivost, dobra postojanost na različite agresivne sredine učinile su da se i danas uspešno koristi kao omotač kablova a naročito za srednjenaponske kablove. U poređenju s aluminijumom olovo se može smatrati »plemenitim« metalom. Međutim, olovo ima jednu veliku manu, osetljiv je na vibracije i potrese. Liveno, čisto olovo ima krupno-zrnastu strukturu koja se još više potencira čak i na običnoj, sobnoj temperaturi. Takva struktura vodi do stvaranja međukristalnih naprslina i do neupotrebljivosti čistog olova kao omotača kablova. Ispitivanja su pokazala da se naprsline na olovnom omotaču stvaraju usled vibracija ili interkristalne korozije [5]. Kad je kabl s olovnim omotačem položen preko mostova, ispod prometnih saobraćajnica, u blizini železničkih koloseka, u blizini pokretnih kranova, na brodovima, kao nadzemni vod ili kao podvodni morski kabl, gde postoji izražen uticaj plime i oseke, na njemu se javljaju naprsline. Ispitivanja su pokazala da uzrok ovim naprslinama leži u vibracijama i potresima koji izazivaju starenje olova. Naprsline na olovnom omotaču mogu se javiti i pri dužem transportu kablova železničkim saobraćajem.

Ispitivanja su pokazala [2] da se granica čvrstoće olova pri kratkotrajnom delovanju sile na istezanje nalazi na vrednosti od oko 150 kp/cm². Pri trajnom delovanju sile istezanja njegova otpornost se umanjuje. Ako se pritisak podiže u stupnjevima od 2,5 kp/cm² u trajanju od 2 časa otpornost olova se umanjuje na oko 100 kp/cm². Pri trajnom delovanju sile na istezanje granična čvrstoća olova usled zamora dosta brzo opada.



Sl. 2. Čvrstoća olovnog omotača u zavisnosti od vremena delovanja sile na istezanje (Tačkasti deo krivih dobijen je ekstrapolacijom)

Na sl. 2 je data promena čvrstoće olova u zavisnosti od trajanja opterećenja. Interesantno je zapaziti da porast temperature utiče vrlo nepovoljno na čvrstoću olova.

U Engleskoj se primenjuju ispitivanja [5] koja treba da ustanove proces starenja olova. Ispitivanja se vrše na uzorku olova u vazduhu naizmeničnom silom — na pritisak i istezanje. Tako se pokazalo da čisto olovo izdržava samo deset miliona naizmeničnih ciklusa delovanja specifične sile od 28 kp/cm².

Iz ovih razloga se smatra da čisto olovo nije upotrebljivo za energetske kablove čak i u slučajevima normalnog polaganja u rov. Stoga se olovo legira raznim metalima kao bakrom, antimonom, kalajem itd., zavisno od stepena željene otpornosti na vibracije i potrese.

Dok je čisto olovo vrlo nestabilno s gledišta obrazovanja krupnozrnaste kristalne strukture i stvaranja naprslina, a legirano olovo vrlo otporno na zamor, dotle se aluminijum pokazuje sasvim neosetljiv na zamor, nastao usled vibracija i potresa. O zamoru omotača na bazi polivinil-hlorida i polietilena pogotovu nema ni govora.

U tabeli III date su uporedne fizičke i mehaničke osobine čistog olova, legiranog olova antimonom (legura C-3), čistog aluminijuma i polivinil-hlorida [2] [4].

Fizičke i mehaničke osobine olovnih i aluminijumskih i PVC omotača kablova i njihova postojanost u agresivnim sredinama

Tabela 3

Karakteristike	Materijal za omotače kablova: Olovo čistoće 99,95%	Olovo s dodatkom antimona 0,6%	Aluminijum čistoće 99,97%	Polivinilhlorid
1	2	3	4	5
Specifična gustina gr/cm³	11,34	11,27	2,7	1,38
Čvrstoća na istezanje kp/mm²	1,3—1,8	2,1—2,6	4—5	1,6—1,8
Izduženje do kidanja u %	30—40	25—35	40—45	180—280
Tvrdoća po Brinelu kp/mm²	4—5	5—6,5	16—18	—
Granica zamora kp/mm²	0,43	0,86	2,33	—
Temperatura topljenja °C	327	327	658	—
Specifična toplotna provodnost $\frac{cal}{°C \cdot cm \cdot sec}$	$83 \cdot 10^{-3}$	$83 \cdot 10^{-3}$	$52 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Specifični električni otpor pri 20°C $\frac{\Omega\ mm^2}{km}$	214	214	28,45	—

1	2	3	4	5	6
Bi	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fe	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mg	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Sb	0,005	—	—	0,005	0,005
Sn	0,005	0,005	0,005	—	0,005
Zn	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Upotreba	Slabo legiran olovni omotač kabla, koristi se za proizvodnju legiranog olovnog omotača.		Za kablove koji su podvrgnuti jačim potresima.		

OLOVO I OLOVNE LEGURE ZA IZRADU OMOTAČA KABLOVA

Našim nacionalnim standardima regulisan je kvalitet olova odnosno njegovih legura za izradu olovnih omotača kablova JUS C.E1.040). Njime se

Olovo i njegove legure za izradu olovnog omotača kablova — prema JUS C. El. 040

Tabela 4

Vrste olova i olovnih legura	Oznake	Hemijski sastav %: Obavezni sadržaj Cu	Sn	Sb	Dozvoljene nečistoće (najviše) Ag	Bi	Cu	Zn	Fe	Mg	SbSn	As	ukupno drug. elemen.		Osnovne karakteristike i smernice za upotrebu
Rafinisano olovo[1,2] A	EPb 99,9	—	—	—	0,001	0,05	0,05	0,001	0,002	0,001	0,005	0,001	0,01	99,90	Vrlo meko. Za posebne svrhe gde se zahteva veoma mek i plastičan plašt, a može se tolerisati slaba otpornost protiv zamora.
Olovna legura sa bakrom[1] B	EPb Cu	0,03 do 0,05	—	—	0,001	0,10	—	0,001	0,002	0,001	0,005	0,001	0,01		Vrlo meka. Za opštu upotr. Ima veću otpor. protiv zamora, koroz., savij. i vibr. nego rafin. olovo. Preporučuje se za energ. kabl. sa izol. od impr. papira.
Olovna legura sa kalajem i antimonom[2] D	EPb Sn Sb	—	0,35 do 0,45	015 do 025	0,003	0,05	0,05	0,001	0,002	0,001	—	0,001	0,01		Meka. Veoma otpor. protiv zamora, vremen. ne otvrdnjava. Upotreba za izradu plašta brod. kabl.

[1] Poručilac može zahtevati da rafinisano olovo, odnosno olovna legura sa bakrom, sadrži antimona 0,10 do 0,15% i kalaja do 0,02%.

[2] Poručilac može zahtevati da rafinisano olovo, olovna legura sa antimonom i olovna legura sa kalajem i antimonom sadrži bakra do 0,05%.

Olovo i njegove legure za izradu olovnog omotača kablova — prema DIN 17640

Tabela 5

Oznaka	Sastav olovnih omotača kablova: Olovo		Antimon-olovo	Kalaj-olovo	Telur-olovo
	Kb-Pb	Kb-Pb (Sb)	Kb-Pb Sb 0,5	Kb-Pb Sn 2,5	Kb-Pb Te 0,04
1	2	3	4	5	6
Metali za legiranje u %					
Cu	0,03 do 0,05	0,03 do 0,05	0,03 do 0,05	0,03 do 0,05	0,03 do 0,05
Sb	—	0,1 — 0,15	0,5 — 0,1	—	—
Sn		—	—	2,5	—
Te	—	—	—	—	0,0350
Pb	ostatak	ostatak	ostatak	ostatak	ostatak
Dozvoljen sadržaj primesa u %					
Ag	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
As	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

predviđa da se za izradu legura za olovne omotače kablova može upotrebiti samo rafinisano olovo dobijemo iz ruda redukcijom i rafinacijom. Posebno se zabranjuje korišćenje olova koje se dobija pretapanjem. Za energetske kablove razlikuju se tri vrste olova, tj. olovnih legura. Iz tabele IV se vidi da se može zahtevati u cilju povećanja otpornosti na vibracije upotreba olovne legure s bakrom »B«, sa dodatkom antimona (0,10 do 0,15%) i kalaja (do 0,02%).

U SR Nemačkoj se za izradu olovnog omotača kablova koristi olovo i njegove legure rađene prema normama DIN. Za normalne slučajeve pripreme, pri polaganju u rovove, gdje se ne očekuju vibracije, koristi se tzv. normalno olovo za kablove oznaka Kb—Pb i Kb—Pb(Sb). Za njihovu proizvodnju se koristi topioničko olovo čistoće 99,94% [2]. Kružna kristalna struktura olova se izbegava dodatkom 0,03 do 0,05% bakra. Da bi se sprečila spontana pojava sitnih pukotina na olovu njemu se takođe dodaje i antimon. Ako je kabl izložen jačim potresima, na primer na mostovima, ispod prometnih autoputeva i sl. mogu se za proizvodnju njegovog omotača, prema DIN 17640, koristiti tri legure olova. Poznati koncern »Simens« za te slučajeve koristi u proizvodnji svojih kablova tzv. leguru olovo-telur [4]. Sastavi pojedinih legura olova, prema DIN 17640, dati su u tablici V. Za olovni omotač oznake Kb-Pb može se koristiti sadržaj kalija do 0,05%. U nekim slučajevima se dozvoljava za olovni omotač oznake Kb-Pb(Sb) i za legure olovnog omotača oznaka Kb-Pb Sb 0,5, Kb-Pb Sn 2,5 i Kb-Pb Te 0,04, da se odustane od legiranja bakrom.

Legura oznake Kb-PbSn 2,5 se uglavnom više ne koristi, jer i pored veće cene svoje proizvodnje ne nudi bolja svojstva.

U Velikoj Britaniji sastav legura otpornih na vibracije regulisan je standardom — B.S.801: 1953 (British Standard). U novije vreme iz ekonomsko-proizvodnih razloga koriste uglavnom dve legure oznaka B i E, mada je standardom predviđeno 5 legura. U tabeli VI dat je sastav »čistog« olova i olovnih legura B i E [5].

U SSSR-u se za kablove koji se koriste za normalne uslove bez postojanja vibracija koristi olovni omotač oznake C-3 (sadrži čistog olova ne manje od 99,95% i primesa magnezijuma, arsenika i gvožđa ne više od 0,01%). Kablovi s ovakvim omotačem moraju biti zaštićeni čeličnim trakama ili žicama, jer pri mehaničkim naprezanjima kabla dolazi do hladnog tečenja olova. Ova vrsta olovnog omotača nije otporna na vibracije i toplotna naprezanja, te se na njemu javljaju pukotine. U cilju povećanja otpornosti olovnog omotača na vibracije olovu se dodaje antimon. Kod uljnih kablova i kablova pod pritiskom da bi se otklonilo hladno tečenje olova dodaje se 0,08% bakra. Kalaj u sadržaju od 0,06—0,12% dodaje se da bi se postigla ravnomerna raspodela bakra u olovu. Preporukama MЭK predviđa se za proizvodnju olovnih omotača kablova pet vrsta legura [2]:

Olovo i njegove legure za izradu olovnog omotača kablova — prema B. S. 801. 1953.

Tabela 6

	Materijal	Sastav u % težine: Sb		Sn		Cd		Te	Ag	Cu	Bi	Zn	Ostalo	Pb
		min	max	min	max	min	max	max	max	max	max	max		
Olovo	Olovo	—	0,15	—	0,1	—	—	0,005	0,005	0,06	0,05	0,002	<0,01[1]	99,8
Legura B	0,85% Sb	0,85	0,95	—	0,01	—	—	0,005	0,005	0,06	0,05	0,002	<0,01[1]	Ostatak
Legura E	0,4% Sn													
	0,2% Sb	0,15	0,25	0,35	0,45	—	—	0,005	0,005	0,06	0,05	0,002	<0,01	Ostatak

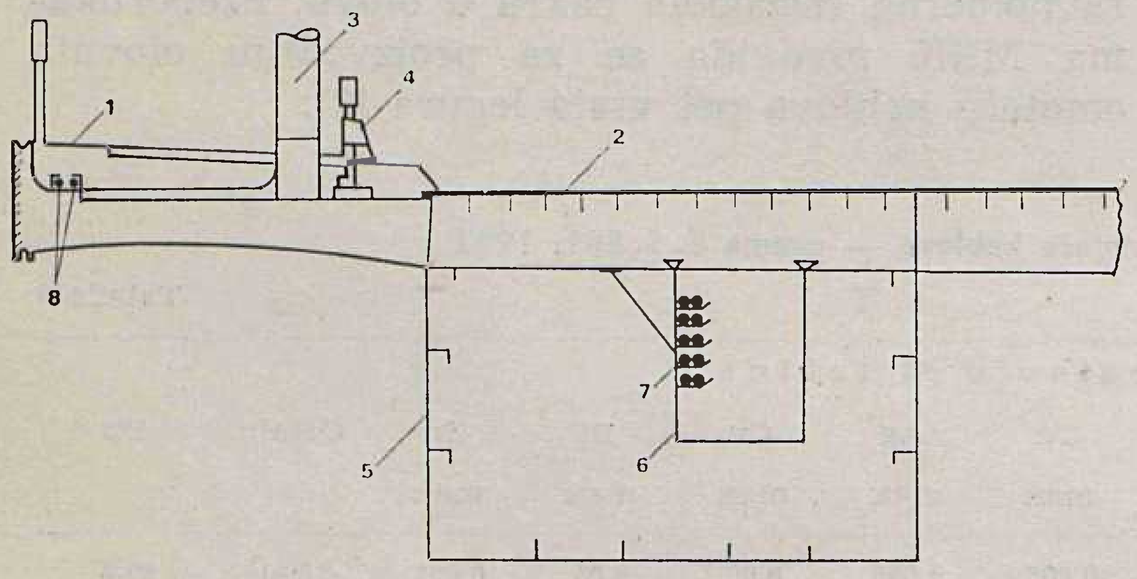
[1] Uključivo i kadmijum

— s dodatkom 1,8 do 2,2% kalija,
— s dodatkom 0,7 do 0,95% antimona,
— s dodatkom 0,15 do 0,25% antimona i 0,35 do 0,45% kalija,
— s dodatkom 0,35 do 0,45 kalija i 0,12 do 0,18 kadmijuma i
— s dodatkom 0,035 do 0,09% telura.

U SAD je vrlo rasprostranjeno korišćenje olovne legure za omotače kablova sa dodatkom 0,15% srebra, 0,1% kalija, 0,1% bizmuta ili legure olova sa 0,1 do 0,17% srebra, 0,1% kalija i 0,04 do 0,06% bakra. Za omotače kablova s papirnom izolacijom, gumenom izolacijom, gasne i uljne kablove primjenjuje se olovni omotač s dodatkom 0,006% bakra. Za povećanje otpornosti olovnog omotača kabla na vibracije olovu se dodaje 0,18 do 0,20% srebra, 0,13 do 0,14% kalaja, 0,06 do 0,08% bizmuta i 0,07 do 0,10% telura. Za energetske kablove koji se polažu nadzemno primenjuje se legura s dodatkom do 0,1% antimona [2].

Iskustva u preduzeću »Elektrodistribucija — Beograd«

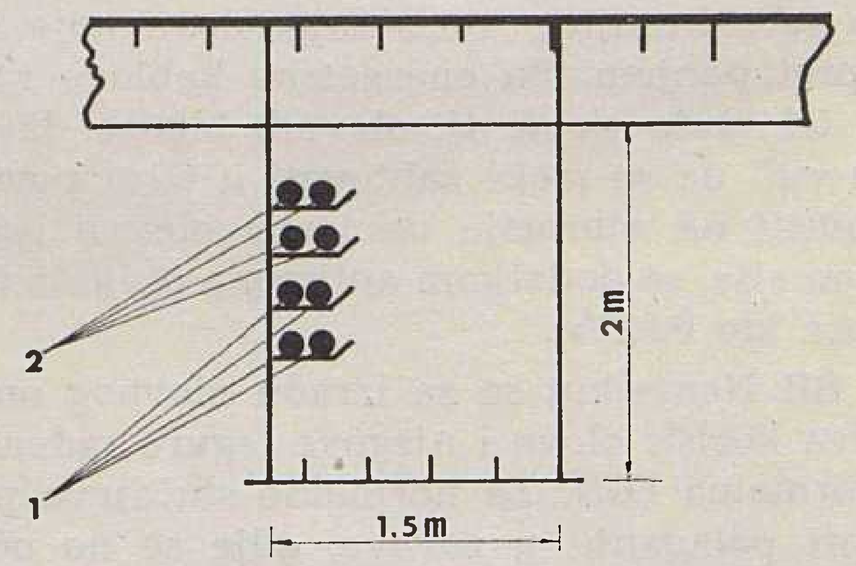
Na teritoriji preduzeća »Elektrodistribucija — Beograd« za premošćenje reke Save i Dunava energetskim kablovima korišćeni su uglavnom drumski, drumsko-železnički i železnički mostovi. Za tu svrhu su upotrebljeni kablovi klasičnih konstrukcija koji se koriste i za polaganje u rovove. Položeni su preko mostova 35 kV kablovi tipa IPZO 13 3×95 mm² koji spajaju napojne TS 110/35 kV i TS 35/10 kV na obe strane reka. Takođe su korišćeni i 10 kV kablovi klasične konstrukcije tipa IPO 13. Za osvetljenje mostova polagani su klasični kablovi IPO 13, 1 kV a i kablovi izolovani PVC-om (Po 13). Na drumskim mostovima oštećenja olovnih omotača kablova nastalih usled vibracije i potresa nisu konstantovana. Međutim, u slučajevima gde su kablovi položeni u tzv. kutije i gde nije ostvarena ni prirodna, ni prinudna ventilacija vazduha javili su se problemi usled pregrevanja kablova. Tako se pretpostavlja da u tim »kutijama« temperatura vazduha može dostići temperaturu od oko 50°C. U tom slučaju sunčevim zračenjem zagrejane površine mosta zrače toplotu i zagrevaju ambijent-vazduh koji okružuje kablove. Na sl. 3. dat je jedan primer postavljanja energetskih kablova na regalima terase koja je smeštena u »kutiju« (sanduk) mosta. Ventilacija u »kutiji« je nedovoljna tako da se pri montaži kablova i eventualnim popravkama mora ventilatorima velikih snaga ubacivati svež vazduh kako bi se omogućio rad montažnim ekipama. Međutim, postoje u pogonu još ozbiljniji problemi, jer se ne može pri takvim temperaturnim uslovima računati na potpuno iskorišćenje kapaciteta kablova. To se očigledno vidi iz sledećeg primera.



Sl. 3. Energetski kablovi položeni u čelične »kutije« (sanduk) mosta na nosećim terasama
1 — Pešačka staza; 2 — Kolovoz; 3 — Stub el. osvetljenja; 4 — Odbojnik; 5 — »Kutija«; 6 — Noseća terasa; 7 — Kablovi na regalima; 8 — Kablovi el. osvetljenja.

Primer

Posmatrajmo kanal — čeličnu »kutiju« mosta (sl. 4.) koja praktično nema nikakvu ventilaciju. Pretpodstavimo da u »kutiji« mosta vlada tempe-



Sl. 4. Neventilisani kanal — čelična kutija mosta — za kablove
1 — Kablovi IPZO 13 3×95 mm², 35 kV; 2 — Kablovi IPO 13 3×95 mm², 10 kV. (nosači — pregrade su razmaknute jedna od druge oko 30 cm, a kablovi među sobom za prečnik kabla).

ratura od 30°C. Na bočnoj strani takvog kanala položeno je na 4 rešetkasta nosača 8 kablova i to:

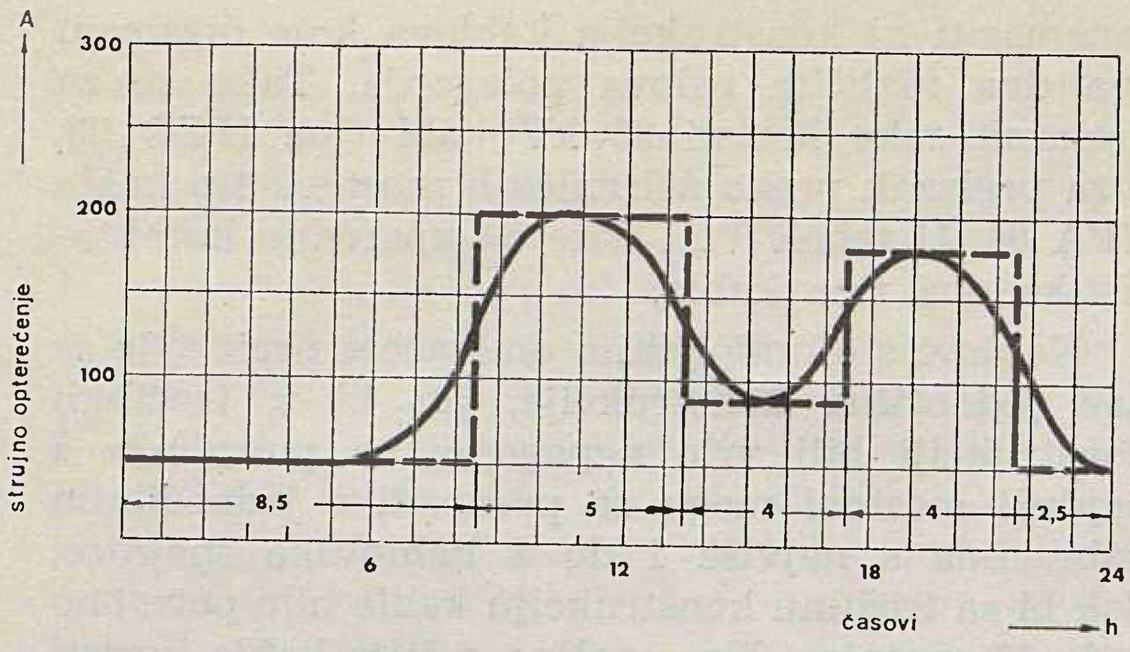
— 4 kabla IPZO 13 3×95 mm², 35 kV i
— 4 kabla IPO 13 3×95 mm², 10 kV.

Osnovni podaci o kablovima sređeni su u tabeli VII.

Tabela 7

Karakteristike kablova	Tip kabla IPZO 13 3×95 mm² 35 kV	Tip kabla IPO 13 3×95 mm² 10 kV
Broj kablova	4	4
Dozvoljeno strujno opterećenje u A		
— u zemlji	240	255
— u vazduhu	340	235
Gubici kad je kabl položen u zemlju W/m	39	45
Faktor korekcije za temperaturu vazduha 40°C K_{40}	0,82	0,82
Faktor korekcije za polaganje kablova na nosače - pregrade K_R	0,85	0,85

Pretpostavimo da je opterećenje kablova dato krivom u sl. 5. Vremenska konstanta prostorije u poređenju s konstantom kabla je vrlo velika. Stoga



Sl. 5. Dijagram opterećenja kablova položenih u kanal

——— stvarni dijagram opterećenja
— — — aproksimativni dijagram opterećenja

se zagrejavanje kanala može računati na osnovu srednje vrednosti struje:

$$I_s^2(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)^2 = I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + I_4^2 t_4$$

$$I_s = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + I_4^2 t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}} =$$

$$= \sqrt{\frac{50^2 \cdot 11 + 200^2 \cdot 5 + 90^2 \cdot 4 + 180^2 \cdot 4}{24}} = 127\ A$$

Kako su gubici u kablu direktno proporcionalni kvadratu struje može se pisati:

$$\frac{W_s}{W_n} = \left(\frac{I_s}{I_e}\right)^2, \text{ gde je:}$$

I_n — dozvoljena struja kabla položenog pri normalnim uslovima u zemlju;
W_n — toplotni gubici u kablu pri prolasku struje I_n;
W_s — toplotni gubici u kablu pri prolasku struje I_s.

Za kabl IPZO 13 3×95 mm², 35 kV toplotni gubici iznose:

$$W_{s35} = 39 \cdot \left(\frac{127}{240}\right)^2 = 11\ W/m$$

Uz pretpodstavku da su i 10 kV kablovi opterećeni strujom prema sl. 5. može se pisati:

$$W_{S10} = 45 \left(\frac{127}{255}\right) = 22{,}5\ W/m$$

Zbir gubitaka svih kablova iznosi:

$$W_s = 4W_{S35} + 4W_{S10} = 4 \cdot 11 + 4 \cdot 22{,}5 \approx$$
$$\approx 134\ W/m$$

Iz nomograma [Lit. 4, str. 231] se dobija da je porast temperature kanala oko 10°C. Tako će temperatura vazduha u kanalu iznositi:

$$30 + 10 = 40^0C$$

Uzimajući da su kablovi postavljeni na nosače — pregrade koje ne dozvoljavaju kretanje vazduha a da je temperatura vazduha 40°C dobija se faktor korekcije:

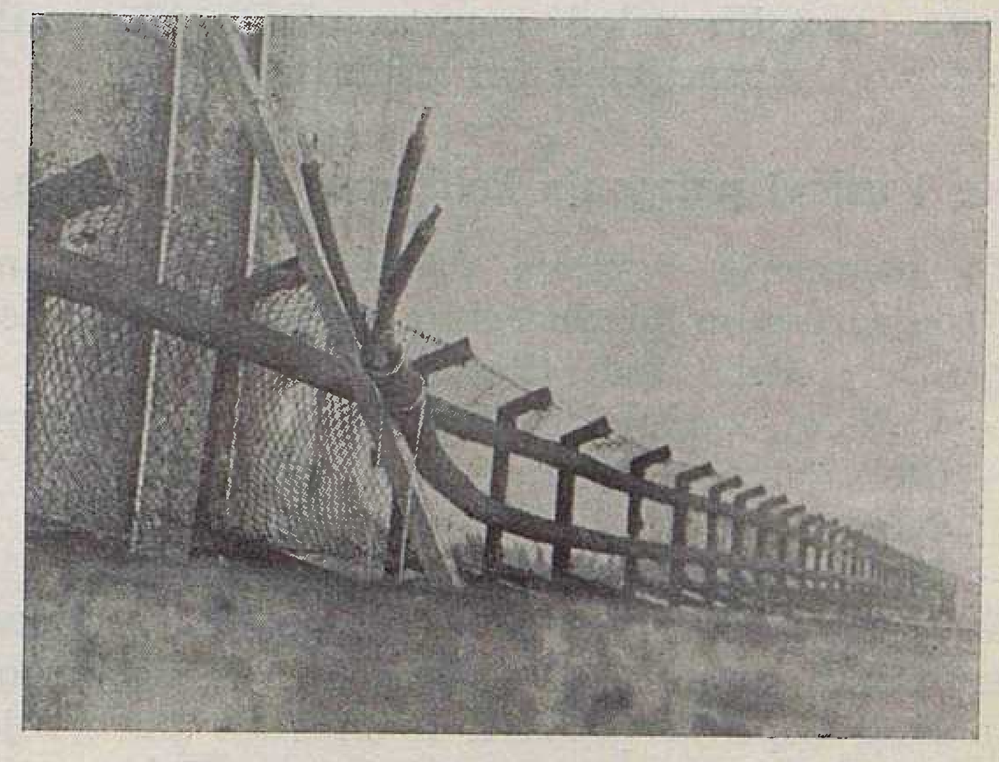
$$K = K_R \cdot R_{40} = 0{,}82 \cdot 0{,}85 = 0{,}70$$

Dozvoljeno strujno opterećenje kablova onda iznosi:

$$I_{D10} = K \cdot I_{DV10} = 0{,}7 \cdot 235 = 165\ A \angle 200\ A;$$
$$I_{D35} = KI_{DV35} = 0{,}7 \cdot 230 = 160\ A \angle 200\ A.$$

Na osnovu ovoga proizlazi da kanal treba ventilisati prirodnom cirkulacijom vazduha ili prinudnim — što se proračunom pokaže kao moguće i najcelishodnije [4].

Na železničkom mostu preko Save, kako nisu bili predviđeni pri projektovanju mosta posebni regali, 2 kabla 35 kV IPZO 13 3×95 mm² položeni su na dograđene nosače bočno postavljene na most. Kako se vidi iz sl. 6. kablovi su nezaštićeni od sunčevih radijacija, postavljeni na poprečne



Sl. 6. Kablovi IPZO 13 3 × 95 mm², 35 kV položeni na nosače bočno postavljene na železnički most

nosače tako da se kablovi punom težinom oslanjaju na njih. Na kablu koji je položen pre oko 10 god. počele su se pre 2—3 godine javljati na olovnim omotačima pukotine — lomovi. Početkom 1972. god. su konstatovane na njemu brojne deformacije i pukotine što je prouzrokovalo električni proboj i ispad kabla iz pogona. Na sl. 7. dat je izgled jedne žile tog kabla, i na njoj su jasno vidljive deformacije i pukotine na olovnom omotaču.



Sl. 7. Oštećeni olovni omotač jedne žile kabla IPZO 13 3 × 95 mm², 35 kV izazvan vibracijama i potresima pri prolasku vozova preko mosta.

Učestali prolasci vozova preko ovog mosta doveli su do zamora olovnog materijala kabla što je imalo za posledicu stvaranje površinskih deformacija u obliku nabubrelih prstenova i pukotina — lomova.

Na drumskom mostu preko Save kablovi su položeni po prohodnoj terasi ispod konstrukcije mosta tako da je ostvarena dobra cirkulacija vazduha i zaštita od neposrednog zračenja sunca. Na ovom mostu do sada nisu konstatovana oštećenja na olovnim omotačima kablova.

Na drumsko-železničkom mostu preko Dunava do sad je konstatovano više kvarova na kablovima što se pripisuje oštećenju olovnih omotača kablova nastalih usled zamora olova izazvanih potresima i vibracijama pri prolazu vozova.

Izbor i uslovi polaganja kablova preko mostova

Za polaganje kablova preko mostova našim elektroprivrednim preduzećima sada stoje na raspolaganje sledeći tipovi kablova:

— klasični kablovi s aluminijskim omotačem,
— elektrizirani kablovi izolovani PVC, PE i XPE i
— klasični kablovi s olovnim omotačem.

Međutim, pre odluke da se jedan kablovski vod položi preko mosta treba uporedo s ekonomsko-tehničkog aspekta proučiti mogućnost polaganja kabla i preko reke. Na tu odluku svakako utiče visoka cena polaganja kabla na dno reke, kao dužina kablovskog voda koja je obično kraća no kad se kablovska trasa usmerava u pravcu mosta preko koga ga treba polagati. Takođe se ne može zanemariti ni konstrukcija kablova koje diktiraju ova dva različita uslova polaganja. Tako se za prelazak reke koristi 35 kV kabl tipa IPZO 23, a za prelazak preko železničkih mostova tip kabla NPA 04. U tabeli VIII date su uporedne karakteristike oba tipa kabla.

Tabela 8

Karakteristike	Tip kabla NPA 04	Tip kabla IPZO 23
Provodnik	Cu	Cu
Impregnacija	Papir impregnisan u naročitom kompaundu	Papir impregnisan u normalnom kompaundu
Plašt	Bešavna Al-cev	Bešavna Pb cev za svaku žilu
Spoljna zaštita	Bitumenski premaz, dve PVC trake i PVC plašt	Pocinkovane čelične žile sa slojem impregnisane jute i bitumenskim premazom
Broj žila	1	3
Presek provodnika mm²	95	95
Spoljni prečnik kabla mm	36,6	85,8
Težina kg/km	2,260	17,120
Dužina kabla na bubnju m	1000	250
Strujno opterećenje A	Raspored u trouglu u vazduhu, pri 30°C: 265	Položen u zemlju, spec. topl. otpor zemlje 100°C om/W: 240; u vazduhu, pri 30°C: 230
Jednosekundna struja kratkog spoja kA	11	11
Faktor dielektričnih gubitaka na 20°C, pri nominalnom naponu — max	0,012	0,009

Kablovi s aluminijskim omotačem proizvode se kao jednožilna konstrukcija, jer bi u trožilnoj konstrukciji bili vrlo nepogodni za polaganje. I najduži mostovi mogu se prenositi s jednožilnim kablovima s najviše 1 do 2 kablovske spojnice, dok bi za trožilnu konstrukciju kabla bilo potrebno 7 do 11 spojnica. Kao spoljna zaštita kabla koristi se polivinil-hlorid ili polietilen koji predstavljaju odličnu zaštitu aluminijskom omotaču od korozivnog uticaja sredine. Ako se očekuje da kablovi budu izloženi većem toplotnom zagrevanju usled sunčevih radijacija preporučljivo je za impregnaciju papira koristiti gušći uljni kompaund. Ovi kablovi su poznati kao kablovi »NON-DRAINING«, a prema JUS standardu označavaju se oznakom N (naročito izolovan). Dobre osobine jednožilnog kabla s aluminijskim omotačem tipa NPA 04 za polaganje preko mostova su:

Uporedni pregled karakteristika kablova 35 kV NPA 04 1 × 95 mm² (za polaganje preko železničkih mostova) i IPZO 23 3 × 95 mm² (za polaganje preko reke)

— aluminijumski omotač je sasvim neosetljiv na potrese i vibracije izazvane i najgušćim železničkim saobraćajem na mostu;
— lako se nastavlja na kabl klasične konstrukcije IPZO 13 koji se obično kod nas polaže u rov;
— lako se polaže preko mosta jer je 6 puta lakši od trožilnog kabla IPZO 13.
— strujna opteretljivost mu je veća za oko 10% no trožilnog kabla IPZO 13.

Ove jednožilne kablove treba polagati u trougao jer se time postiže ušteda u prostoru na mostu, a i dozvoljeno strujno opterećenje je nešto veće no pri polaganju kablova u ravni. Primena ukrštanja metalnih omotača kablova (tzv. »cross bonding«) upotrebom specijalnih izolacionih spojnica, iako se time postižu veća strujna opterećenja, nije preporučljivo zbog potrebnog prostora za postavljanje većeg broja spojnica.

Ekranizirani kablovi izolovani polivinil-hloridom, polietilenom i mrežnim polietilenom vrlo su pogodni za polaganje preko mostova jer se kod njih uopšte ne postavlja pitanje zamora materijala koji bi mogle nastati pod dejstvom vibracija i potresa. Obično se proizvode u jednožilnoj konstrukciji, što omogućuje njihovo lako polaganje. Poznatiji su sledeći tipovi ovih kablova: PP 48, PE 48 i XPE 48. Kabl PP 48 obično se koristi za napone do 10 kV, a kablovi izolovani polietilenom PE 48 i umreženim polietilenom XPE 48 za napone 35 kV [9]. Prepreka za njihovu upotrebu je u tome što kod nas nije razrađen pribor za spajanje s trožilnim kablovima klasične konstruk-

cije. Također su nešto skuplji od kablova klasične konstrukcije.

Kablovi klasične konstrukcije IPO 13, IPZO 13 i sl. kao što je navedeno u prethodnoj glavi ovog članka nisu pogodni za polaganje preko železničkih mostova zbog pojave lomova na olovnom omotaču. Međutim, dosadašnja iskustva su pokazala da se ove konstrukcije kablova mogu koristiti za polaganje preko drumskih mostova. U ovom slučaju za izradu olovnog omotača kabla treba koristiti olovnu leguru s bakrom, tzv. leguru »B« prema JUS C.El.040. Naručilac kablova ako želi povećanu otpornost olovnog omotača kabla na vibracije i potrese može zahtevati od proizvođača kablova leguru »B« s primesom antimona od 0,1 do 0,15% i kalaja do 0,02%.

Našim propisima nisu regulisani uslovi za polaganje kablova preko mostova, pa će biti korisno da se navedu. Važno je još jedamput istaći što je i praksa u nekim zemljama [10] da se za polaganje preko železničkih mostova preporučuje upotreba kablova s aluminijskim omotačem.

Na osnovu dosadašnjeg izlaganja i iskustva mogla bi se dati sledeća pravila — preporuke za polaganje kablova preko mostova:

— po pravilu kablovi se polažu preko mosta u delu gde se ne očekuju investicije (prepravke i održavanje mosta, železničkog koloseka i sl.);

— položen kabl preko mosta mora biti pristupačan bez korišćenja naročite opreme, korpi i sl.;

— kad se kabl polaže u cevima i kanalima mora biti obezbeđeno dobro ventilisanje i izbegnuta mogućnost skupljanja ili proticanja vode;

— kablovi koji su položeni otvoreno na mostu i izloženi dejstvu sunca duže vreme treba da su zaštićeni od zračenja sunca;

— po pravilu, s kablova treba skinuti jutanu traku a posle čišćenja izvršiti farbanje lakom koji ne pomaže gorenje;

— na delovima mosta koji nisu pristupačni prolaznicima dozvoljava se otvoreno polaganje kablova (ukoliko nisu izloženi dugotrajnijem zračenju sunca);

— kablovi treba da su međusobno razmaknuti. Međusobno rastojanje kablova 1 kV treba da iznosi 7 cm. Rastojanje kablova višeg napona među sobom i prema kablovima 1 kV treba da iznosi 10 cm. Kablovi 1 kV i kablovi višeg napona treba da su razdvojeni pogodnom konstrukcijom ili materijalom;

— pri prelasku kablova s metalne konstrukcije na betonske stubove mosta treba obezbediti potrebnu dužinu kablova da ne bi došlo do naprezanja kablova pri dilataciji konstrukcije mosta;

— kablovske spojnice, po pravilu, ne treba postavljati — montirati na mostove. Njih treba postaviti na 15—20 m od mosta i njegovih delova koji su izloženi vibracijama. Ako se zbog dužine mosta mora montirati kabl. spojnica na mostu, onda treba za nju predvideti specijalni prostor — konstrukciju;

— silazak kabla s mosta treba izvoditi u šahtu u nasipu mosta u koji se ostavlja potrebna rezerva kabla da ne bi došlo do naprezanja kabla pri dilataciji konstrukcije mosta;

— u slučajevima kad se kabl polaže po nepristupačnim delovima mosta, moraju biti predviđeni pomoćni uređaji, držači i sl. za pristup do njega;

— kabl se ne sme zazidati na mostu;

— jednolične kablove trofaznog naizmeničnog sistema nije dozvoljeno pojedinačno polagati u čelične cevi ili ih pak pojedinačno učvršćivati držačima od magnetnog materijala.

— jednožilni kablovi kada se polažu u trougao, treba da su dobro učvršćeni da pri kratkim vezama i prolasku vozova ne bi došlo do njihovog razdvajanja i pomeranja. Kad se kablovi postavljaju na konzole-nosače onda ih treba odvojiti od konzole postojanim elastičnim materijalom (na primer: neoprenska guma) kako usled vibracija ne bi došlo do oštećenja plašta kabla;

— rastojanje konzola — mesta pričvršćenja kabla treba da bude:

— nearmiran kabl: 20 × spoljni prečnik kabla,

— armirani kabl: 30—35 × spoljni prečnik kabla,

— maksimalno rastojanje: 80 cm.

— metalnu kablovsku spojnicu na mostu treba vezati za metalnu konstrukciju mosta.

Literatura

[1] Л. С. Ейльман, М. Б. Кнасиер: »Защита проводов и кабелей от корозии« »Энергиа«, Москва 1971.

[2] Н. И. Бдлоруссов: »Электрические кабели и провода« »Энергиа«, Москва 1971.

[3] DIN 1719; DIN 17640.

[4] Lothar Handhold: »Kabel und Leitungen für Starkstrom« »Siemens«, 1969.

[5] C. C. Barnes: »Power Cables«, »Chapman and Hall Ltd.« 1966.

[6] Olovo i olovne legure za plašteve električnih kablova — JUS C. El. 040, II 1963.

[7] Л. П. Смирнов: »Монтаж кабельных линий« »Энергиа«, Москва 1968.

[8] »Richtlinien für die Kabeltechnik«, VWEW, 1966, Frankfurt am Main.

[9] Tehnička preporuka za izbor i polaganje energetskih kablova u distributivnim mrežama S. R. Srbije 1 kV, 10 kV, 20 kV i 35 kV; br. 3, Oktobar 1972.; Poslovno udruženje elektrodistributivnih preduzeća Srbije — Beograd.

[10] Инструкция по прокладке кабелей нтпряжением до 35 кВ — СН — 85—69, Государственный комитет Совета министров СССР по делам строительства, Москва 1960.

Naslov pisca: Borislav L a l e v i ć, dipl. ing., Beograd

PRIMJENA AUTOMATSKOG UKLJUČENJA REZERVNOG NAPAJANJA KAO MJERA SIGURNOSTI I KVALITETE DOBAVE ELEKTRIČNE ENERGIJE U TURIZMU

Elio Sterpin, Pula

UVOD

Snabdijevanje električnom energijom je jedan od uvjeta za razvoj turizma u našem području.

Zbog važnosti, vrijednosti i osjetljivosti turizma, valja osigurati što veću neprekidnost i kvalitetu dobave električne energije.

U sadašnjoj etapi izgradnje turističkog konzuma, lokacije turističkih objekata koncentrirane su u posebna turistička naselja, čija je električna mreža tako oblikovana i dimenzionirana da se mogu napajati s više strana.

Takva koncepcija mreže omogućuje dvostrano napajanje svakog važnijeg potrošača, pri čemu i rezervni priključak mora biti sposoban da prenese vršno opterećenje potrošača u granicama dozvoljenoga pada napona.

U slučaju ispada redovitog pojnog voda zbog kvara, osigurana je potpuna rezerva napajanja. Time se postiže zadovoljavajuća sigurnost u napajanju i skraćenje vremena trajanja pojedinih prekida.

Više nije potrebno sačekati popravke kvara. Sve se sada svodi na vrijeme koje je ekipi potrebno, da bi izvršila prebacivanja.

Međutim, za potrošače takve vrste, kao što je turizan, i taj je prekid suviše dug, jer traje onoliko koliko i sama intervencija.

Osim toga i nakon što je pogreška otklonjena potrebno je ponovo izvršiti manevar da bi se postiglo normalno stanje.

Sve je to vrlo nezgodno, naročito u vrhu turističke sezone kad i najmanji prekid električne energije izaziva negodovanje gostiju, pogotovo onih stranih.

Rješenje tog problema leži u primjeni lokalne automatike u distributivnoj mreži.

Primjena lokalne automatike

Uvođenje automatike u distribuciju, električne energije, predstavlja danas neophodnost.

Jedini problem je u iznalaženju najpogodnijih odnosa između obujma primijenjene automatike i ukupnog korisnog efekta koji se time postiže.

Prednost automatike je velika brzina, točnost i sigurnost obavljanja određenih zadataka, kao i jednostavnost konstrukcije.

Od svih njenih vrsta u distributivnim mrežama najpogodniji su za primjenu uređaji za automatsko ponovno uključenje (sporo i brzo) i automatsko uključenje rezervnog napajanja.

Ovo posljednje pruža mogućnost brzog automatskog priključenja s redovitog pojnog voda na rezervni u slučaju, da vod redovitog napajanja ispadne iz pogona zbog kvara ili preopterećenja ili je napon na njegovom kraju prenizak.

Uređaj je vrlo pogodan u čvorovima distributivne mreže gdje nema posade. To su obično transformatorske stanice 35/10 kV i 10/0,4 kV koje imaju mogućnost višestranog napajanja.

Provedba ove mjere zahtijeva upotrebu određenih aparata i uređaja i upravljanje sklopaka tim uređajima.

Uređaj za automatsko uključenje rezervnog napajanja CA 10

U okviru studije »Osnovno rješenje električne mreže na području općina Pula i Rovinj« Instituta za elektroprivredu Zagreb 1970. god., gdje je obrađena i problematika optimalnog napajanja turističkih potrošača spomenut je i uređaj čiji je proizvođač firma Data control iz Milana, njegov naziv je CA 10.

»ELEKTROISTRA«, Pula, nabavila je dva takva uređaja koja još nisu nigdje ugrađena jer je još otvoreno pitanje iznalaženja najpogodnijeg mjesta, kao i financijski udjel zainteresiranih turističkih poduzeća.

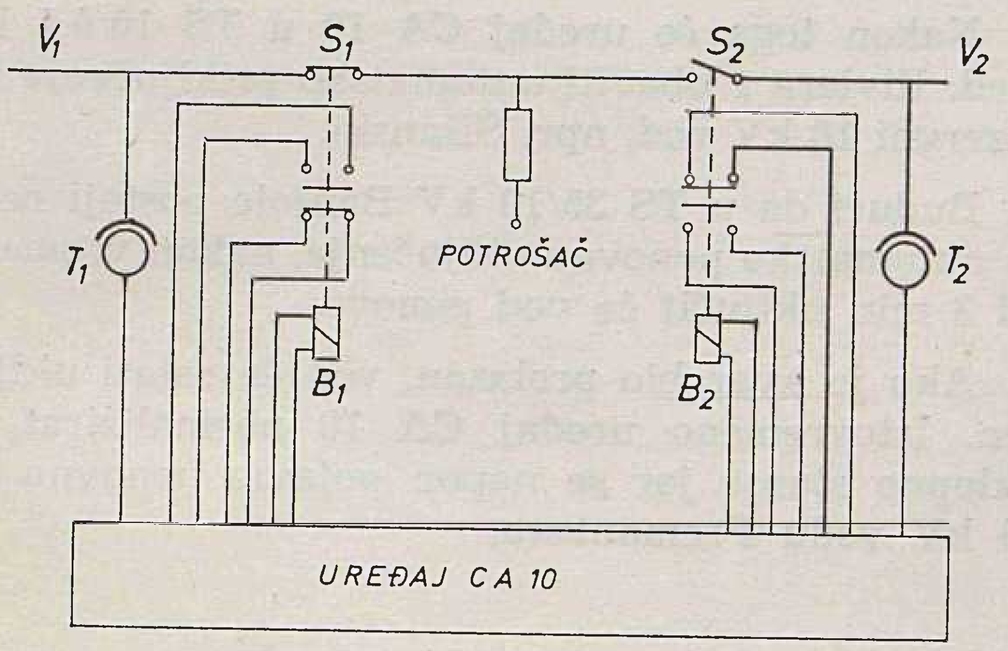
Uređaj CA 10 je potpuno tranzistorski s integriranim krugovima i aktivnim komponentama silicija. Njegove tehničke karakteristike su slijedeće:

— Napajanje	24 V = ±10% + pol spojen
— Potrošnja	na masu
U mirnom stanju	oko 3 W za 24 V =
U radnom stanju	oko 6 W za 24 V =
— Kontakti	2 radna kontakta za svaki izlazni relej
— Trajno dozvoljena struja kontakata	za 24 V = 10 A
— Ulazni napon U_s	Regulira se između 0,4—0,95 nominalne vrijednosti
— Vrijeme zatezanja	2 s
— Vrijeme komutacije	2 s
— Brojač radnih ciklusa	pomoću brojčanika koji broji svaki ciklus

OPIS RADA STATIČKOG UREĐAJA CA 10 (sl. 1)

U_1 i U_2 su naponi na sekundaru mjernih transformatora T1 i T2 vezanih na vodove V_1 i V_2. Prekidači vodova su S_1 i S_2. Preko voda V_1 se obavlja normalno napajanje potrošača, dok vod V_2 služi kao rezerva.

Ako na vodu V_1 nastane napon, aktivira se uređaj CA 10 i poslije određenog vremena se isključuje prekidač S_1, a uključuje prekidač S_2 za rezervno napajanje.



Sl. 1.

Ovakav redoslijed manipulacija je obvezan, jer do prekida napona na vodu V_1 može doći zbog kvara na samom vodu. U slučaju da nakon određenog vremena glavni vod V_1 dobije ponovno normali napon, uređaj automatski isključi rezervvod V_2 i prebaci napajanje ponovno na glavni vod V_1.

U_s je vrijednost ulaznog napona, ispod kojeg djeluje uređaj za prebacivanje. Prebacivanje nije momentano nakon nestanka napona, već s izvjesnim zatezanjem od najmanje 2 sekunde.

Vremensko zatezanje je potrebno zbog eliminiranja nepotrebnog prebacivanja na rezervno napajanje kod prolaznih smetnji na dovodnom vodu, kao i radi elimininiranja uzastopnih uključivanja i isključivanja prekidača snage kod kvarova na sabirnicama postrojenja.

Mogućnost primjene uređaja CA 10 u 10 kV mreži turističkog poduzeća »MEDULINSKA RIVIERA« — Pula

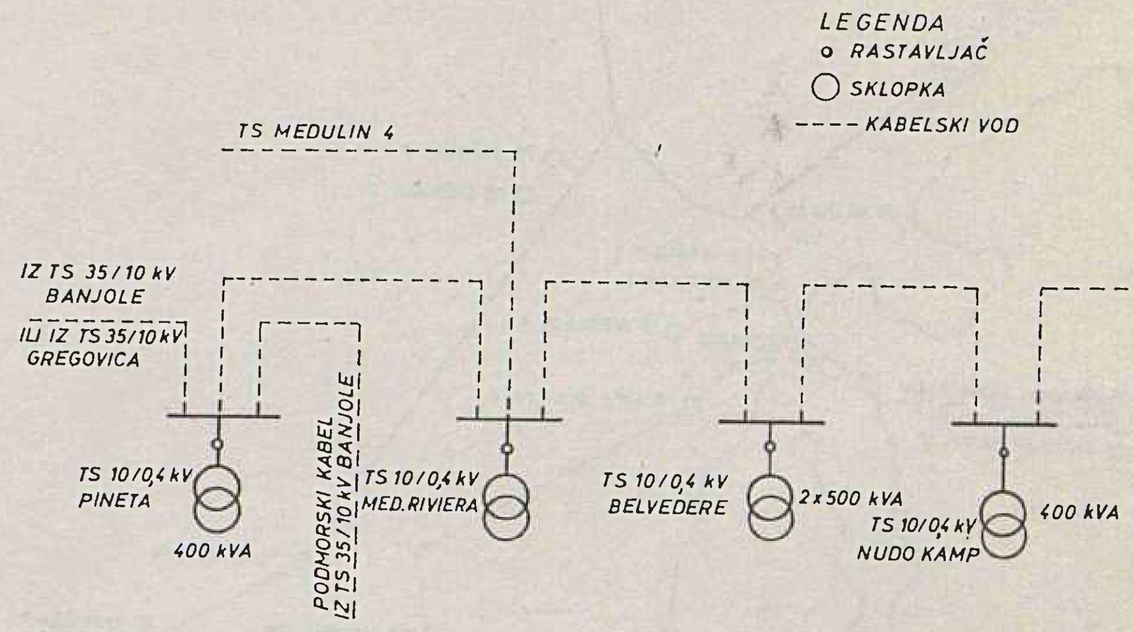
Objekti turističkog poduzeća »MEDULINSKA RIVIERA« prostiru se na krajnjem jugu istarskog poluotoka blizu malog mjesta Medulin.

To je kompleks hotela i autokampova s kapacitetom od nekoliko desetaka tisuća gostiju.

Sezonski karakter konzuma izražen je u relativno visokom opterećenju električne mreže i potrošku električne energije tokom lipnja — rujna, dok su u ostalim mjesecima i opterećenje i potrošnja gotovo beznačajni.

Konfiguracija jednog dijela 10 kV mreže (Sl. 2) pokazuje da je optimalno mjesto ugradnje uređaja za automatsko uključivanje rezerve TS 10/0,4 kV Medulinska Riviera 1.

Ugradnjom uređaja CA 10 u TS 10/0,4 kV Med. Riviera i kompletan bi konzum Medulinske Riviere imao osiguranu 100% rezervu.



Sl. 2.

Normalno napajanje bi se odvijalo novim nadzemnim vodom iz TS 35/10 kV Banjole Sl. 3, koji bi napajao Medulin mjesto i Medulinsku Rivieru. U slučaju kvara na tom vodu čitav ovaj konzum bi bio prebačen na napajanje iz Premanture podmorskim kabelom.

Naime, 35 kV vod TS 35/10 kV Banjole — Premantura bio bi pod 10 kV naponom kao i do sada i napajao bi Premanturu, a napon bi bio prisutan u TS 10/0,4 kV Med. Riviera 1.

Postoji još jedna varijanta, da 10 kV vod Šišan bude također rezerva za Medulin.

Međutim, zbog relativno slabog presjeka (Cu 16 mm²), to dolazi u obzir samo prilikom revizija ili kvara na vodu TS 35/10 kV Banjole — Medulin.

S druge pak strane 10 kV vod Šišan ima tu prednost, što se napaja iz TS 35/10 kV Gregovica. Prema tome i u slučaju kvara na 35 kV postrojenju u TS 35/10 kV Banjole, Medulin bi imao osiguran napon iz Gregovice.

Bilo bi dakle poželjno, da se osigura mogućnost zatvaranja zamke u 10 kV mreži između TS 35/10 kV Banjole i TS 35/10 Gregovica.

Jasan energetski prikaz stanja na području Premanture i Medulina može se vidjeti na Sl. 3.

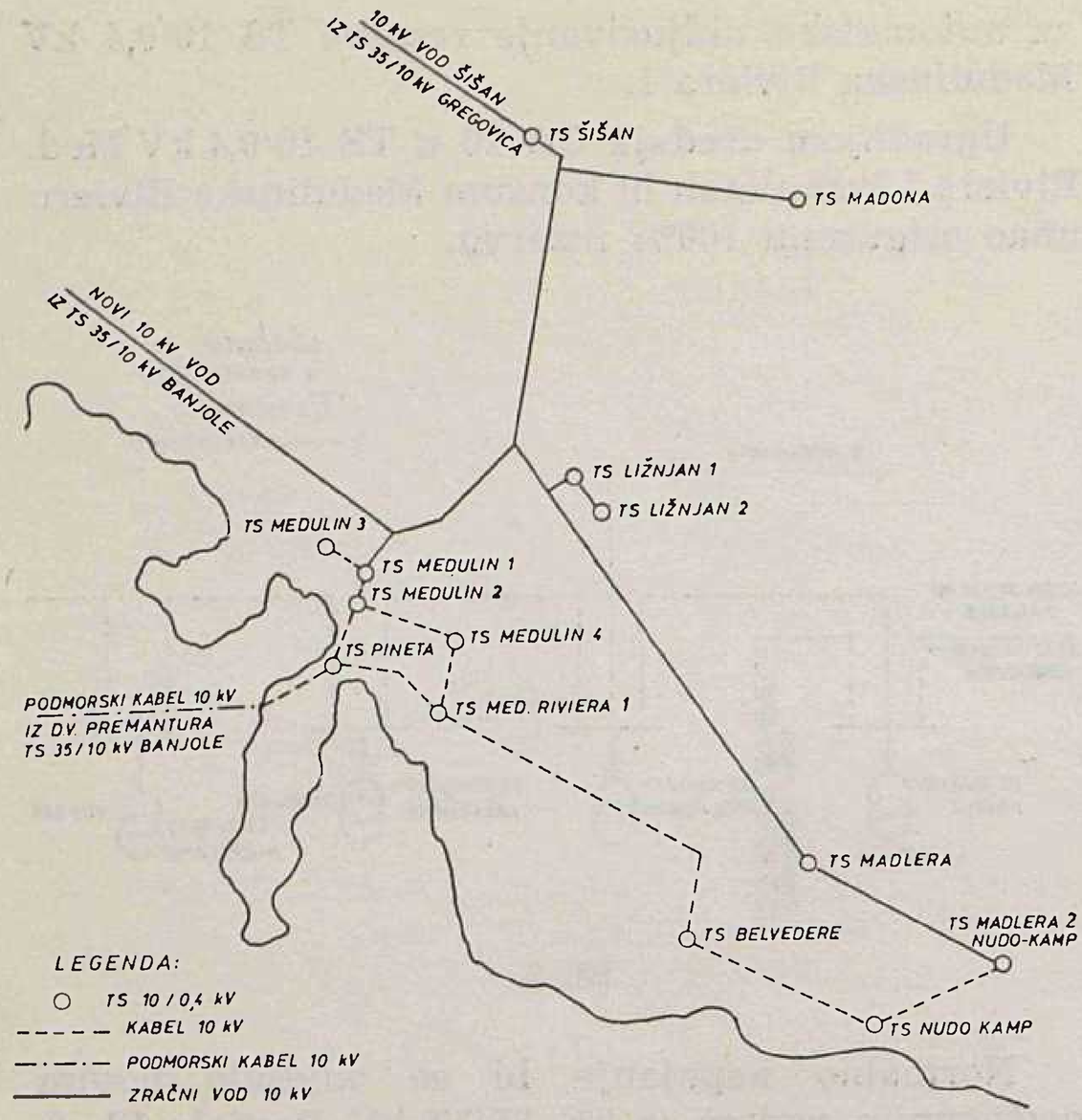
Problem ugradnje uređaja CA 10 u TS 10/0,4 kV »MEDULINSKA RIVIERA« 1

TS 10/0,4 kV Med. Riviera 1 je zidana stanica. Postrojenje 10 kV izvedeno je blindiranim ćelijama TSN Maribor.

To nije dobro s obzirom na montažu dodatnih aparata i uređaja potrebnih za efikasan rad uređaja za automatsko uključivanje rezervnog napajanja.

Prema tome je potrebno izvršiti temeljitu rekonstrukciju i ugraditi nove aparate:

1. Sklopke M12 — 16 — 8 »RK« na vodovima V_1, V_2, motorni pogoni sklopki, bili bi za izmje-



Sl. 3.

ničnu struju i napajali bi se iz distributivnog transformatora u samoj stanici. Pogonski mehanizam prekidača M12 — 16 — 8 u slučaju nestanka napona sposoban je da obavi ove operacije:

— Prekidač isklopljen pera napeta!
uklop — isklop

— Prekidač uklopljene pera napeta!
isklop — uklop — isklop

Time je osigurano prekapčanje i u slučaju da nema napona iz distributnivnog transformatora.

Od ostalih aparata potrebno je slijedeće:

2. Dvopolni naponski transformatori po jedan na svakom vodu koji bi služili za kontrolu napona na vodovima,
3. Rastavljači 10 kV, s noževima za uzemljenje,
4. Obični rastavljači 10 kV,
5. Strujni transformatori za mjerenje i za zaštitu. Montirani na sabirnicama 10 kV, služili bi za zaštitu u slučaju kvara u mreži Medulinske Riviere.
6. Releji za preopterećenje, kratki spoj, zemni spoj.
7. Baterija 24 V = (2 × 12 V) 76 A h
8. Ispravljač 220 V/24 V =
9. Uređaj za automatsko uključenje rezerve CA 10 na posebnu ploču, kao dodatak niskonaponskoj ploči sa stezaljkama i signalnim kabelima.

Nakon rekonstrukcije TS 10/0,4 kV Med. Riviera 1 izgledala bi kao na Sl. 4.

Dimenzije uređaja CA 10 iznose 440 × 480 × × 200 prema tome što se prostora tiče ne bi bilo većih problema.

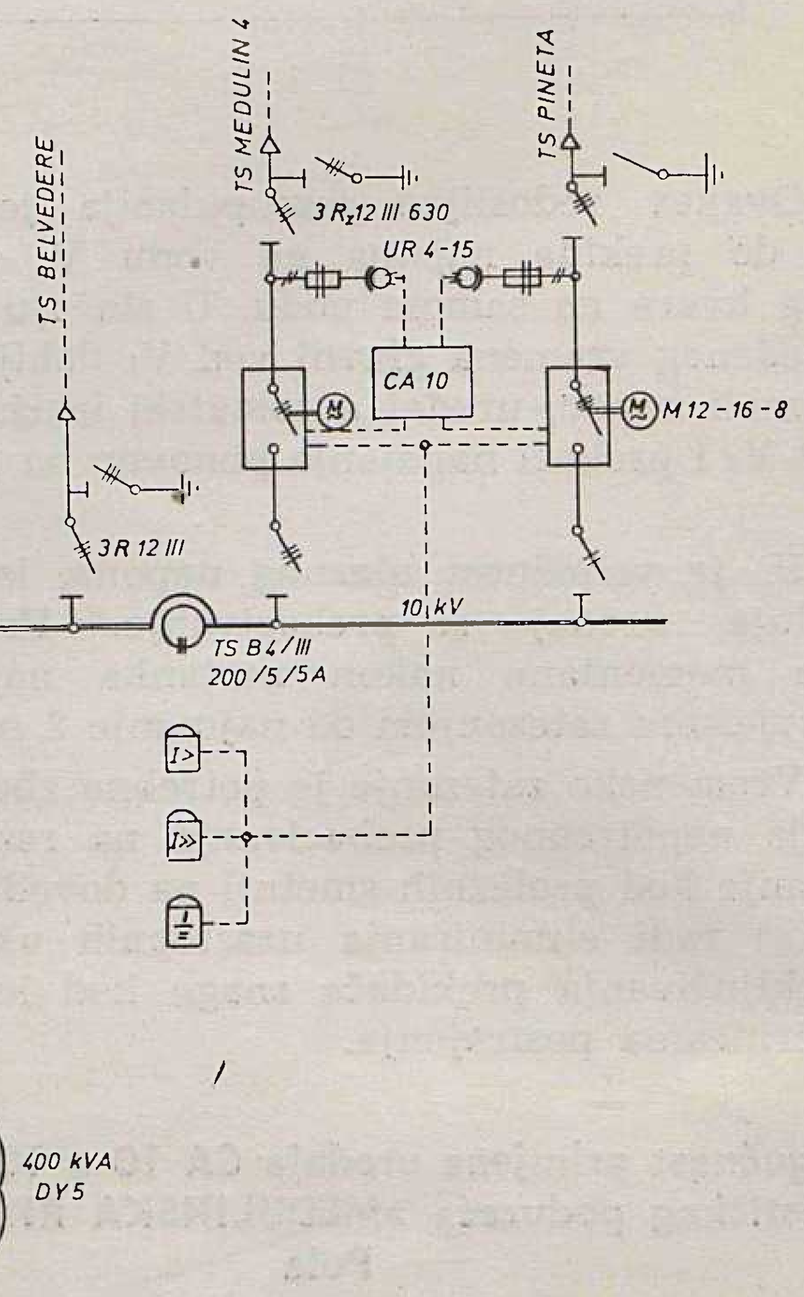
Selektivnost relejne zaštite preduvjet je za uspješan rad cijele automatike.

Imajući to u vidu, valja uskladiti vremena okidanja u TS 10/0,4 kV Med. Riviera 1 sa TS 35/10 kV Banjole i TS 35/10 kV Gregovica. TS 35/10 kV Banjole je bez posade, kompletna je signalizacija preko UKV provedena do TS 35/10 kV Gregovica. Ako pretpostavimo da se na vodu 10 kV Premantura desi kvar prolazne prirode, onda će u TS 35/10 kV Banjole izbaciti V. P. 10 kV Premantura.

Nakon toga će uređaj CA 10 u TS 10/0,4 kV Med. Riviera 1 obaviti automatsko priključenje na rezervni 10 kV vod, npr. Šišanski.

Budući da u TS 35/10 kV Banjole postoji relej za automatsko ponovno uključenje, nakon vremena od 3 min uključit će vod ponovo.

Ako je kvar bio prolazan, vod će ostati uključen. Istovremeno uređaj CA 10 normalizirat će uklopno stanje jer se napon pojavio ponovno na 10 kV vodu Premantura.



Sl. 4.

Zahvaljujući automatici, jedan dio mreže 10 kV voda Premantura imat će beznaponsku stanku od 3 min, a drugi dio, onaj najvažniji, 2 s.

Nije potrebno naglasiti kakve korisne efekte bi sve to imalo u eliminiranju nepotrebnih prekida.

U vezi sa relejnom zaštitom poželjno je zaštititi mrežu od preopterećenja, kratkih spojeva, zemnih spojeva s udešenjem koordiniranim sa pojnim stanicama i primarnom zaštitom transformatora u TS 10/0,4 kV Med. Riviera 1.

Udešenje uređaja CA 10

Nakon montaže i ispitivanja uređaja, valja izvršiti udešenje kako slijedi:

— Odabere se glavni vod za napajanje tako da se preklopka postavi u odgovarajući položaj. To je moguće obaviti lokalno ili daljinski.
— Brojač za registriranje ukupnog broja ciklusa mora biti postavljen na nulu.
U knjigu transformatorske stanice evidentira se broj radnih ciklusa i na taj se način prati ispravnost uređaja.
— U slučaju neuspješne komutacije, odnosno prebacivanja, uređaj emitira alarm u obliku svjetlosnog signala, koji upozorava dežurnu ekipu na neku anomaliju na rezervnom vodu.

Održavanje cijele automatike mora biti točno određeno, naročito u pogledu akumulatorske baterije. Varijacije napona moraju biti minimalne (24 V = ± 10%). U protivnom se dovodi u pitanje pouzdanost rada uređaja. Ispravljač i baterija radili bi u pufer-spoju.

ZAKLJUČAK

Upotreba lokalne automatike u distributivnim mrežama je veoma važan korak za OSIGURANJE pouzdanog napajanja potrošača električnom energijom.

Od svih vrsta uređaja za automatiku najviše izgleda za primjenu u distributivnim mrežama imaju uređaji za automatsko ponovno uključenje, brzo i sporo, i uređaji za automatsko uključenje rezervnog napajanja.

Oni u nekim rutinskim pogonskim operacijama imaju prednost i pred daljinskom komandom s kojom, u krajnjoj liniji, rukuje čovjek sa svim poznatim prednostima i nedostacima.

Uređaj za automatsko uključenje rezervnog napajanja pruža veliku brzinu reagiranja i eliminiranja pogrešaka izazvanih krivim manipulacijama ili manevrima.

Dakle, prednosti lokalne automatike uz relativno mala ulaganja, kao i uz pooštrene zahtjeve potrošača za kvalitetnom energijom i sigurnim napajanjem, vjerojatno će utjecati na njenu širu primjenu.

Povećani interes distribucije za primjenu uređaja za lokalnu automatiku trebalo bi da potiče domaće proizvođače opreme da se više pozabave i problemom automatizacije u distributivnim mrežama.

Na kraju, važno je još spomenuti da se uređaj za automatsko uključenje rezervnog napajanja može koristiti i u ove svrhe:

— automatsko uključenje agregata u slučaju da nestane mrežni napon,
— automatsko sekcioniranje sabirnica,
— automatsko uključenje rezervnog transformatora.

Očito je, da šira mogućnost primjene ovog uređaja opravdava njegovo uvođenje u distribuciju električne energije.

Naslov pisca: Elio Sterpin, dipl. ing.,
»Elektroistra« — Pula

Hidroelektra

GRAĐEVNO PODUZEĆE

ZAGREB, LESKOVAČKA 10, TEL. 512-122

IZVODI SVE VRSTE NISKOGRADNJE I INDUSTRIJSKE GRADNJE

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

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

OGRANIČENJE BUKE TRANSFORMATORA

Kiril A. Tropin, Beograd

Rad obuhvata montažu transformatora, merenje buke, zaštitu rastojanjem, unutrašnje konstrukcije za slabljenje buke u izvoru, ekraniranje transformatora zidovima, te spoljne konstrukcije za ograničenje buke transformatora. Također obuhvata sprečavanje buke uređaja za hlađenje ulja, akustičku kompenzaciju i ima karakter ne samo informacije već i praktičnog uputstva.

DK 621.314.21

1. Dozvoljeni nivo buke transformatora

Prekomerna buka štetno deluje na čovekov organizam, remeti normalan rad, odmor, san. Za razliku od štetnog dejstva na čoveka za vreme rada, dejstvo buke se za vreme odmora oseća u mnogo većoj meri i ima teže posledice, čak i kada nivo buke nije suviše visok.

Srednji nivoi fona šumova izmereni u ponoć prikazuje tabela 1.

Tablica 1.

Područje	Minimalni nivoi okolnog fona šumova izmereni u ponoć bez vetra, dB (A)
Seosko područje bez buke od saobraćaja	25 — 30
Predgrađa sa izvesnom bukom od saobraćaja	35 — 40
Grad ili relativno tiho industrijsko područje	45 — 55

Ako u pogledu transformatora ugrađenih u stambene zgrade ili u njihovoj blizini ne preduzmu specijalne mere radi smanjenja buke, onda transformatori povećavaju buku u toku noći. U ovim slučajevima buka, stvorena transformatorima, mora da se ograniči na vrednost, koja zavisi od konstrukcije transformatorske stanice, rastojanja između transformatora i najbližih zgrada, kao i od okoline, čije osobine često zavise od godišnjeg doba.

Problem smanjenja buke transformatora za poslednjih deset godina dobio je prvorazredni značaj u celom svetu. Nacionalne norme za merenje buke koju stvaraju transformatori postoje u mnogim zemljama i u izvesnom pogledu one su međusobno slične, ali još nema jedinstvenih međunarodnih normi.

Prema normama SR Nemačke dozvoljavaju se nivoi buke navedeni u tabeli 2.

Tablica 2.

Područje	Dozvoljeni nivo buke dB (A)	
	po danu	po noći
Pretežno industrijsko	65	50
Mešovito industrijsko i stambeno	60	45
Pretežno stambeno	55	40
Isključivo stambeno	50	35
Bolnice, sanatorijumi itd.	45	35

Napomena: U merača nivoa zvuka (zvukomera) široko se koriste korekcioni filtri A i skala baždarena u dB (A); tako je izdvojena buka srednjih učestanosti, koja najviše deluje na čovekov sluh.

U Jugoslaviji se do sada nije poklanjala posebna pažnja ovom problemu i nisu ozvaničeni domaći normativi u pogledu dopuštenih nivoa buke transformatora. Međutim, pošto su nedavno izašli pravilnici o tehničkim merama i uslovima za zvučnu zaštitu zgrada i opštim merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama, koji su na savremenom međunarodnom nivou, to treba očekivati da će i budući pravilnik o zaštiti od buke transformatora biti takođe međunarodnog kvaliteta.

Jasno je da zadaci vezani sa projektovanjem niskošumskih transformatora, a isto tako i konstruktivne mere na mestu postavljanja transformatora, zahtevaju naknadne izdatke, ili ne mogu da se zanemare opravdani zahtevi zaštite stanovništva od buke.

Pitanje sprečavanja buke transformatora obuhvaća kompleks zadataka. Ispočetka treba proanalizirati uzroke i izvore transformatorske buke, a posle na osnovu dobivenih podataka odrediti načine smanjenja buke transformatora.

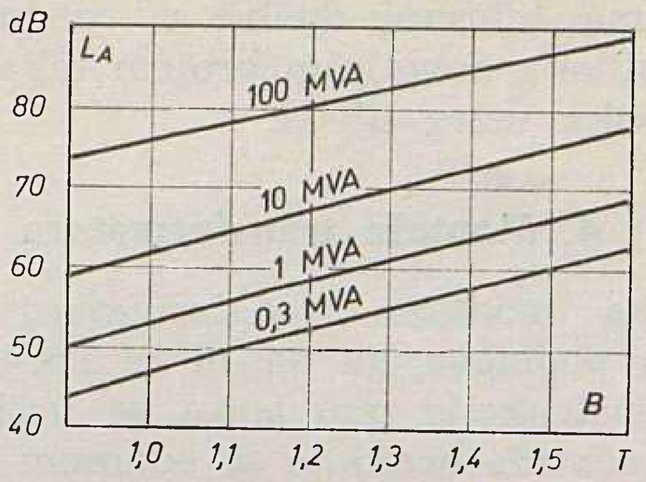
2. Izvori buke

Promenljivo magnetno polje izaziva vibracije u jezgru i jarmovima transformatora. Ako se indukcija u jezgru i jarmovima transformatora ne menja, onda se neće razlikovati buka pri praznom hodu i pri punom opterećenju transformatora. Međutim karakter i vrednost opterećenja transformatora utiču na indukciju u gvožđu i prema tome, na nivo magnetne buke.

U poslednje vreme izvedeno je više eksperimenata i istraživanja radi utvrđivanja zavisnosti buke transformatora od napona i učestanosti. Utvrđeno je da u blizini nazivnog napona nastaje promena nivoa buke za 0,2—0,3 dB pri povećanju napona za 1%, a prema tome i indukcije u jezgru i jarmovima. Ako pri nazivnom naponu U_n nivo buke transformatora iznosi 68 dB, onda će on izneti 72 dB pri naponu 1,2 U_n, 62 dB pri 0,8 U_n, 55 dB pri 0,6 U_n i 46 dB pri 0,4 U_n. Ovi brojevi približno odgovaraju podacima iz sl. 1, u kojoj se navode promene nivoa buke u funkciji indukcije u jezgru transformatora raznih snaga. Treba takođe imati u vidu da se nazivna indukcija menja vrlo malo u širokom opsegu napona.

Vidi: Mjerenje buke transformatora snage, Energija 1964. str. 216 i 284.

Vibracije jezgra i jarmova transformatora stvaraju dve vrste sila između magnetnih polova i magnetostrikcija* jezgra. Sile magnetnih polova



Sl. 1. Zavisnost nivoa buke od indukcije za razne snage transformatora

deluju u međugvožđima u sastavcima limova jezgra. Sile magnetnih polova i magnetostrikcija ne zavise od polariteta magnetne indukcije. Magnetna indukcija stvara vibracije dvostruke učestanosti i njene harmonike. Pri mrežnoj učestanosti 50 Hz jezgro i jarmovi transformatora stvaraće buku učestanosti 100, 200, 300 Hz, itd. Nivo harmonika iznad šestog je zanemarljivo mali.

Postoje tri vrste vibracija jezgra i jarmova transformatora:

1. poprečne vibracije, vibracije savijanja, upravne na ravan.

2. vibracije savijanja u ravni limova jezgra i i jarmova;

3. podužne vibracije u ravni limova jezgra i jarmova.

Poprečne vibracije imaju znatno viši nivo, nego li druge vrste vibracija. Talasni otpor za poprečne vibracije može da bude relativno mali, ali ne samo to, ima uticaja na nivo buke. Mogu da se navedu dva druga važnija razloga: a) rasipanje magnetostrikcije transformatorskih limova; b) sile magnetnih polova poprečnog fluksa, koje se javljaju usled neravnomernosti ili previše velikih dimenzija međugvožđa. Poprečne vibracije ne mogu da preovlađuju s obzirom na dobar kvalitet sklapanja jezgra i jarmova transformatora u savremenoj proizvodnji. Savremeni način slaganja limova sa preklapanjem ograničava delovanje poprečnih vibracija u blizini međugvožđa. Prema tome rasipanje magnetostrikcije transformatorskih limova u celini stvara visoki nivo poprečnih vibracija. Neravnomerna raspodela magnetostrikcija može da nastane zbog neravnomerne raspodele mehaničkih sila pri presovanju i neravnomernoj raspodeli fluksa između transformatorskih limova.

Poznato je da mehanička naprezanja osetno utiču na magnetostrikciju. Neke poboljšane konstrukcije dale su smanjenje buke približno za 10 dB (A). Bila su sprovedena sledeća poboljšanja:

1. izmenjen je oblik sastavaka limova jezgra i jarmova da bi se fluks ravnomernije delio između limova;

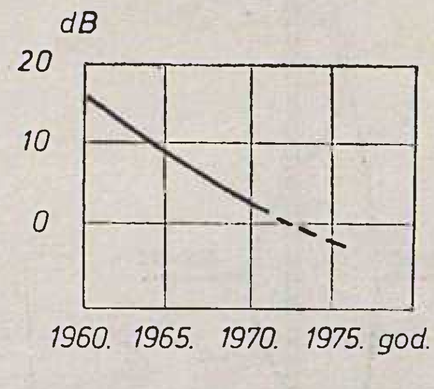
2. Koriste se ravniji (ispravljeni) limovi i primenjuju se bolji načini odgrevanja, čime se postiže smanjenje koncentracije mehaničkih naprezanja usled dejstva sistema presovanja;

3. uvedeno je slaganje limova sa preklapanjem, čime se postiže ravnomernija raspodela mehaničkih sila u jezgrama i jarmovima;

4. stezni vijci zamenjeni su bandažama, čime se postiže manja koncentracija mehaničkih naprezanja.

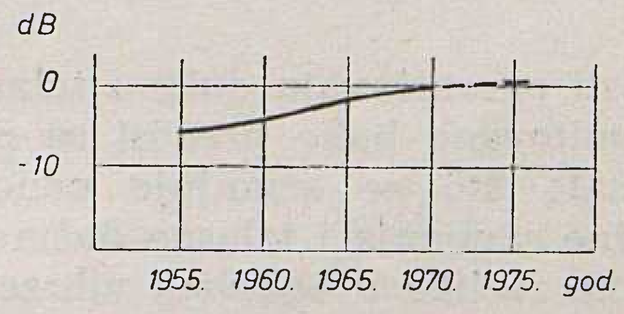
Sem toga za izradu transformatora se koriste materijali male magnetostrikcije, s orijentisanom strukturom zrna i neosetljivi na mehanička naprezanja.

Smanjenje buke transformatora engleske proizvodnje u vremenu od 1960. do 1972. godine bilo je postignuto navedenim merama, i prikazano je na sl. 2. na primeru mrežnog transformatora 60 MVA, 132 kV. Međutim u blok transformatoru i u transformatoru za povećanje napona, čija buka sadrži više harmonike, znatno je teže postići smanjenje nivoa buke.



Sl. 2. Smanjenje nivoa buke mrežnih transformatora 60 MVA, 132 kV izrađenih u Engleskoj za vreme od 1960. do 1972. godine

Isto tako usled poboljšanja kvaliteta jezgra povećanje jedinačne snage transformatora i srednje magnetne indukcije nije osetno povećalo buku transformatora (Sl. 3).



Sl. 3. Nivo buke transformatora manjih snaga, izrađenih u Engleskoj za vreme od 1955. do 1972. godine

U druge izvore buke nestalnog karaktera, koji se sreću naročito kod velikih transformatora, spadaju ventilatori i uljne pumpe, koji se koriste radi forsiranog hlađenja, regulacione sklopke za regulaciju pod opterećenjem i elektrodinamičke sile u namotajima usled opterećenja i asimetrije.

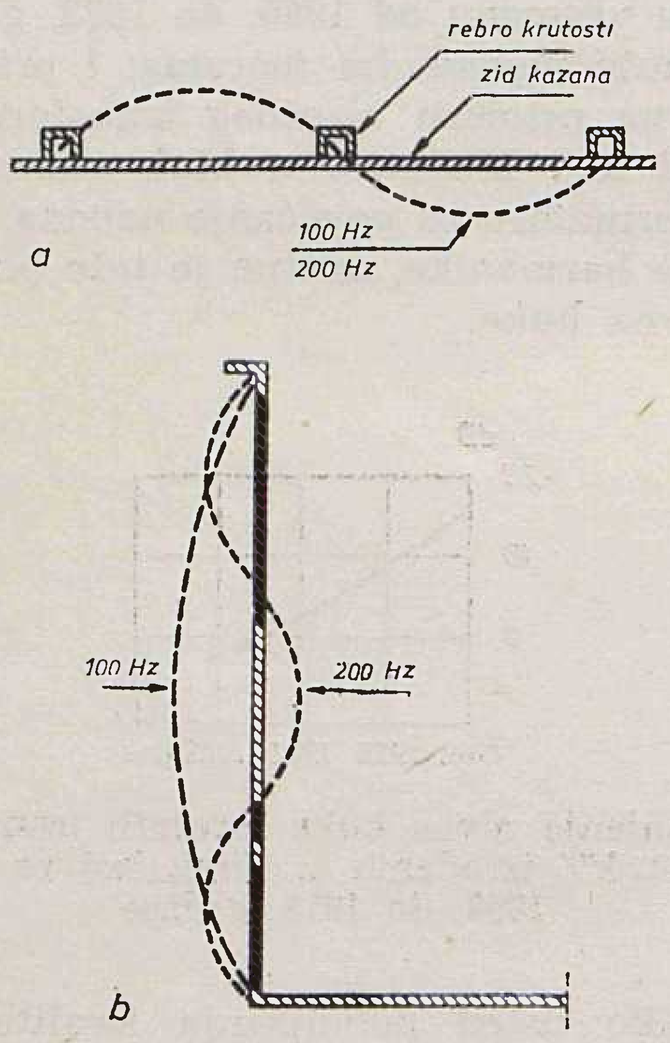
Buka, stvorena transformatorima, u velikoj meri zavisi od elektromagnetnih opterećenja i dimenzija transformatora.

* Magnetostrikcija je pojava, koja se sastoji u promeni oblika i dimenzija feromagnetnog tela u promenljivom magnetnom polju. Deformacije zavise od indukcije, kao i od niza fizičkih i strukturnih parametara transformatorskih limova jezgre i jarmova.

Postoje slučajevi kada i drugi izvori buke mogu da preovladaju pod naročitim uslovima. Imajući u vidu i ovu mogućnost može da se kaže, da kod transformatora preovlađuje magnetna buka.

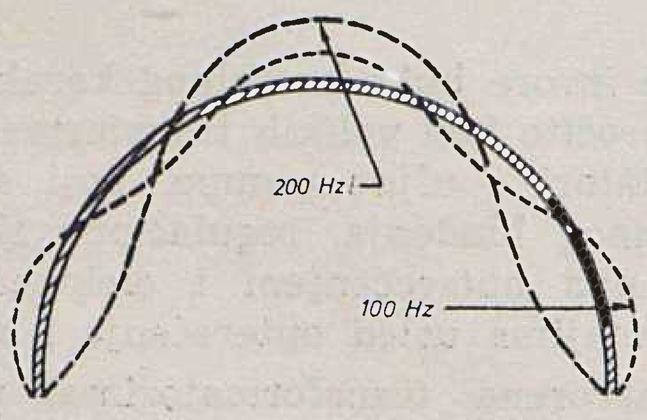
3. Pretvaranje vibracija jezgra i jarmova u buku

Vibracije jezgra i jarmova prenose se na kazan dva puta: direktno kroz tačke oslonca aktivnog dela i preko ulja. Veći deo energije buke prenosi se preko ulja. Zbog toga je donekle ograničena mogućnost da se buka smanji postavljajući jezgro na izolatore od vibracije. Vrste vibracija usled savijanja transformatorskog kazana zavise od konstrukcije kazana i učestanosti buke. Oblik vibracije kazana sa ravnim zidovima (Sl. 4.) zavisi od položaja rebara krutosti. Vertikalna



Sl. 4. Oblici vibracija ravnog zida kazana transformatora
a) Horizontalni presek
b) Vertikalni presek između dva rebra krutosti

rebra krutosti ograničavaju dužinu talasa. Osnovna snaga emitovane buke prenosi se nižim harmonicima zato što se smanjuje odnos između talasne dužine savijanja i talasne dužine vazduha. Postoji osetna razlika u oblicima vibracija ravnih i zaobljenih delova kazana (Sl. 5). Talasna dužina



Sl. 5. Oblici krivih vibracija zaobljenog dela zida kazana transformatora (horizontalni presek)

savijanja okruglog kazana raste s povećanjem učestanosti. Buka, koju emituje okrugli kazan, relativno je jača nego li buka kazana sa ravnim zidovima, zbog većeg odnosa talasne dužine savijanja prema talasnoj dužini u vazduhu. Kazan ravnog oblika s dovoljnim brojem rebara krutosti emituje buku nižeg nivoa.

4. Montaža transformatora

Ispravna montaža transformatora izvodi se elastičnim podlaganjem da bi se isključila rezonanca konstrukcije, na kojoj se vrši montaža. Kvalitet montaže ocenjuje se odnosom učestanosti nadražujućeg zvuka f prema učestanosti sopstvenih oscilacija f_0 konstrukcije ili jednog njenog elementa. Na primer za odnos $f : f_0 = 2$ dobija se slabljenje zvuka, koji se prenosi preko konstrukcije za 6,5 dB. Za vrednost tog odnosa jednaku 3-smanjenje zvuka iznosi 14 dB; za vrednost odnosa jednaku 5-smanjenje zvuka je 20 dB.

Da bi se dobili zadovoljavajući rezultati, učestanost sopstvenih oscilacija transformatora na elastičnim prigušivačima ne sme da prelazi polovinu, odnosno trećinu, učestanosti prvog harmonika buke. Za prigušivanje transformatora koristi se specijalni sintetički kaučuk, čiji dozvoljeni pritisak iznosi od 3,5 do 7 kp/cm². Prigušivači mogu da se prave od čeličnih gibnjeva, a isto tako može da se koristi kombinacija čelik-kaučuk.

Transformator ne sme da ima krute spojeve sa površinama, koje mogu da emituju buku. Treba posvetiti naročitu pažnju radijatorima i cevovodima između transformatora i radijatora, kao i sabirničkim spojevima da oni ne bi došli u rezonansu. Povećanje nivoa buke montiranih transformatora može da se javi usled rezonance bilo kog dela transformatora.

5. Merenje buke transformatora

Polje buke oko izvora buke sastoji se od tri komponente: 1) direktnog polja; 2) reflektovanog polja; 3) okolnog fona šumova. Direktno polje buke stvaraju zvučni talasi, koje neposredno emituje izvor buke. Reflektovano polje stvara refleksija buke od obližnih objekata, koji okružuju izvor. Okolni fon šumova stvaraju strani izvori buke u okolnom prostoru.

Direktno polje buke transformatora može osetno da se menja u zavisnosti od vrste vibracija. Ova pojava naziva se efekat bliskog polja. Uticaj reflektovanog polja može da postane znatan, ako je veliko rastojanje između izvora buke i posmatrača, i ako na samerljivom rastojanju postoje objekti, koji reflektuju buku.

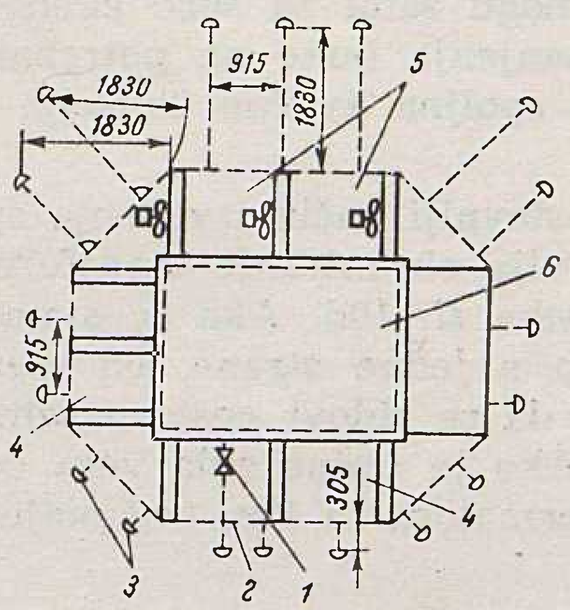
Glavni cilj merenja transformatorske buke je da se odredi direktno polje buke u pravcu, u kojem može da se izvrši dovoljno tačan proračun nivoa buke na različitim rastojanjima i u kojima mogu da se upoređuju nivoi buke transformatora. Uticaj efekta bliskog polja, reflektovanog polja i

okolnog fona šumova mora da se svede na minimum. Na malim rastojanjima od izvora buke mali je uticaj ovih polja usled toga što je visok nivo direktnog polja. Međutim blisko polje daje negativni efekat na malim rastojanjima. Dobri rezultati merenja direktnog polja na malim rastojanjima mogu da se dobiju, ako se uzme dovoljno velik broj mernih tačaka.

Postoje standardi za merenje transformatorske buke, koji propisuju broj mernih tačaka, njihov položaj i rastojanja od transformatora. Standardi usvojeni u SAD, Engleskoj, Francuskoj i zemljama »zajedničkog tržišta« razlikuju se od standarda, onih koji važe u Saveznoj Republici Nemačkoj. Međutim ne može da se da prednost nekom od standarda, jer svaki od njih ima svoja preimućstva i nedostatke.

Maksimalna rastojanja za merne tačke mogu da se dobiju iz merenja i proračuna, ako se pođe od uticaja reflektovanog polja manjeg od 1 dB (A). Minimalan broj mernih tačaka može takođe da se odredi merenjima, u kojima je uzet suvišan broj tačaka.

Sl. 6. prikazuje raspored mernih tačaka oko transformatora prema normama u SAD.



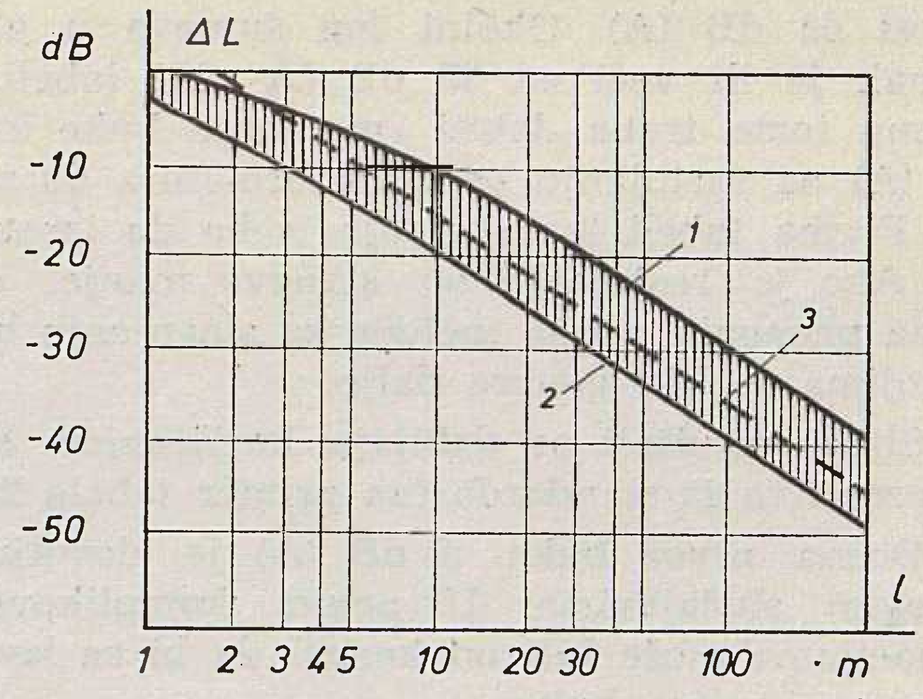
Sl. 6. Raspored mernih tačaka oko transformatora prema normama SAD

1 — glavna slavina za ispuštanje ulja; 2 — površina oslanjanja za merne tačke; 3 — merne tačke; 4 — radijatori sa prinudnim vazdušnim hlađenjem; 5 — ventilatori; 6 — kazan transformatora.

6. Zaštita od buke rastojanjem

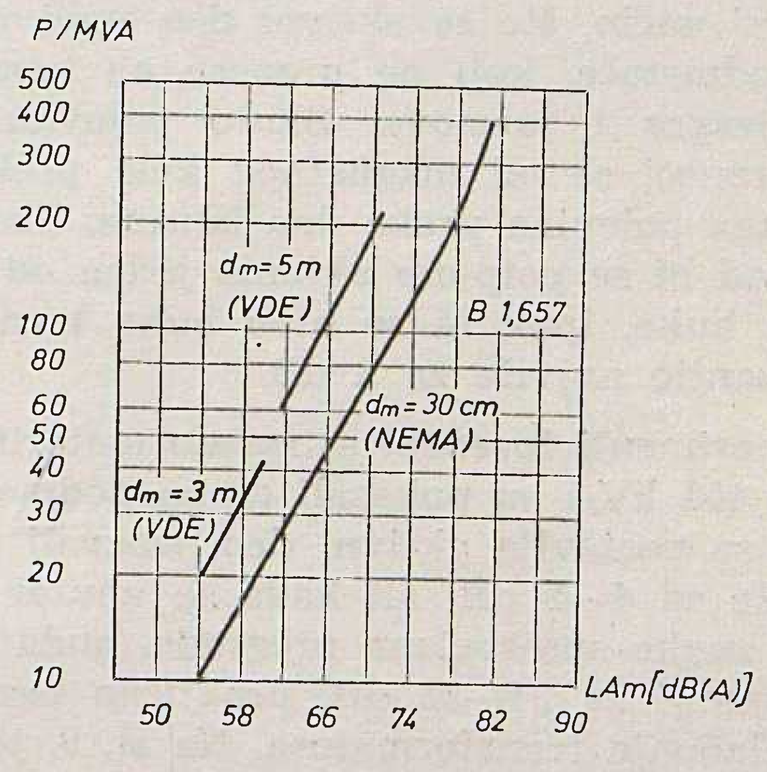
Prva mera za zaštitu stanovništva od buke sastoji se u postavljanju transformatora na najvećoj mogućoj udaljenosti od stambenih zgrada. Na sl. 7 prikazano je smanjenje nivoa buke s povećanjem rastojanja od transformatora (mereno na otvorenom terenu).

Na sl. 8. je prikazana zavisnost nivoa buke transformatora firme Smit Nimegen od snage transformatora pri magnetnoj indukciji 1,65 T. Merenje je izvršeno prema standardima VDE i NEMA i nisu obuhvatila buku ventilatora. Tabela 3 daje podatke za rastojanja veća od rastojanja korišćenih pri pomenutim merenjima.



Sl. 7. Smanjenje buke transformatora pri povećanju rastojanja od transformatora

L — smanjenje nivoa buke; l — rastojanje; 1 — za transformatore snage preko 10 MVA; 2 — za transformatore snage od 200 do 500 kVA; 3 — prema zakonu sfernog rasprostiranja talasa



Sl. 8. Zavisnost nivoa buke od snage transformatora

Tablica 3.

Snaga transformatora, MVA	Smanjenje buke jezgra i jarmova dB u (A) u zavisnosti od rastojanja [tačnost približno 3 dB (A)]			
	0,3—3 m	0,3—5 m	0,3—20 m	0,3—50 m
6 — 40	7	11	21	40
60 — 100	6	9	18	36
100 — 200	5	8	16	23
200 — 500	4	7	15	21
500	3	6	14	20

Ako se veća rastojanja od 5 m, udvostručuju, onda nivo buke otpada za oko 6 dB (A).

Da se nivo buke u obližnjem naseljenom području ne bi povećao usled postavljanja transformatora, treba tako postaviti transformator da njegova strana okrenuta prema naseljenom području emituje buku, čiji je nivo niži ili jednak nivou okolnog fona šumova.

Izvor rastojanja od transformatora do naselja ograničen je u realnim uslovima. Rasmotrićemo primer postavljanja transformatora uz korišćenje sl. 8. i tabela 1 i 3. Neka treba, postaviti transformator snage 40 MVA u naseljenom području. Prema sl. 8. može se odrediti da je nivo buke na rastojanju 0,3 m od kazana (a ne od hladnjaka)

iznosi 65 dB (A). Okolni fon šumova u gradu jednak je ili veći od 35 dB (A vidi tabelu 1). Prema tome treba dobiti smanjenje buke za 30 dB (A) na rastojanju od transformatora do zgrada. Prema tabeli 3 rastojanje treba da iznosi 50 m. Ako je rastojanje do stanova manje, onda treba primeniti druge metode za smanjenje buke, o kojima će biti govora dalje.

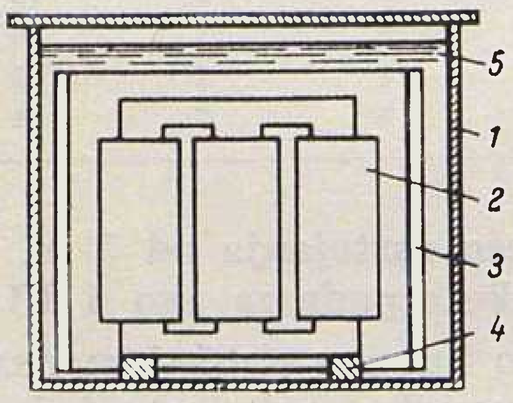
Slični rezultati se dobijaju korišćenjem sl. 7. i normativa iz standarda (na primer tabela 2).

Ocena nivoa buke u dB (A) je dovoljna u mnogim slučajevima. U nekim komplikovanim situacijama može biti od koristi da bi se izvršila oktavna analiza buke.

7. Unutrašnje konstrukcije za slabljenje buke u izvoru

Osetno smanjenje buke transformatora dobija se na taj način, što se aktivni deo stavi na elastične podmetače, koji ne prenose na kazan vibracije jezgra i jarmova. Skoro polovina snage buke prenosi se od magnetnog kola preko ulja, dok druga polovina preko dna kazana. Zbog toga, čak i kad bi se potpuno uklonio jedan od putova prenosa buke, ipak bi se nivo buke transformatora smanjio najviše za 3 dB.

Eksperimenti izvedeni s transformatorima snage 60 i 400 kVA su pokazali da su podmetači, na kojima se postavlja aktivni deo, izazvali smanjenje buke za 4—5 dB, ali kada se unutar kazana koriste zvuko-apserpcione pregrade, onda se nivo buke smanji za 24—35 dB, praktično bez pogoršanja hlađenja transformatora. Na sl. 9. je prikazana metoda smanjenja buke transformatora na taj način, što su unutar kazana postavljene zvuko-apsorpcione pregrade, a aktivni deo je postavljen na električne podmetače. Zvuko-apsorpcione pregrade mogu da budu sa dvostrukim zidovima, a prostor između njih da se ispuni nekim od inertnih gasova.



Sl. 9. Šema postavljanja zvuko-apsorpcionih pregrada unutar kazana transformatora:
1 — kazana; 2 — aktivni deo; 3 — zvuko-apsorpciona pregrada; 4 — prigušivač; 5 — nivo ulja

Takve pregrade izrađuju na primer firma AEG-Telefunken iz SR Nemačke. Prema podacima firme napred nabrojane mere su omogućile da se nivo buke transformatora smanje za 3—10 dB.

Međutim engleska firma Ferranti smatra da su ograničene mogućnosti primene pregrada, jer nema potrebnih materijala za njihovu izradu i nema mogućnosti da se izračuna efikasnost pregrada.

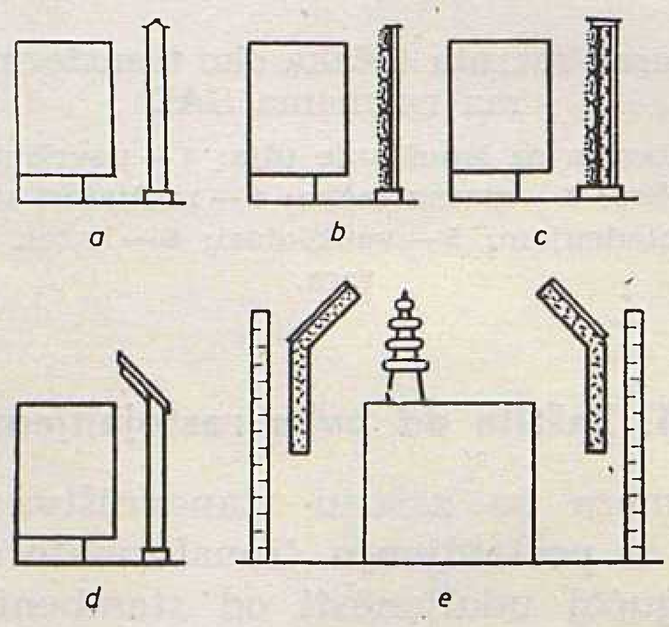
Sem sistema prigušivanja buke postavljajući zvuko-apsorpcione pregrade za transformatore malih snaga bili su izrađeni izvesni konstruktivni predlozi, zasnovani na korišćenju sumpor-heksafluorida u svojstvu toploizmenjivača. U takvih transformatora kazan obavlja funkciju omotača za apsorpciju zvuka, dok pomenuti gas ima osobinu da apsorbuje zvuk i zato ne dolazi do pojave rezonance usled akumulacije akustične energije. I pored toga što su ovi transformatori odavno pronađeni, oni se još ne izrađuju u velikim serijama. Međutim oni su i dalje u polju pažnje konstruktora i istraživača.

Sredstva za slabljenje izvora buke transformatora su malobrojna i veoma su efikasna, ali su veoma skupa. Zbog toga se postavlja zadatak da se buka transformatora smanji spoljnim sredstvima, kao što je na primer odgovarajuća montaža, tako da se isključi rezonansa kazana pomoću zvuko-izolovanih prostorija, akustičkih prepreka i akustične kompenzacije stvorene buke.

8. Ekraniranje transformatora zidovima

Sada preovlađuje mišljenje da »tihi« transformatori ne mogu sami za sebe ekonomično rešiti problem smanjenja buke na potreban nivo i da je potrebna spoljna zvučna izolacija transformatora.

Najjednostavniji način izvođenja spoljne izolacije predstavlja ekraniranje transformatora zidovima od opeka sl. 10d. Ako se stambene zgrade nalaze samo s jedne strane, od transformatora, dovoljno je da se zidovi postave samo sa dve ili tri strane. Ako je visina zida veća od visine kazana transformatora za 1 m (računajući od gornje

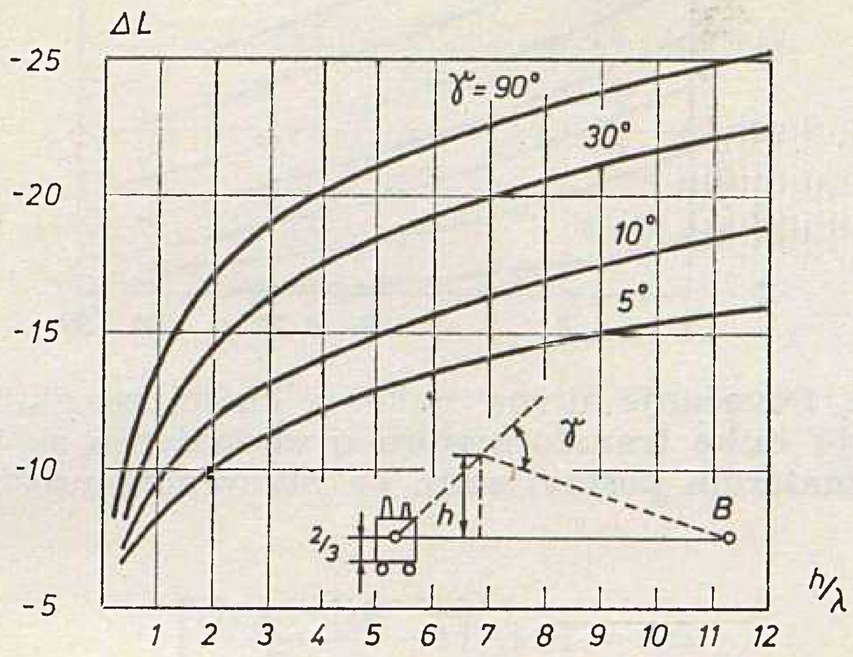


Sl. 10. Zaštita od buke transformatora pomoću ekranirajućih zidova

ivice kazana) i ako se zid nalazi na rastojanju od 1 m od transformatora, onda nivo buke može da se smanji za 10 dB (A), a ako se zidovi obložе zvuko-izolacionim materijalom (sa 10 b i c) za buku niskih učestanosti, onda smanjenje iznosi 12 dB (A). U ovu svrhu koriste se, na primer, asure debljine 60 mm od zgurne vate, staklenih ili mi-

neralnih vlakana, koje se pričvršćuju direktno na zidove, a još bolje na rastojanju nekoliko santimetara od zida.

Kao što se vidi iz sl. 11 smanjenje nivoa buke ΔL zavisi od visine zida h, njegovog rastojanja od transformatora, dužine zvučnog talasa λ i ugla prelamanja zvučnog talasa γ.



Sl. 11. Efikasnost zaštite od buke transformatora ekranirajućim zidovima

Efikasnost zida može da se poveća na taj način, što se doda ispust (sl. 10d). Tome odgovara povećanje ugla prelamanja γ. Pri tome nivo buke u odgovarajućem pravcu može da se smanji za 15 dB (A).

Rastojanje od transformatora do zida treba da bude što manje. Da bi se poboljšali uslovi hlađenja transformatora treba u donjem delu zidova ostaviti otvore za ventilaciju, s tim da njihova dužina ne prelazi 1/4 λ za učestanosti 200, a još bolje za učestanosti 300 Hz (tj. 0,4 m, odnosno 0,28 m).

Za dispoziciju, prikazanu na sl. 10e nisu potrebni ventilacioni otvori, jer ovde hladan vazduh dolazi kroz prostor između spoljneg zida i akustičke pregrade. Sveži vazduh zamenjuje topli vazduh, koji se diže na gore iznad transformatora.

Izgradnjom spoljnih zidova nastaju teškoće oko dispozicije priključaka sabirnicama. Potreban je razuman kompromis između visine zida i razmaka od njega.

Za prigušivanje buke preporučuje se takođe da se zidovi oblože perforiranim limovima. Korišćenje folija od vinilhlorida malo je efikasno za prigušivanje buke visokih učestanosti, ali je vrlo efikasno, ako preovlađuje buka niskih učestanosti.

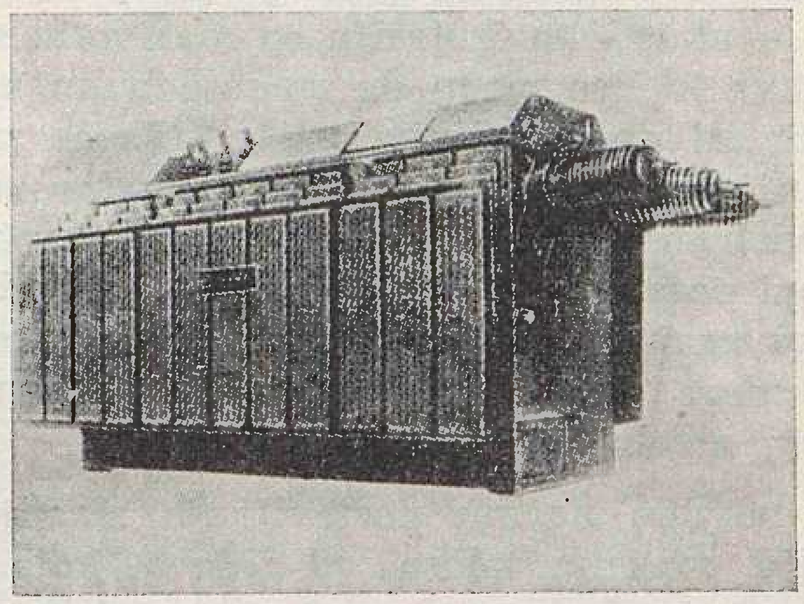
9. Spoljne konstrukcije za ograničenje buke transformatora

9.1 *Čelični omotači* (transformatori sa dvostrukim kanalom)

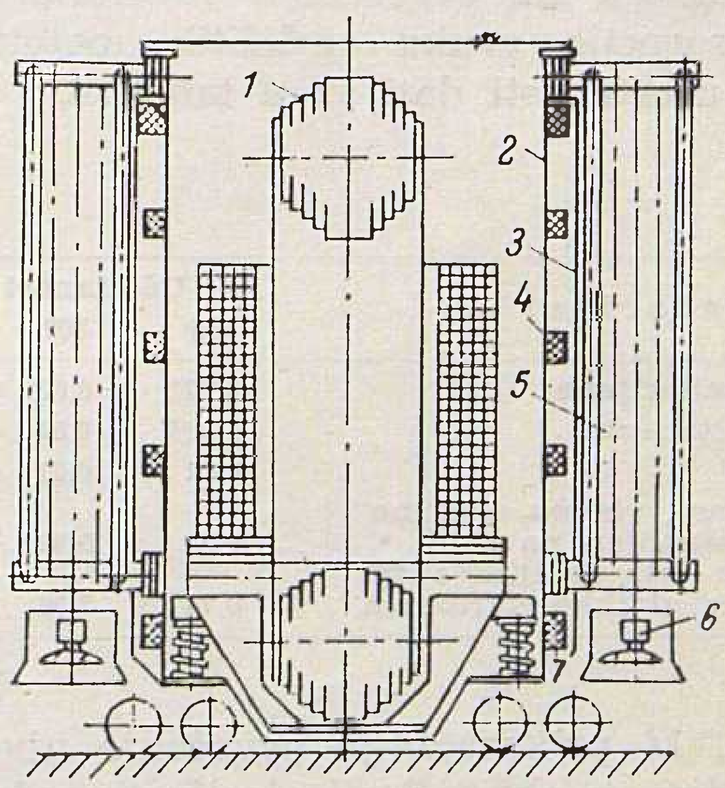
Jedan od najefikasnijih, a ponekad i najjeftinijih, načina smanjenja buke predstavlja čelični omotač za izolaciju zvuka, koji spolja obuhvata kazan transformatora. Kao rezultat dobija se kazan sa dvostrukim zidovima, a međuprostor između njih može da se ispuni zvuko-apsorpcionim materijalom.

Radijatori i uređaji za hlađenje, koji se nalaze van kazana, vezani su sa kazanom transformatora pomoću elastičnih elemenata. Omotač ima samo elastične spojeve s kazanom transformatora radi sprečavanja direktnog prenosa vibracija. Naprave za podizanje i transportovanje, regulacione sklopke, kao i drugi pribor, ostaju montirani na transformator, dok su u omotaču predviđeni otvori za pristup radi održavanja i rukovanja. Omotač ne zatvara izvode, a pokazivač nivoa ulja postavlja se van omotača za zvučnu izolaciju. Iskustvo pokazuje da sklapanje omotača treba obavljati u fabrici za transformatore do 50 MVA, a za transformatore većih snaga montažu izvoditi na mestu postavljanja. Sve elastične veze s transformatorom izrađuju se u fabrici, a na licu mesta namešta se omotač kao celina i sistem za hlađenje. Prema tome primena omotača komplikuje montažu transformatora.

U transformatora 31.5 MVA, 110 kV proizvodnje firme AEG-Telefunken konstrukcijom ove vrste (Sl. 12) nivo buke smanjen za 15 dB (A). U



Sl. 12. Transformator 31,5 MVA, 110 kV sa dvostrukim kazanom proizvodnje firme AEG-Telefunken



Sl. 13. Šematski prikaz rešenja firme Siemens za smanjenje buke

1 — magnetno kolo; 2 — kazana; 3 — zvuko-apsorpciona pregrada; 4 — prigušivači buke za određene učestanosti; 5 — radijatori; 6 — ventilatori; 7 — prigušivači za aktivni deo

transformatora 7,5 MVA, 33/11 kV s dvostrukim kazanom, proizvodnje firme Ferranti, nivo buke je smanjen za 10 dB (A).

Na sl. 13 prikazana je konstrukcija za slabljenje buke transformatora, koju je izvela firma Siemens. Na zidove kazana stavljeni su gumeni prigušivači podešeni na učestanost 100, 200 i 300 Hz. Preko njih su postavljeni zidovi za zvučnu izolaciju samo sa bočnih strana transformatora, tako da oni ne obuhvataju radijatore za hlađenje.

Transformatori sa dvostrukim kazanom mogu da se koriste kada je ograničen prostor za postavljanje, ali njihova cena, svedena na smanjenje buke za 1 dB, ispada veća nego li transformatora postavljenih u kućice za akustičku izolaciju.

Prednost spoljnih čeličnih omotača u odnosu na stacionarne kućice za akustičku izolaciju transformatora sastoji se u mogućnosti da se oni koriste u slučaju da se transformator premešta na novo mesto.

9.2. *Kućice za akustičku izolaciju transformatora*

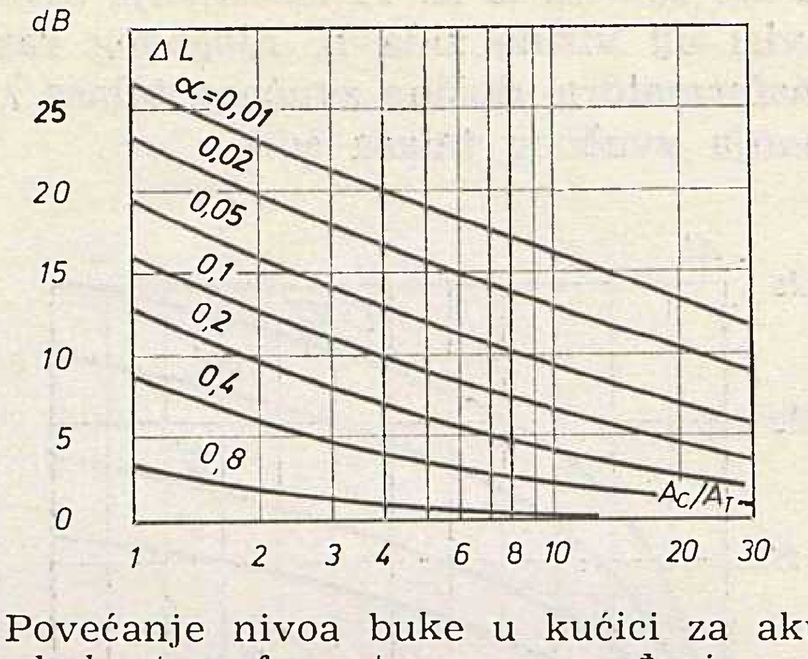
Najefikasnije sredstvo za smanjenje buke transformatora predstavljaju potpuno zatvorene kućice za akustičku izolaciju sa masivnim zidovima. Takve kućice mogu da smanje buku za 30—40 dB, ali predstavljaju velike teškoće za projektovanje i izvođenje, jer se postavlja zadatak da se odstrane gubici toplote u transformatorima, da zidovi prostorije dobro apsorbuju zvuk i da se na odgovarajući način izrade vrata. Sem toga kućica mora da se ruši, ako se transformator premešta na drugo mesto.

Pri takvom načinu postavljanja smanjuje se refleksija zvučnih talasa od zidova, koja inače povećava nivo buke u kućici za akustičku izolaciju tako, da se nivo buke približava vrednosti, koju garantuje proizvođač za slučaj postavljanja transformatora na otvorenom prostoru. Koeficijenti apsorpcije zvuka različitih materijala za različite učestanosti dati su u tabeli 4.

Tablica 4.

Materijal	Učestanost Hz		
	125	500	2.000
Opeke nemalterisane	0,024	0,03	0,05
Opeke omalterisane	0,024	0,06	0,06
Beton	0,01	0,01	0,01
Sloj staklenog vlakna debljine 5 mm postavljen po zidu	0,22	0,88	1,00
Sloj zgurne vate debljine 4 mm pokrivene glatkim kartonom	0,74	0,36	0,30

Na sl. 14 prikazano je povećanje nivoa buke ΔL u kućici za akustičku izolaciju transformatora u poređenju sa slučajem, kada se transformator postavlja na otvorenom prostoru zavisno o koeficijentu apsorpcije zvuka α za različite odnose površina zidova kućice za akustičku izolaciju A_c prema površini kozana transformatora A_T. Proračun je izveden prema obrascu:



Sl. 14. Povećanje nivoa buke u kućici za akustičku izolaciju buke transformatora u upoređenju sa transformatorom postavljenim na otvorenom prostoru

$$\Delta L = 10 \lg \left[1 + \frac{4/1 - \alpha/A_T}{\alpha A_c} \right].$$

Kada koeficijent α teži 1 povećanje nivoa buke približava se 0, naročito pri velikom odnosu $A_c : A^T$. Ako pojedini delovi zidova (na primer A_1 $A_2 \ldots \ldots A_n$) obloženim različitim materijalima sa koeficijentima apsorpcije zvuka respektivno α_1, $\alpha_2 \ldots \alpha_n$ onda se rezultujući koeficijent apsorpcije zvuka određuje kao:

$$\alpha_n = \alpha_1 \frac{A_1 + \alpha_2 A_2 + \cdots + \alpha_n A_n}{A_c}$$

Za proračune se uzima vrednost koeficijenta α za najnižu učestanost, koja se sreće u praksi (ponajčešće 100 Hz). U većini slučajeva vrednost koeficijenta α zidova kućice za akustičku izolaciju transformatora nije velika. Tako na primer u zidova od nenabijenog betona pri učestanosti od 100 Hz koeficijent $\alpha = 0{,}01$. Pri tome u kućice za akustičku izolaciju transformatora s odnosom $A_c : A^T = 4$, povećanje nivoa buke biće jednako 20 dB. Ako zvučna izolacija, koju stvaraju zidovi i vrata kućice za akustičku izolaciju, može da smanji nivo buke na 35 dB (A), kao što se to traži za stambena područja (vidi tabelu 1), onda nisu potrebne nikakve naknadne mere za ograničenje buke. Ako se zidovi i vrata kućice za akustičku izolaciju oblože dobrim zvuko-apsorpcionim materijalom sa koeficijentom $\alpha = 0{,}3$ (za učestanost 100 Hz), onda povećanje nivoa buke u kućici može da se smanji za 5 dB (A) i skratiće se vreme reverberacije. Dalje povećanje koeficijenta α nije opravdano zbog povećanja troškova koji su s tim vezani.

Nije svrsishodno predviđati da se transformatori specijalnih niskošumskih konstrukcija postavljaju u zatvorenim kućicama za akustičku izolaciju,čiji su zidovi obloženi dobrim zvuko-apsorpcionim materijalom.

Buka iz kućica za akustičku izolaciju transformatora prenosi se napolje sledećim putovima:

a) vibracijom zidova, koje zidovi primaju usled direktnog dodira sa transformatorom ili pak preko poda, cevi od kompenzatora, sabirnica ili kablova;

b) vibracijom zidova izazvanom zvučnom energijom, koja se preko vazduha prenosi od transformatora;

c) zvučnom energijom, koja se prenosi napolje preko vazduha kroz kanale ili ventilaciona okna.

Da bi se izbego ili ograničio prenos vibracija od transformatora, oni se postavljaju na opružnim ili gumenim prigušivačima. Dobra izolacija od vibracija postiže se, ako učestanost sopstvenih oscilacija f_0 sistema transformator-opruga, koja zavisi od mase transformatora i konstantne elastičnosti prigušivača, bude mala u poređenju sa učestanošću pobuđivanja f_p. Opšte uzeto dovoljno je da učestanost sopstvenih oscilacija sistema iznosi 10 Hz, tj. 10% od učestanosti pobuđujućih oscilacija, koja je jednaka 100 Hz.

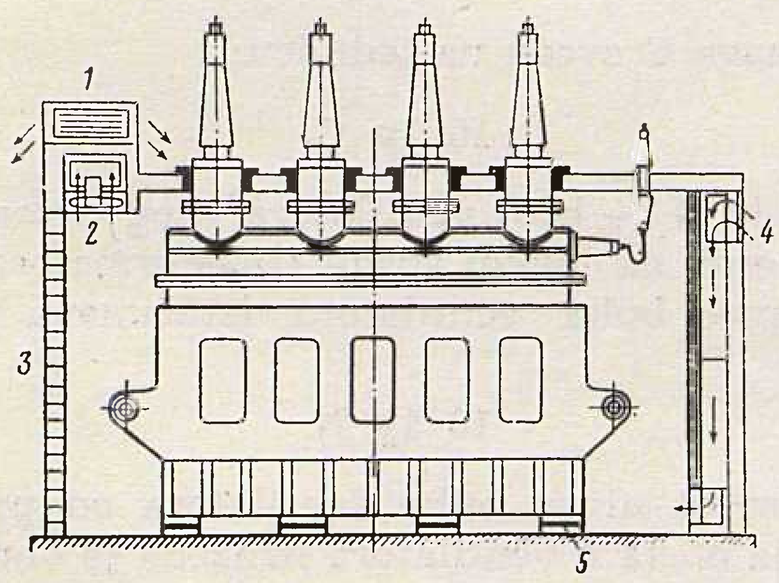
Amplituda vibracija, koje se prenose, približno je srazmerna kvadratu odnosa obe učestanosti. Tako za odnos učestanosti $f_0 : f_p = 0{,}1$ amplituda vibracija, koje se prenose na postolje transformatora otpada na 1%, što približno odgovara 40 dB. Učestanost f_0 može takođe da se odredi prema obrascu:

$$f_0 = 5\sqrt{\frac{1}{s}},$$

gdje je s — slobodan hod opruge (u santimetrima). Za učestanost od 10 Hz slobodan hod opruge treba da iznosi 2,5 mm.

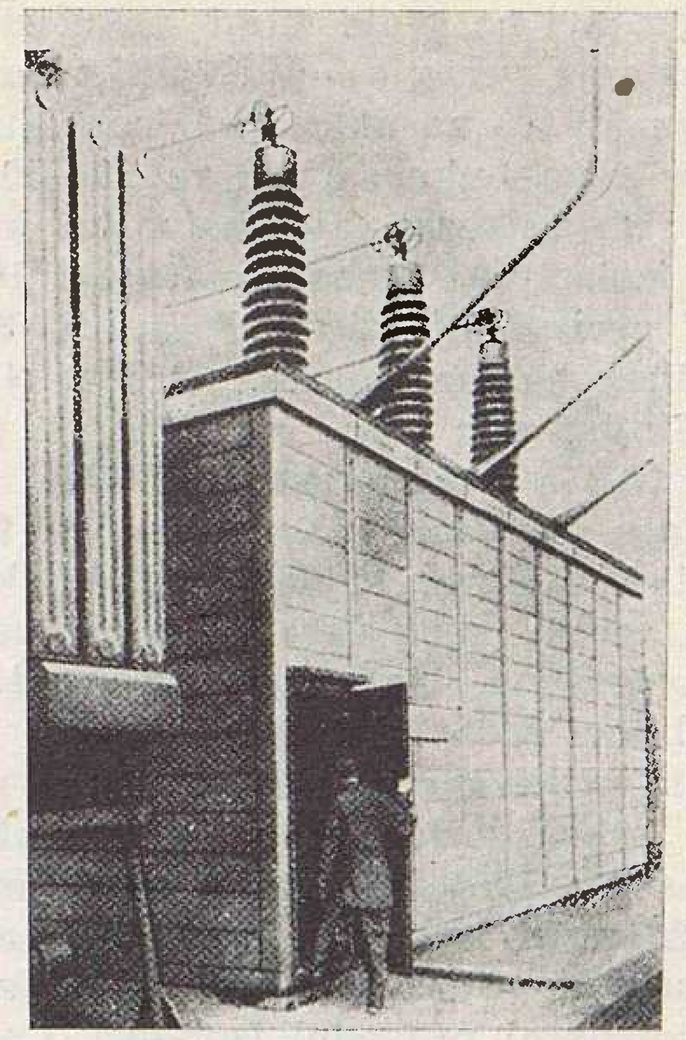
Da bi se spriječio prenos vibracija preko cevi i sabirničkih veza treba izvoditi elastična pričvršćenja cevi na zidovima, a sabirnički priključci moraju da se vezuju na sabirnice samo preko gibljivih međuspojeva.

Efikasnost zvučne izolacije zidova zavisi od mase zida po jedinici površine. Tako pri učestanosti buke, koja je uobičajena za transformatore, zidovi od opeka debljine 12 cm smanjuju nivo buke za približno 35 dB. Za svako povećanje ili smanjenje mase 2 puta, prigušivanje buke se povećava, odnosno smanjuje, za 4 dB.



Sl. 15. Kućica za akustičku izolaciju buke sa transformatorom 150 MVA:

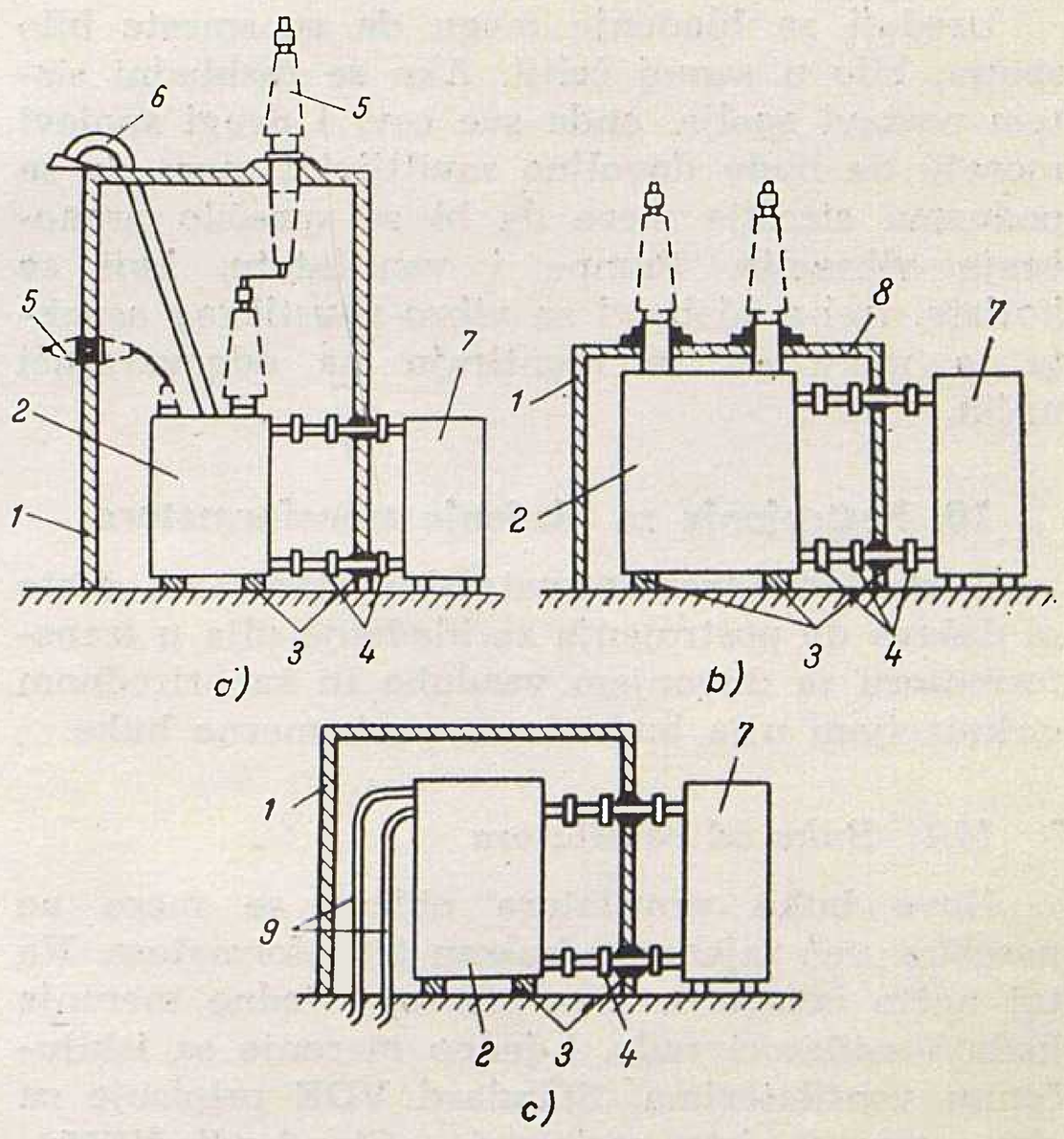
1 — ventilacioni kanal za izlaz vazduha; 2 — ventilator; 3 — montažni otvor (zazidan); 4 — ventilacioni kanal za ulaz vazduha; 5 — zvučna izolacija



Sl. 16. Kućica za akustičku izolaciju buke sa transformatorom 100 MVA, 275/33 kV

Zid od kamena ne sme da ima pukotine i mora da se omalteriše bar s jedne strane.

Na sl. 15 prikazan je transformator snage 150 MVA proizvodnje AEG-Telefunken, ugrađen u kućicu za akustičku izolaciju velike zvučne apsorpcije. Montažni otvor se zazida kada se trans-



Sl. 17. Šematski prikaz ćelija za akustičku izolaciju transformatora a) ćelija teške izrade; b) ćelija pojednostavljene izrade; c) ćelija teške izrade, ali sa direktnim priključkom kabela na izvode transformatora

1 — zidovi ćelije; 2 — kazan transformatora; 3 — elastični podmetači; 4 — elastični spojevi za cevi; 5 — rpovodni izolatori; 6 — cev za izlaz vazduha; 7 — radijatori; 8 — betonski blokovi krova, koji mogu da se skidaju; 9 — kablovi

formator postavi na svoje mesto u kućici i ostave se samo omanja vrata za održavanje transformatora. Takva kućica za akustičku izolaciju omogućava da se nivo buke smanji za 20—30 dB (A).

Na sl. 16 prikazana je betonska kućica za akustičku izolaciju s transformatorom 100 MVA, 275/33 kV proizvodnje firme Ferranti. Kućica je od montažnog betona fabričke izrade. Nivo buke pored spoljnjeg zida ćelije smanjen je, približno, na 25 dB (A), a u zgradama najbližim transformatoru, koje se nalaze na udaljenosti 90 m, ne čuje se nikakav šum. Mada je hladnjak za ulje postavljen spolja, zbog čega buka od ventilatora ostaje neprigušena, ipak u transformatora ovog tipa ventilatori rade relativno retko.

Na sl. 17 prikazane su skice ćelija za akustičku izolaciju, teškog i lakog tipa. Za slučaj ćelije teškog tipa (sl. 17a) transformator se montira u ćeliji, održavajući izolaciona rastojanja od delova pod naponom do zidova i tavanice ćelije, a češće se koriste dodatni provodni izolatori. Cena takve ćelije za akustičku izolaciju dostiže 20—25% od vrednosti transformatora. Ćelija pojednostavljenog tipa (sl. 17 b i c) jeftinija je 6—8 puta, ali slabljenje buke opada za 15—20% dB. U ovim slučajevima visina ćelije nešto je veća od visine kazana, dok izvodi transformatora prolaze kroz tavanicu ćelije koja se lako rasklapa. Konstrukcija ćelija teškog tipa mnogo se pojednostavljuje, ako se visokonaponski kabel priključuje direktno na transformator (sl. 17b).

Uređaji za hlađenje mogu da se smeste bilo spolja, bilo u samoj ćeliji. Ako se rashladni sistem postavi spolja, onda sve cevi i drugi spojevi moraju da budu dovoljno savitljivi i mora da se poduzmu strožije mere da bi se sprečilo prenošenje vibracija. Pumpe i ventilatore, koji se koriste, treba odabrati sa vibro-akustičkog aspekta, a mora da se montiraju na odgovarajući način.

10. Postrojenja za hlađenje transformatora

U gradskim transformatorskim stanicama često se dešava da postrojenja za hlađenje ulja u transformatoru sa duvanjem vazduha ili sa prirodnom cirkulacijom ulja budu izvor prekomerne buke.

10.1. Buka od ventilatora

Nove buke ventilatora obično se mere ne posebno, već zajedno s bukom transformatora. Na taj način izvode se dva merenja: jedno merenje kada ventilatori rade, i jedno merenje sa isključenim ventilatorima. Standard VDE pripisuje za oba merenja isto rastojanje. Standardi NEMA, CENELKOM i IEC koriste rastojanje od 0,3 m za merenje buke samo jezgra i jarmova, a rastojanje 1,8—2 m za kombinaciju buke transformatora i ventilatora. Ako se uzmu jednaka rastojanja, onda se nivo buke ventilatora određuje prema obrascu:

$$L_f = L_{tr} + 10 \log \text{antilog} \left(\frac{L_{tr} + f \cdot L_{tr}}{10} - 1 \right)$$

gde su:

L_{tr} — nivo buke jezgra i jarmova;
L_f — nivo buke ventilatora;
L_{tr+f} — ukupni nivo buke.

Ako je buka jezgra i jarmova merena na manjem rastojanju, nego li ukupna buka transformatora, onda treba korigovati vrednost buke. Pri rastojanjima u prvom i drugom merenju od 0,3 m, odnosno 1,8—2 m, radi korekcije uzima se vrednsot 3 dB(A). Buku ventilatora treba smatrati štetnom, ako ona prelazi nivo buke jezgra i jarmova za više od 5 dB(A). Ako je pak nivo buke ventilatora niži od nivoa buke jezgra i jarmova za više od 5 dB(A), onda se može smatrati da ona nije štetna, jer nivo buke jezgra i jarmova zadovoljava. Tabele 1 i 3 važe i za slučaj transformatora s ventilatorima u pogonu.

Ako nivoi buke jezgra i jarmova transformatora i ventilatora ponaosob nisu štetni, onda je mala verovatnoća da će biti štetan nivo buke celog transformatora. Buka ventilatora s njenim kontinualnim zvučnim spektrom kamuflira čiste tonove buke jezgra i jarmova. Ova pojava već se koristi u praksi.

Pri izboru ventilatora treba da se rukovodi sledećim aspektima:

a) granice nivoa buke ventilatora;

b) granice prirodnog hlađenja, koje mogu da se odrede prema ekonomskim, konstruktivnim i dimenzionalnim aspektima;

c) željeni kapacitet prinudnog vazdušnog hlađenja.

Sledeći aspekti se navode radi upućivanja pri izboru ventilatora s gledišta minimalne buke pri maksimalnom kapacitetu:

1) nivo buke po jedinici kapaciteta;

2) nivo buke jedne sekcije ventilatorskog postrojenja;

3) kapacitet jedne sekcije ventilatora.

Da bi se nivo buke ventilatora sveo na jedinicu, može da se koriste sledeći obrasci: da se S sekcija svede na jednu

$$10 \ 1g \ S,$$

da se snaga C svede na jedinicu:

$$10 \ 1g \ C.$$

Ako je N — broj ventilatora istog nivoa buke, postavljenih na jednoj strani transformatora, onda se ukupna buka ventilatora izračunava prema obrascu

$$10 \ 1g \ N.$$

Zavisnost nivoa buke ventilatora od prečnika D i broja obrta n ventilatora izražena je obrascem:

$$70 \ 1g \ D + 50 \ 1g \ n,$$

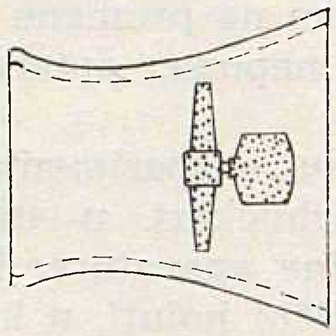
dok je zavisnost kapaciteta prikazan obrascem:

$$D^3 \ n.$$

Obično se koriste aksijalni ventilatori. Centrifugalni ventilatori takođe mogu da se koriste. Njihov kapacitet je veći, a nivo buke niži. Međutim njihovo korišćenje je ograničeno zbog velikih dimenzija.

10.2. Smanjenje buke ventilatora

Smanjenje buke ventilatora izvodi se prigušivačima asporpcionog tipa. Na sl. 18 prikazan je kanal prigušivača, koji se sastoji od sloja zvuko-apsorcionog materijala, kojim je iznutra obložen



Sl. 18. Ulazni i izlazni prigušivač ventilatora

oklop ventilatora. Na taj način može da se postigne smanjenje do 5 dB(A). Zvuko-apsorpcioni materijal mora biti efikasan za najintenzivniji frekventni opseg buke ventilatora. Osnovnu zvučnu energiju stvaraju u ventilatoru krajevi lopatica radnog kola. Apsorpcioni sloj nalazi se blizu krajeva lopatica i prema tome veoma je efikasan. Što je veći oklop, to on više smanjuje buku, ali su njegove dimenzije ograničene iz konstruktivnih razloga.

Smanjenje buke po jedinici dužine kanala zavisi od koeficijenta apsorpcije materijala i odnosa obima kanala prema njegovom poprečnom preseku. Ovaj tip prigušivača može da smanji buku ventilatora za 8 dB(A) po jednom metru dužine. Međutim smanjeneje nivoa buke u ovom slučaju istovremeno smanjuje kapacitete ventilatora.

10.3. Ventilacioni kanali

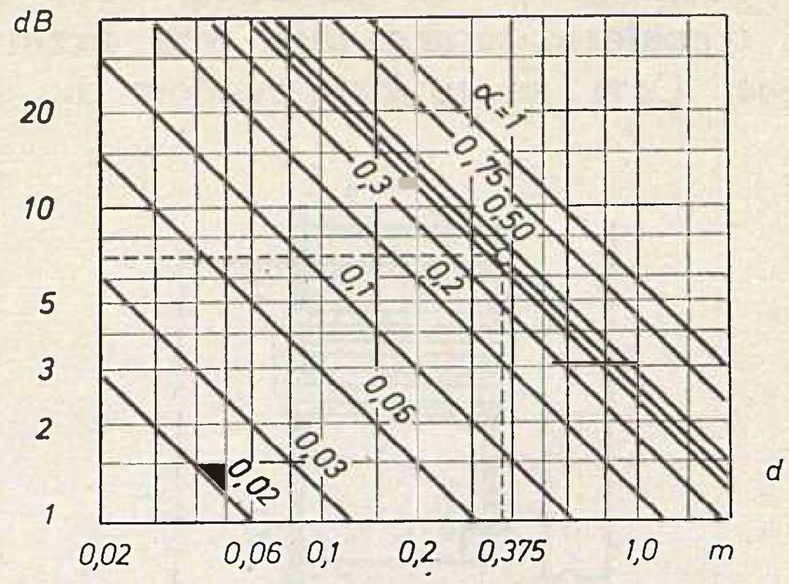
Buka, koja se prenosi napolje kroz kanale potisne i usisne ventilacije, delimično se prigušuju u samim kanalima. U pravolinijskim kanalima ovo nastaje usled trenja zvučnih talasa o zidove i usled odbijanja talasa pri izlazu iz kanala.

Prigušivanje buke usled trenja o zidove kanala zavisi od koeficijenta apsorpcije zvuka materijalom zidova, prečnika i dužine kanala.

Apsorpcija zvuka ne javlja se u glatkim zidovima od opeka i čeličnog lima. Zato takve zidove treba oblagati materijalom, koji dobro apsorbuje zvuk (vidi tabelu 4.). Naročito važnu ulogu ima koeficijent apsorpcije zvuka pri niskim učestanostima. Poznajući koeficijent apsorpcije zvuka α i prečnik d kanala (u metrima) može da se izračuna smanjenje nivoa buke po 1 m dužine kanala, a prema obrascu:

$$D = 6\alpha \frac{1}{d}$$

ili da se odredi prema sl. 19.



Sl. 19. Smanjenje nivoa buke u ventilacionim kanalima

Za kanal nekružnog preseka učvršćuje se vrednost hidrauličkog ili ekvivalentnog prečnika

$$d = \frac{4A}{U}$$

gde su:

A — presek kanala, m^2;
U — obim kanala, 7 m.

Nivo buke neznatno opada u kanalima velikog preseka. U takvim slučajevima bitno smanjenje nivoa buke može da se postigne, ako se kanal podeli podužnim pregradama. Ovo može naročito lako da se izvede kada je presek kanala pravougaoni. Pritom će smanjenje nivoa buke izneti:

D 1n — 10 1g n, dB

gde su

1 — dužina kanala, m;
n — broj sekcija.

Smanjenje nivoa buke na izlazu iz kanala određuje se prema obrascu:

$$\Delta L = 10\ lg \frac{\alpha A_c}{A_1}$$

gde su

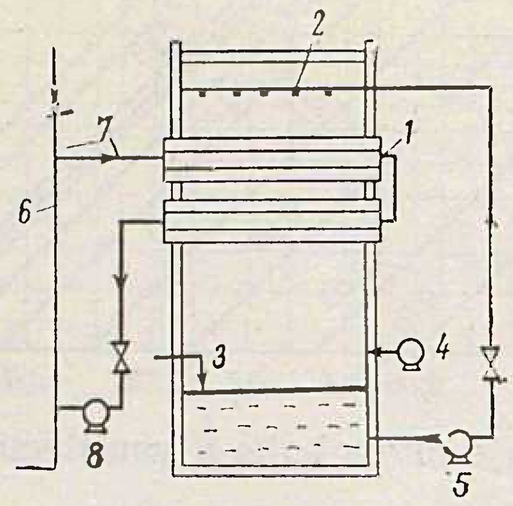
A_C — ukupna površina kućice za akustičku izolaciju transformatora;
A_I — presek kanala na izlazu.

10.4. Postrojenja za hlađenje ulja

U gradskim transformatorskim stanicama u Japanu koristili su se u toku mnogih godina transformatori s vodenim hlađenjem, čime se izbegavala buka, koju stvara sistem vazdušnog hlađenja. Ali zbog velike potrošnje voda za takva postrojenja morali su se koristiti hladnjaci za vodu, što je smanjivalo ekonomičnost celog podhvata, zbog gubitaka vode usled isparavanja.

Navedena mana se otklanja koristeći sistem evoparacionog hlađenja ulja velikih transformatora, koji je razradila japanska firma Mitsubishi Electric Co. Ovaj sistem omogućava direktno i ekonomično hlađenje ulja za malu potrošnju vode i s niskim nivoom buke.

Hlađenje za ulje (sl. 20) sastoji se od kompleta baterija sastavljenih od bakarnih cevi 1 kroz koje se transformatorsko ulje tera brzinom od 1,5 m/sec. Cevi se prskaju vodom iz sistema



Sl. 20. Šematski prikaz evaporcionog hladnjaka za ulje
1 — zmijasta cev za cirkulaciju ulja; 2 — mazalice za prskanje; 3 — regulator nivoa vode; 4 — ventilator; 5 — pumpa za vodu; 6 — transformator; 7 — ulje; 8 — uljna pumpa

mlaznica 2, koji se nalazi gore iznad njih, tako da cevi po celoj površini budu prevučene tankom vodenom skramicom. Odozdo na cevi 1 duva vazduh. Ovo poboljšava isparavanje vode s njihove površine. Latentna toplota isparavanja dobija se oduzimanjem toplote od transformatorskog ulja, pri čemu sposobnost isparavanja postrojenja malo zavisi od potrošnje vode. Gubici vode usled isparavanja nadoknađuju se dodavanjem sveže vode, koje se izvodi pomoću automatskog regulatora nivoa 3. Pošto su potrebne brzine dovoda vazduha i ventilatora relativno male, to postrojenje stvara samo neznatnu buku.

Kapacitet opisanog hlađenja raste s povećanjem temperature ulja, pošto tada raste pritisak vodene pare. Tako na primer u modelu snage 200 kW pri temperaturi pare 65° C snaga iznosi 170 kW i tek pri temperaturi 75° C dostiže punu vrednost.

Navode se uporedna koštanja hlađenja za ulje različitih tipova.

Tablica 5.

Tip hladnjaka	Koštanje, %
S duvanjem i prinudnom cirkulacijom ulja, standardni	100
Isto, ali sa smanjenim nivoom buke	230
Uljni i vodeni s prinudnom cirkulacijom ulja	80
Evaporacioni	120

Snaga evaporacionog hlađenja za ulje za transformator od 500 MVA iznosi 2.500 kW (5 kompleta od po 500 kW).

11. Akustička kompenzacija buke transformatora

U stručnoj literaturi još se navode metode smanjenja buke transformatora putem akustičke kompenzacije, koja se zasniva na interferenciji zvučnih talasa. U blizini transformatora postavljaju se izvori koji emituju zvuk (difuzori). Oni se napajaju strujom, koja sadrži učestanost onih harmonika, koji preovlađuju u buci transformatora. Raspored difuzora, amplituda i faza svakog harmonika reguliše se odvojeno u funkciji od zvučnog spektra buke transformatora tako da zvuci emitovani kompenzatorom budu u željenoj tački u protivfazi sa zvucima transformatora. Istraživanja, izvršena na malim modelima u akustičkim laboratorijama i na transformatorima u prirodnoj veličini, dala su pozitivne rezultate. Na ovaj način dobija se smanjenje buke u određenoj tački za 20 dB i za 6 dB u granicama ugla od 35°. Međutim za uvođenje ove metode, izgleda, treba razraditi specijalne aparate za automatsku regulaciju kompenzacije s obzirom na promene buke transformatora u funkciji napona, opterećenja ili drugih faktora.

Od interesa su eksperimenti, koje je izvela firma Siemens-Schuckert u cilju kompenzacije buke bez specijalne aparature: Na zidove kazana pričvršćuju se čelični koluti, u kojih je učestanost sopstvenih oscilacija nešto manja od učestanosti glavnog harmonika buke, na primer 97 Hz pri osnovnom harmoniku 100 Hz. Oscilacije koluta pomerene su u fazi za 180° u odnosu na oscilacije šipke, preko koje su oni pričvršćeni na kazan transformatora. Pri tome zvuk, emitovan kolutom, kompenzira prvi harmonik, što može da izazove smanjenje buke za 10 dB.

12. Zaključak

Na kraju se može reći, da su metode smanjenja buke transformatora relativno pouzdane, ali u isto vreme skupo koštaju, i njihova primena zahteva prethodni tehničko-ekonomski proračun. Pri serijskoj proizvodnji transformatora ne može da se postavlja zadatak da se buka smanji putem elektromagnetnog proračuna dimenzija transformatora, jer ne postoje podjednaka ograničenja nivoa buke na svim mestima, gde se postavljaju odgovarajući transformatori. U svim slučajevima nužno je strogo poštovati tehnološke postupke, koji su provereni u pogledu postizanja smanjenja nivoa buke.

Za velike ili male jedinice, koje se postavljaju u naseljenim, stambenim područjima, zadatak smanjenja buke ima veoma oštar karakter, usled čega moraju da se koriste najefikasnije metode s tehničkog i ekonomskog aspekta.

Literatura

1. Thoeng A. T. — The limitation of transformer noise annoyance »Holectehniek«, 1973, 3, № 2, 68—75.
2. Chujev V. M. — Oganichenie vrednogo vozdejstvija shuma transformatorov »Ekspress — informacija«. »Elektricheskie mashiny i apparaty« № 46, 1973.
3. Voljfkovich Ja. E. — Meroprijatija po ogranicheniju shuma transformatorov. »Energofozjajstvo za rubezshom«, 1973, br. 4, 26—31.
4. Lazaroiu F. D. Bikiz N. — Zgomotul masinlor si transfomatoreclor elektrice, Bucuresti, Editura tehnica, 1968.
5. Tropin A. Kiril — Sprečavanje buke od opreme ugrađene u višespratnim zgradama. »Jugoslovenska i inostrana dokumentacija zaštite na radu«, br. 8. 1972. god.

Naslov pisca: Kiril A. Tropin, dipl. ing.
ZEPS, Beograd

NORME SIGURNOSTI RASKLOPNIH ELEMENATA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

(Prijevod referata s konferencije Engleskog instituta elektroinženjera — listopad 1967. godine u Londonu)

Norme sigurnosti opskrbe uvedene u elektroenergetski sistem utvrđene su do nekog stupnja proizvoljno, zato što nema opće priznatih, odnosno prihvaćenih formula za prikazivanje realnih odnosa između opravdanih (svrsishodnih) ulaganja kapitala (investicija) i vjerojatnosti narušavanja stabilnosti elektroenergetskog sistema. Tek upotreba statističkih metoda pri određivanju faktora sigurnosti opskrbe, te pouzdanosti turboagregata i vlastitih stanica u slučaju potrebe, skrenula je na sebe veću pažnju.

Može se konstatirati, da se do sada u stručnoj literaturi sigurnosti opskrbe i sigurnosti prijenosa električne energije pridavalo manje značaja. To se može objasniti time, što je vrijednost, odnosno cijena gradnje transformatorskih stanica odlučujući faktor. Danas postoji trajna tendencija povećanja broja stanica i povećanja njihovih opterećenja, često udaljenih od osnovnih centara konzuma, dakle onih stanica koje spajaju elektroenergetske sisteme. (U Velikoj Britaniji je ulaganje u tzv. kapitalne stanice dostiglo 20% svih investicija u elektroprivredi u 1966. godini).

Kod eksploatacije elektroenergetskih sistema valja općenito skrenuti pažnju na četiri uvjeta:

1. Izdatke potrošača za opskrbu električnom energijom;
2. Kvalitetu opskrbe i spremnost za rad izvora napajanja;
3. Optimalno iskorištenje ulaganja investicija, tj. kapitala i energetskih izvora;
4. Sposobnost zadovoljavanja potreba u svim sistemima.

Ponašanje svih sudionika u elektroenergetskom sistemu osigurava cijenu kao osnovni faktor pri ostvarivanju potreba elektroopskrbe, s time da se u sadašnje vrijeme ponašanje pravilno ocijeni.

Nagli razvitak elektronike i proizvodnje kozmičkih aparata imao je za rezultat veliki razvoj teorije sigurnosti napajanja i neophodno poboljšanje spremnosti i djelovanja cijelog sistema. Nova tehnika razvila je poboljšanje sigurnosti opskrbe sastavnih elemenata i konstrukciju novih sistema, kod kojih se ispad nekog elementa reflektira bez opasnih posljedica.

U referatu je iznijet pregled kvarova podvrgnut analizi, pa može pridonjeti kvantitativnom ispitivanju pouzdanosti napajanja i pružiti mogućnost registriranja odnosa između sigurnosti i troškova. Na taj način bi se mogao izraditi takav pristup sigurnosti opskrbi potrošača koji bi dao opće optimalno rješenje.

Norme opskrbe električnom energijom

Britanska elektrotehnička pravila propisuju ponašanje pri isključenju za vrijeme remonta ili havarija, i dozvoljavaju odstupanje napona za ± 6%, a frekvencije za ± 1% od nominalnih vrijednosti.

Norme napajanja na mreži 275 i 400 kV Centralnog elektroenergetskog dispečinga Velike Britanije (koja je sastavljena od izvora napajanja različitih mogućnosti) dane su u tablici 1.

Norme sigurnosti opskrbe u osnovnim čvorištima elektroenergetskog sistema

Klasa A: Za maksimalno opterećenje 15 MW i više, garantirano je sigurno napajanje tako da ne dolazi do gubitaka kod potpunog ili djelomičnog prekida pri kratkom spoju ili remontu.

Klasa B: Za maksimalno opterećenje 5 MW i više, ne zadirući u klasu (A), osigurava se sigurnost napajanja rezervnim izvorom napajanja. U slučaju prekida normalnog napajanja mora biti brzo uspostavljeno napajanje uključivanjem podstanica s posadom bez prethodne najave, odnosno pripreme, a da oprema ne strada.

Klasa C: Za maksimalno opterećenje veće od 1 MW ne zadirući u klasu (B), osiguravaju se izvori rezervnog napajanja, nakon čega se kvar ustanovi, lokalizira i otkloni.

Klasa D: Za maksimalno opterećenje manje od 1 MW nisu neophodni izvori rezervnog napajanja.

Za opterećenje veće od 1 MW nakon izvršenja sklopke nužno je osigurati rezervno napajanje, a kod opterećenja od 15 MW, i više, potrebno je osigurati *garantirano sigurnosno napajanje.*

Sigurnost opskrbe uzima u obzir napajanje koje garantira isključenje serijskih ili pojedinih uređaja uslijed rezultatne struje kratkog spoja, ili radi remonta i često puta označava dvostruko napajanje s upotrebom izvora sa 50% rezervom. Zbog preopterećenja (usko grlo prijenosa), potrebno je udovoljiti kriteriju za podjednaku propusnu moć, kada radi prijenosa maksimalnog opterećenja, koeficijent iskorištenja iznosi 66%. Po pravilu troškovi imaju tendenciju smanjivanja uz povišenje iskorištenja i ubrzanje kompenziranja visokih specifičnih troškova. Međutim, izbor mjera sigurnosti napajanja u ovisnosti o opterećenju, počiva na proizvoljnim i u osnovi proturiječnim uvjetima,

stvarajući prihvatljiv sistem minimalnih troškova. Klizna skala sigurnosti sistema, koja je prihvaćena u Velikoj Britaniji, osnovana je na skupljenom iskustvu o sigurnosti, određujući stupanj sigurnosti napajanja većine potrošača uz uvjet da je neprekidno napajanje osigurano tokom 99,98% vremena (npr. jedne godine).

Norma sigurnosti je povezana s veličinom opterećenja, te na nju ne djeluje količinski značajnije sigurnost osnovnih točaka sistema elektroopskrbe, no postoji povećanje sigurnosti uz pomoć proračuna mogućnosti otklanjanja nekih većih kvarova ili elemenata kvarova kao rezultata havarije ili remonta. Stupanj sigurnosti obvezno uzima u obzir definirane norme opskrbe električnom energijom koje, međutim, ne određuju specifične kvarove. Stoga je važno znati kakav specifični kvar će nastati i na kojem mjestu pri promjeni konkretnih uvjeta.

Norme sigurnosti, primijenjene u najnovije vrijeme, ne razlikuju se za duge i kratke vodove, kabele i zračne vodove.

Sigurnost sistema

Sigurnost sistema ovisi o sigurnosti pojedinih njegovih elemenata, a također i o shemi sistema. Ni jedan element ugradnje ne može štititi 100%-tnom sigurnošću, pa prema tome ne postoji sistem u kojem vlada 100%-tna sigurnost, iako joj se možemo dosta približiti.

Specifični kvar je definiran u danom stanju kao srednji broj kvarova elemenata u jednoj godini, odnosno može biti određen kao broj isključenja opterećenja na godinu.

Dobiveni rezultati putem vrijednosti specifičnih kvarova nekih elemenata u sistemu Centralnog elektroenergetskog dispečinga Velike Britanije, prikazani su u tablici 2, a rađeni su na osnovi statističkih podataka o hvarijama u razdoblju 1963. — — 1964. godine.

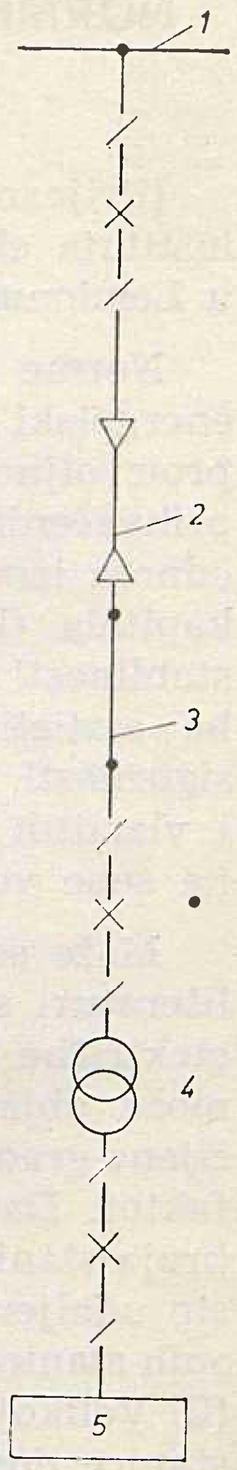
Na skici 1 su prikazani elementi otcjepnog voda u sistemu elektroopskrbe.

Pokusnim putem je dobivena dopuna specifičnih kvarova reduciranih u odnosu na vrijednost pojedinih elemenata, što je uvedeno u tablici 2.

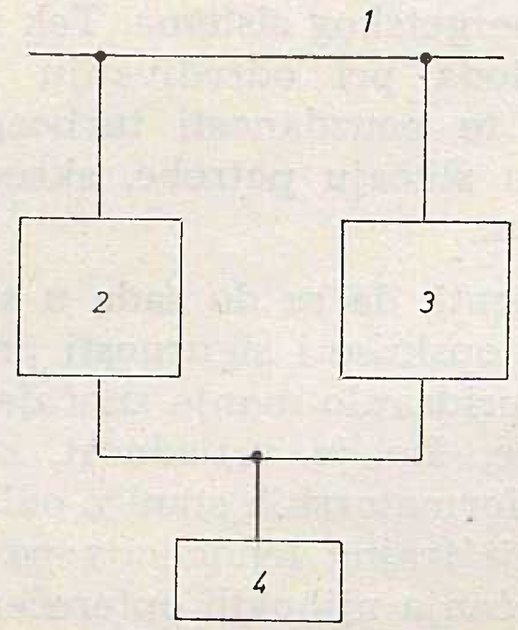
Ukupna vrijednost sistema jednaka je sumi vrijednosti pojedinih elemenata (koja naravno uključuje troškove izgradnje sistema u cjelini, troškove eksploatacije itd.).

Tablica 2

Element	Broj specifičnih kvarova na godinu	Troškovi %
Nadzemni vodovi	0,015 na 1 km	—
Kabeli	0,019 na 1 km	—
Sklopna garnitura	0,05	—
— namoti	0,006	
Transformatori		70
— Reg. sklopka otcjepa	0,025	15
— primarni uzroci	0,025	10
Relejna zaštita	0,7	5
Povrede osoblja	10% svih kvarova	



Sl. 1. Shema otcjepnog voda (otcjepa)
1 — pojne sabirnice 132 kV; 2 — kabel; 3 — zračni vod; 4 — transformator; 5 — opterećenje (potrošač).



Sl. 2. Shema napajanja konzuma (opterećenja) po dvostrukom otcjepu.
1 — izvor napajanja; 2, 3 — postrojenje; 4 — opterećenje.

Pri niskim specifičnim kvarovima ukupni specifični kvar svih sistema zajedno, skoro je ravan sumi specifičnih kvarova pojedinih elemenata:

$$r = 1 - (1 - r_1)(1 - r_2) \ldots (1 - r_n)\, r_1 + r_2 + \\ + \ldots r_n$$

Ako upotrebljavamo dvootcjepni odvojak ili složeniji sistem, kako je prikazano na skici 2, mogu se dešavati kvarovi, a da se paralelno ili uzastopno uključuju elementi. Opća vrijednost kombinacije (spoja) jednaka je sumi vrijednosti pojedinih elemenata, a specifični kvar je određen proračunom serijsko-paralelnog sistema elemenata. Pri paralelnom spoju specifični kvarovi se množe, pa opća formula glasi:

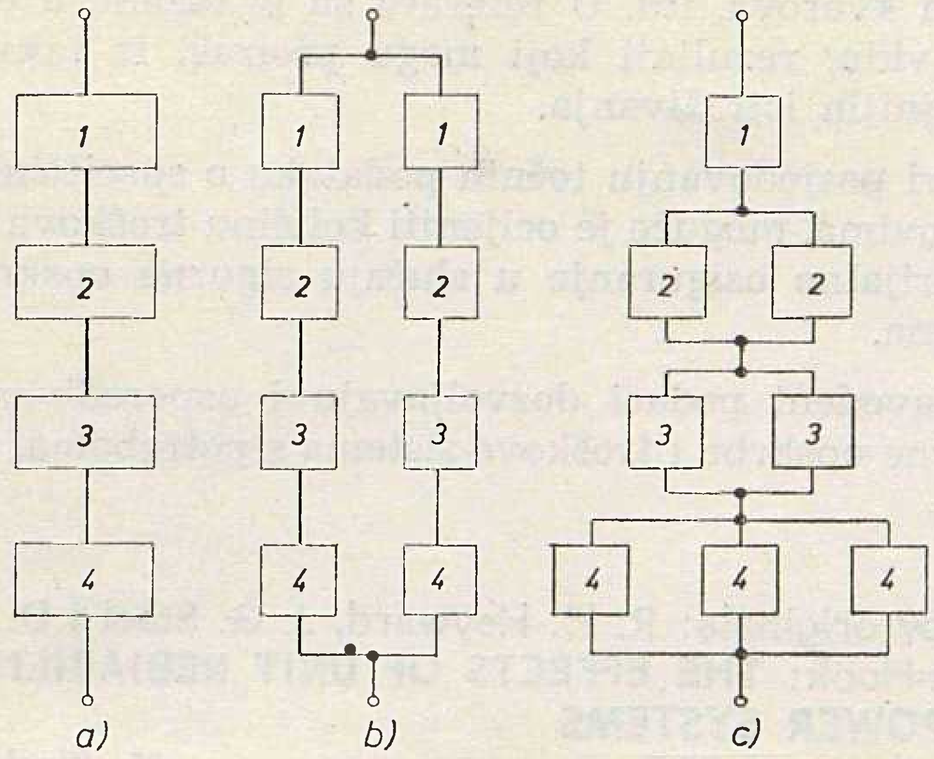
$$r = r_1\, r_2 \ldots\ldots, r_n$$

Koristeći dijagrame specifičnih kvarova i odgovarajuće troškove, mogu se kod primjene konkretnih postrojenja odrediti realni odnosi između vjerojatnosti sloma (raspada) sistema i troškova, koji proizlaze iz angažmana rezervnih postrojenja.

Za ilustraciju razmotrimo konstrukciju idealiziranog transformatora koji radi jednostavnosti možemo zamisliti da je sastavljen iz četiri elementa, kako je to prikazano na skici 3a.

Jedna od metoda povećanja sigurnosti je upotreba kompletnog rezervnog transformatora, a prikazana je na skici 3b.

Varijanta shematski prikazana na skici 3c, gdje se umjesto cijelog rezervnog transformatora uzimaju svi rezervni dijelovi osim namota, može biti jeftinija, a ipak dovoljno sigurna.



Sl. 3. Varijante idealnog transformatora.
1 — namot; 2 — prebacivač otcjepa; 3 — pomoćni uređaji; 4 — relejna zaštita.

Ovdje je naveden primjer računa za pojedine sheme na skici 3a, b i c:

a) Specifični kvar transformatora iznosi:
$0{,}006 + 0{,}025 + 0{,}025 + 0{,}07 = 0{,}126$
vrijednosti, odnosno troškovi
$70 + 15 + 10 + 5 = 100$ jedinica

b) Specifični kvar za shemu na skici 3b
— shema sa dva transformatora
$(0{,}006 + 0{,}025 + 0{,}025 + 0{,}07)^2 = 0{,}016$
vrijednosti odnosno troškovi
$2\,(70 + 15 + 10 + 5) = 200$ jedinica

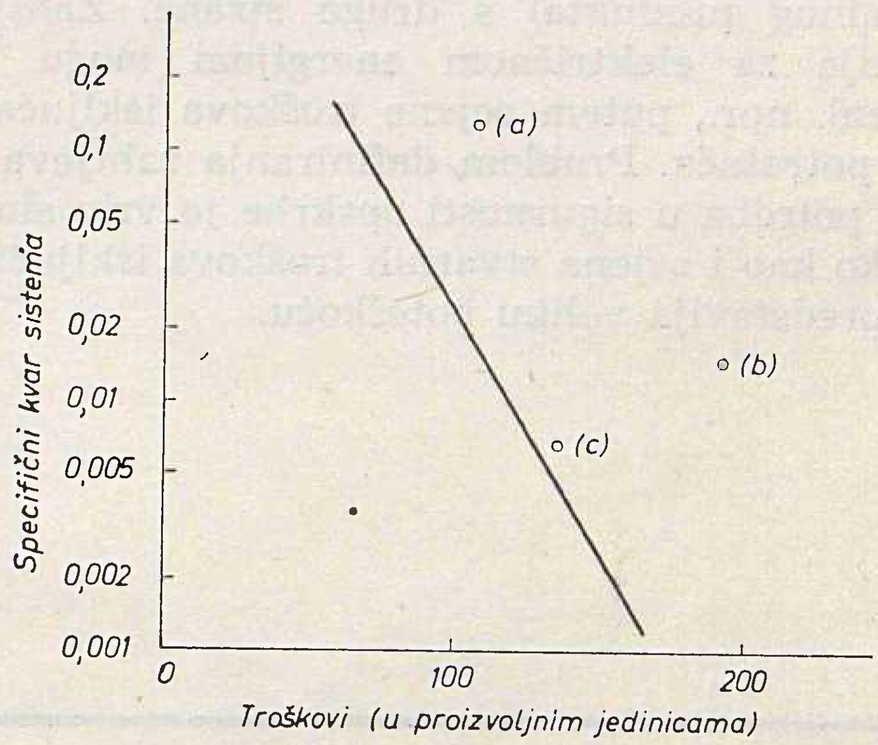
c) Specifični kvar za shemu na skici 3c iznosi:
$0{,}06 + (0{,}025)^2 + (0{,}025)^2 + (0{,}07)^3 = 0{,}008$
vrijednosti odnosno troškovi
$70 + 2 \times 15 + 2 \times 10 + 3 \times 5 = 135$ jedinica

Kako vidimo, shema na skici 3c je jeftinija od sheme sa dvostrukim transformatorom, a ipak dovoljno sigurna.

Realni transformator je složeniji od prikazanog u ovom jednostavnom računu, ali ovi računi ipak mogu pokazati približno realne mogućnosti i dimenzije i to samo u slučaju, ako imamo detaljnu statistiku havarija. U složenijim slučajevima za detaljno istraživanje može biti primijenjeno linearno programiranje na IBM — elektroničkom računalu. Ovi principi mogu biti primjenjivani na cijele sisteme i u takvom obliku se mogu prikazati mogućnosti proračuna vrijednosti dovoljno pouzdanog nivoa sigurnosti sistema.

Konstanta sastavljanja troškova sistema

Posljednjih godina postignut je značajan rezultat pri razvijanju teorema, koji određuju krajnu granicu sigurnosti sistema u rastućem napretku cjelokupnog svijeta. Najvažnije iz tih teorema je određivanje krajne granice koja nastupa, ako imamo neizmjeran broj sistema koji moraju biti upotrijebljeni pri sprečavanju havarija sistema (tj. koji su dužni sadržavati sve mogućnosti sistema). Također je bitno uočiti, ukoliko se angažira dopunska proizvodnja za povišenje sigurnosti, da kvar elemenata sistema ne ovisi o drugom kvaru, s time da su troškovi u logaritamskoj ovisnosti o specifičnom kvaru sistema. Zato, općenito neovisno o konfiguraciji sistema, specifični se kvar pravilno projektiranog sistema, kod povećanja troškova, smanjuje po eksponencijalnoj krivulji — skica 4.



Sl. 4. Troškovi (u proizvoljnim jedinicama)

Lako je uočiti primjenu rezervnih elemenata s pojedinačnom vrijednosti (S_1) i vjerojatnošću kvara (r_1). Suma troškova (n) elemenata jednaka je:

$$S_n = n\,S_1,$$

dok općenito vjerojatnost kvara svih elemenata iznosi:

$$r_n = r_1^n$$

prema tome slijedi:

$$S_n/\ln r_n = n\,S_1/n \ln r_1 = S_1/\ln r_1 = y = \text{const.}$$

za sve (n) i dalje proizlazi:

$$S_n = -y \ln r_n.$$

Prije smo pokazali što izlazi, ako svi sistemi imaju konstantne troškove

$$y = -(S_1/\ln r_1) - \ldots\ldots - (S_n/\ln r_n),$$

i ako specifični kvar sistema (r) ne može biti manjih troškova od

$$S = y \cdot \ln r.$$

Ako prihvatimo da je trajanje osnovnih elemenata elektropostrojenja prosječno dvadeset godina, onda slijedi vjerojatnost kvara:

$$r_1 = r_2 = \ldots\ldots r_n = 0{,}05$$

i suma konstantnih troškova iznosi:

$$y = -(S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_n) / \ln 0{,}05$$

ili

$$y_{\Sigma} = 1/3 \text{ sumarnih troškova sistema}$$

Takvom formulom troškovi koji, primjerice, iznose 100 mil. funti sterlinga, sadrže konstante troškove u visini oko 330 mil. funti sterlinga, što predstavlja najveću ekonomičnost koja može biti dostignuta, ako primijenimo specifične troškove sistema u iznosu od 2,7.

Pri izboru sheme sistema, koja zadovoljava proračun takvog odnosa između troškova i vjerojatnosti kvarova, obvezno je svratiti pažnju na zahtjev potrebne sigurnosti opskrbe potrošača s jedne strane i troškova (vrijednosti kapitala i cijene općeg nacionalnog produkta) s druge strane. Zahtjevi industrije za električnom energijom mogu biti ostvareni, npr., putem ocjene troškova isključenja danog potrošača. Problem definiranja zahtjeva životnih potreba u sigurnosti opskrbe je vrlo složen isto tako kao i ocjena stvarnih troškova isključivanja, i predstavlja veliku poteškoću.

Zaključak

Pretpostavke uzete u obzir kod ovih računa zaneophodno htijevaju široka i teoretski detaljnija istraživanja konfiguracije sistema, troškova, specifičnih kvarova, itd. U referatu su pokazani, u općem vidu, rezultati koji mogu proizaći iz takvih detaljnijih istraživanja.

Pri posjedovanju točnih podataka o specifičnim kvarovima, moguće je ocijeniti količinu troškova za materijalno osiguranje u slučaju sigurne opskrbe sistema.

Navedeni podaci dozvoljavaju i uspoređivanje sigurne opskrbe i troškove sistema s potrebama.

Naslov originala: R. H. Heyward, J. G. Steel i D. T. Swift-Hook: **THE EFFECTS OF UNIT REBIABILITY ON POWER SYSTEMS**

M. Šicel

TEP

TVORNICA ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA, ZAGREB - VRAPČE

Proizvodi:

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

TEP — Zagreb, Vrapče
Oranički odvojak 18

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

IZBOR HIDROELEKTRANA 200 MW ZA POTREBE ELEKTROPRIVREDNOG SISTEMA SRH

Na sjednici Upravnog odbora elektroprivrednih organizacija SRH, djelatnosti proizvodnje i prijenosa, održanoj 25. 10. 1974. odobren je materijal »Prva razrada plana izgradnje elektroenergetskih objekata proizvodnje i prijenosa za razdoblje 1976. — 1980. godine«. U tom materijalu obuhvaćen je i izbor hidroelektrana ukupne snage 200 MW u smislu ranijih zaključaka tog Upravnog odbora, Privredne komore SRH i Izvršnog vijeća SRH. Također je isto prihvaćeno na sastanku Skupštine elektroprivrednih organizacija, 30. listopada.

Izbor hidroelektrana ukupne snage 200 MW obavljen je na temelju traženja svih partnera u Društvenom dogovoru o programiranju razvoja i planiranju izgradnje elektroprivrednih objekata, po zaključcima:

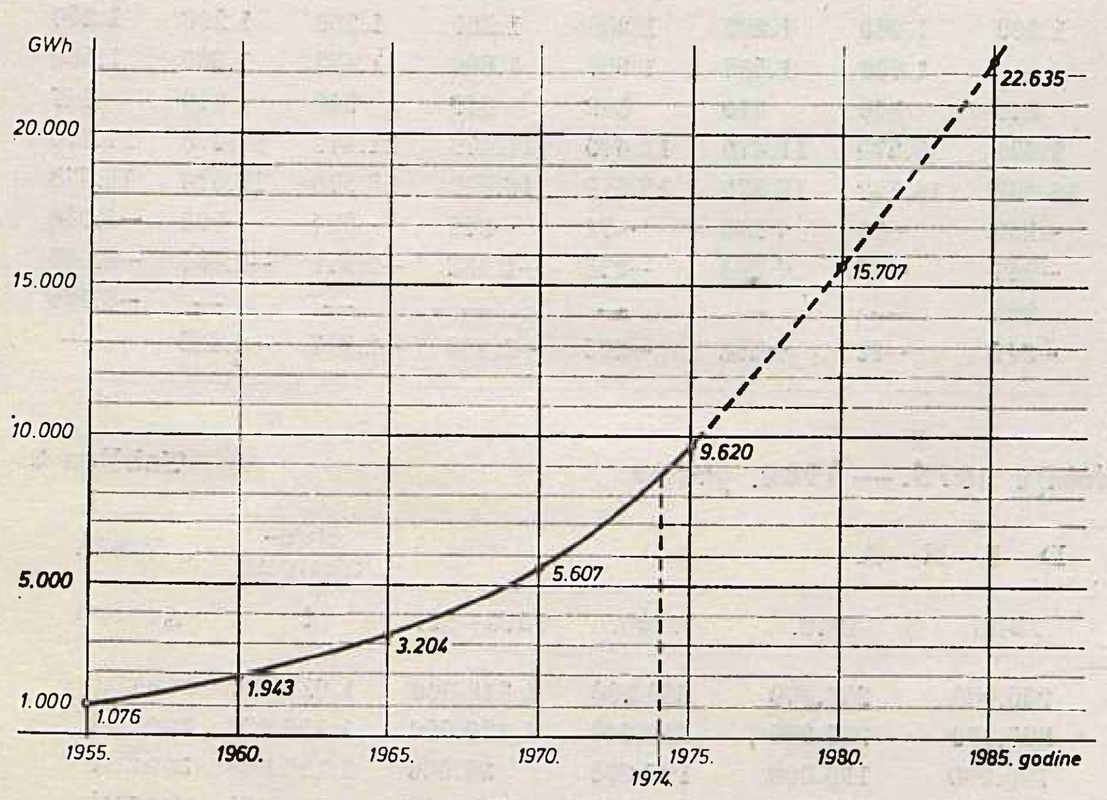
— Upravnog odbora elektroprivrednih organizacija SRH, djelatnosti proizvodnje i prijenosa, od 20. 3. 1974.
— Skupštine privredne komore SRH, od 11. 6. 1974.
— Izvršnog vijeća Sabora SRH od 11. 6. 1974.

Ovi zaključci sadrže i obvezu da se s izgradnjom započne već u 1975. godini.

Najveću je pažnju u diskusijama o materijalu »Prva razrada plana« dobio baš izbor hidroelektrana.

Svrha ovog materijala je da sumira razrade i saznanja u vezi s pojedinačnim elementima plana, da *se omogući donošenje odluka unaprijed za slijedeće plansko razdoblje,* te da se ujedno definiraju zadaci, nosioci i rokovi u kojima je neophodno izraditi dopunsku dokumentaciju i analize za pravovremeno donošenje plana.

Osnovni element plana izgradnje elektroenergetskih objekata je razvoj potrošnje električne energije. Prikazani razvoj potrošnje u ovom materijalu usklađen je s materijalima Republičkog zavoda za privredno planiranje.



Sl. 1 Ostvarena potrošnja i prognoza potrošnje električne energije do 1985.

U razdoblju od 1955. godine u SR Hrvatskoj je ostvarena potrošnja električne energije po godinama, odnosno po stanovniku, kako slijedi:

1955.	godine	1.076	GWh	268	kWh/stanov.
1960.	„	1.943	„	469	„
1965.	„	3.204	„	749	„
1970.	„	5.607	„	1.271	„
1975.	„	9.620*	„	2.130	„

Prosječna stopa porasta potrošnje električne energije u petogodišnjim razdobljima iznosi:

1960/1955.	12,5%
1965/1960.	10,5%
1970/1965.	11,8%
1975/1970.	11,3%

Planirana potrošnja električne energije sadrži prosječan godišnji porast u prvih pet godina tj. 1975/1980. od 10%, a u drugih pet tj. 1980/1985. prosječan porast od 7,7, odnosno u cijelom desetogodišnjem razdoblju, 1975/1985, porast od 8,8%.

U okviru plana izrađena je elektroenergetska bilanca, s obzirom na namjenu, u dosta pojednostavljenom obliku.

Mogućnost proizvodnje kako postojećih hidroelektrana i termoelektrana, tako i onih definiranih Rebalansom plana izgradnje i njegovom dopunom, utvrđena je na osnovi kriterija JUGEL-a (tablica 2). Prema ovom kriteriju proizvodnja hidroelektrana odgovara 70% vjerojatnosti pojave, što znači veću sigurnost od one koja odgovara prosjeku. Proizvodnja termoelektrana rezultira iz raspoložive snage i vremena korištenja.

U tablici 1 prikazani su podaci termoelektrana s kojima se išlo u elektroenergetsku bilancu. Snaga novog bloka u TE-TO Zagreb dijeljena je na protutlačni i kondenzacioni dio. Valja napomenuti da ovdje još nisu obuhvaćeni novi elektroplanski agregati za koje su donesene odluke na spomenutim sjednicama o prihvaćanju izgradnje u planskom razdoblju 1976—1980. To su EL-TO Zagreb 30 MW i TE-TO Rijeka 45 MW.

U tabličnom pregledu »Potrebe goriva za objekte u periodu 1975—1980. godine« — tablica 3, dane su potrebe goriva po vrstama, iz čega se vidi da je u promatranom razdoblju potrebno 6.409.000 tona mazuta, 423.130 tona ekstra lakog ulja, 244.700.000 Nm^3 plina ili ekvivalentnu količinu ekstra lakog ulja 244.000 tona i 1.380.000 tona ugljena.

Očigledno je da se radi o značajnim količinama, posebno tekućeg goriva. Ako se uzme u obzir da sve značajne količine nisu dugoročno ugovorno regulirane između INE i elektroprivrede u ovoj energetskoj krizi s jedne strane, te da je mogućnost isporuke u vezi sa značajnim ulaganjima u INI (naftovod, proširenje rafinerijskih kapaciteta) s druge strane, postoji opravdana bojazan elektroprivrede da će biti poteškoća u snabdijevanju gorivom, pogotovo ako se uzmu u obzir predviđanja INE o razvoju petrokemijskih kapaciteta na bazi istog goriva s kojim računa elektroprivreda.

Iz toga proizlazi i najznačajnija primjedba ovoj razradi plana, jer je očito da su termoelektrane na ulje predviđene s prevelikim proizvodnim programom što rezultira potroškom tekućeg goriva koji se neće moći realizirati.

Nakon puštanja u pogon novih velikih blokova u TE Sisak i TE Rijeka, elektroprivreda SRH trebat će godišnje 1,400.000 t tekućeg goriva (prema tablici 3), što je oko tri puta više od potrošnje u 1973. koja je u tom pogledu bila rekordna radi izuzetno slabih hidroloških prilika.

Izabrane hidroelektrane, HE Čakovec i HE Obrovac, s ukupnom proizvodnjom u prosječnim hidrološkim godinama od ukupno 850 mln kWh zamijenjuju

Tablica 1

Instalirane, raspoložive i minimalne snage termoelektrana s rokovima ulaska u pogon

MW

		Instalirana snaga	Prag	Raspoloživo	Tehnički minimum	Broj mjeseci u remontu
1. TE-TO Zagreb II (1/2)	1. I 1978.	62	56,6	45,8	45,8	1
2. NTE Krško (1/2)	1. I 1980.	316	313,3	153,8	126,9	2
3. TE Obrenovac	1. I 1979.	305	280	280	—	0
4. TE Tuzla IV		200	182	147	133,6	1
5. TE Kakanj-Gacko	1. I 1976. 1. I 1978.	150	138	138	—	0
7. TE Sisak I		210	198	160,4	56,7	1
8. TE Sisak II	1. I 1977.	210	198	160,4	56,7	1
9. TE-TO Zagreb II (1/2)	1. I 1978.	63	58	50,0	—	1
10. TE Rijeka	1. I 1978.	320	300,8	243,6	60,9	2
11. TE-TO Zagrb I/1		32	30	24,3	12,15	1
12. TE-TO Zagreb I/2		32	30	24,3	12,15	1
13. EL-TO Zagreb		12	10	8,1	4,05	1
14. TE Jertovac 1		14,8	14,5	11,7	—	1
15. PE Osijek 1	1. VI 1975.	25	24,8	20,1	—	1
16. PE Osijek 2	1. VI 1975.	25	24,8	20,1	—	1
17. TE Jertovec 2	1. VII 1975.	47,5	46,8	37,9	—	1
18. TE Jertovec 3	1. VII 1975.	47,5	46,8	37,9	—	1

Elektroenergetske bilance za razdoblje 1976. — 1985.

Tablica 2

		1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Konzum	(GWh)	10.542	11.899	13.437	14.516	15.707	16.845	18.058	19.547	20.975	22.635
Proizvodnja postojećih HE	(GWh)	4.200	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350	4.350
U izgradnji:											
— HE Varaždin (1. IV 1975.)	(GWh)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
— HE Zakučac II (1. I 1979.)	(GWh)	—	—	—	300	300	300	300	300	300	300
U k u p n o HE	(GWh)	4.650	4.800	4.800	5.100	5.100	5.100	5.100	5.100	5.100	5.100
Proizvodnja postojećih TE	(GWh)	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
U izgradnji:											
— TE Sisak II (1. I 1977.)	(GWh)	—	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
— TE Rijeka (1. I 1978.)	(GWh)	—	—	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650
— PE Jertovec (1. VI 1975.)	(GWh)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
— PE Osijek (1. VII 1975.)	(GWh)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
— TE-TO Zagreb (1. I 1978.)	(GWh)	—	—	500	500	500	500	500	500	500	500
— NE Krško (1. I 1980.)	(GWh)	—	—	—	—	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
— TE Tuzla IV	(GWh)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
— TE Obrenovac (1. I 1979.)	(GWh)	—	—	—	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680
— TE Kakanj-Gacko (1. I 1976. 1. I 1978.)	(GWh)	400	200	840	840	840	840	840	840	840	840
U k u p n o TE	(GWh)	4.000	4.900	7.690	9.370	11.470	11.470	11.470	11.470	11.470	11.470
S v e u k u p n o HE + TE	(GWh)	8.650	9.700	12.490	14.470	16.570	16.570	16.570	16.570	16.570	16.570
Manjak snage	(MW)	−380	−485	−256	−10	+140	−91	−280	−524	−762	−1.038
Manjak energije	(GWh)	−1.892	−2.199	−947	−46	+863	−275	−1.488	−2.977	−4.405	−6.065
Ugovoreni višak u SR Srbiji	(GWh)	300	300	300	—	—	—	—	—	—	−6.065
Manjak energije	(GWh)	−1.592	−1.899	−647	−46	+863	−275	−1.488	−2.977	−4.405	—

Potrebe goriva za elektrane u razdoblju 1975. — 1980. godine

Tablica 3

Red. broj			G O D I N A						Sveukupno	Vrsta
			1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1976—80.	t	goriva
1.	TE Sisak I	(t)	280.000	280.000	280.000	260.000	260.000	260.000	1,340.000	1,620.000	mazut
2.	TE Sisak II	(t)	—	—	280.000	280.000	280.000	280.000	1,120.000	1,120.000	mazut
3.	TE-TO Zagreb	(t)	170.000	180.000	190.000	190.000	195.000	195.000	95.000	1,120.000	mazut
4.	EL-TO Zagreb	(t)	90.000	100.000	108.000	113.000	117.000	126.000	564.000	654.000	mazut
5.	TE-TO Zagreb II-1	(t)	—	—	—	105.000	105.000	105.000	315.000	315.000	mazut
6.	TE Jertovec	(t)	50.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	300.000	350.000	mazut
6.a	TE Jertovec	(t)	30.000	72.000	72.000	72.000	72.000	72.000	360.000	390.000	ekstra lako
7.	TE Rijeka I	(t)	—	—	—	410.000	410.000	410.000	1,120.000	1,230.000	mazut
8.	PE Osijek	(Nm^3)	—	55,550.000	47,300.000	47,300.000	47,300.000	47,300.000	244,700.000	244,700.000	plin
8.a	PE Osijek	(t)	20.000	13.130	(40.000)	(40.000)	(40.000)	(40.000)	13.130	33.130	ekstra lako
9.	TE Plomin I	(t)	230.000	230.000	230.000	230.000	230.000	230.000	1,150.000	1,380.000	ugljen
	U k u p n o		590.000	620.000	918.000	1,418.000	1,427.000	1,436.000	5,819.000	6,409.000	mazut
	U k u p n o		50.000	85.130	72.000	72.000	72.000	72.000	373.130	423.130	ekstra lako
	U k u p n o		—	55,500.000	47,300.000	47,300.000	47,300.000	47,300.000	244,700.000	244,700.000	plin
	U k u p n o		230.000	230.000	230.000	230.000	230.000	230.000	1,150.000	1,380.000	ugljen

godišnje oko 200.000 t tekućeg goriva, što se mora povoljno odraziti i na godišnje troškove proizvodnje u elektroenergetskom sistemu, jer se na taj način ušteđuje u troškovima za gorivo godišnje oko 300 mln din. Ova ušteda je veća nego što su stalni godišnji troškovi za obje elektrane.

Izgradnjom ovih elektrana omogućuje se režim pogona mazutnih termoelektrana, koje će biti u pogonu u idućem planskom razdoblju, odgovarajući njihovoj namjeni, tj. da budu dopuna u sistemu, s godišnjim iskorištenjem raspoložive snage 3000—5000 sati.

Prikazana elektroenergetska bilanca o svemu tome nije vodila računa, pa i njene rezultate valja uzeti s rezervom. Zato se u razdoblju 1976—1980. mogu očekivati situacije što će ih biti veoma teško savladati unatoč, u planovima, velikih investicija u termoelektrane, s dodatkom ovih dviju hidroelektrana. K tome još dolazi i najveća poteškoća, da za većinu ovih objekata nije postavljena solidna konstrukcija financiranja, tj. nisu osigurani sigurni izvori financiranja koji bi omogućili brzu, a to znači efikasnu i najjeftiniju izgradnju.

B. B.

ZAUSTAVLJANJE RAZVOJA?

Pred dvije godine su istraživači Massachusetts Instituta of Technology, pod vodstvom Denisa Meadowsa izradili studiju »Granice razvoja« i alarmirali svijet kako pomanjkanje prirodnih izvora i porast stanovništva vodi čovječanstvo u propast. Slijedila je burna rasprava među specijalistima i u javnosti, izazvana velikim publicitetom masovnih medija, a vrhunac tome su bili zaključci tzv. Rimskog kluba.

Sada se pojavio rad grupe ekonomista sveučilišta u Sussexu, Vel. Britanija, koji kritizira metodu MIT-a i primjenu njihovog matematičkog modela, koji je trebao simulirati glavne elemente razvoja. Osnovna je zamjerka da nije postojalo dovoljno polaznih informacija, a osim toga, da je izvještaj MIT-a uopće manjkav, da ne sadrži, npr. podatke o polaznim hipotezama, niti o matematičkoj konstrukciji modela.

Izbor polaznih hipoteza je pitanje ocjene i stvar je koncepcije obrađivača a priori. To se ne smije zaboraviti i ne pouzdati se u kvazi objektivnost matematičkog modela. Grupa iz Sussexa proučila je pet podsistema MIT-a (prirodni izvori, pučanstvo, ishrana, kapital i polucija) i našla da polazne hipoteze podsistema ne zadovoljavaju, osim onog o pučanstvu. Nadalje tu je i pomanjkanje ulaznih podataka, što se sve može razumjeti, ali se ne može oprostiti davanje toliko važnosti rezultatima jednog računa čiji su temelji toliko krhki.

Za konstrukciju sistema polucija nema nikakvih empiričkih podataka i ne postoji mogućnost da se različite opasnosti od polucije svedu u nekakve uopćene pokazatelje, a još manje je opravdano pretpostaviti da će opasnosti od polucije rasti eksponencijalno s investicijama.

Kod prirodnih izvora načinjena je pogreška što su zamijenjeni apsolutni fizički limiti s rezultatima o poznatim ležištima minerala, čija koncentracija dozvoljava ekonomsko iskorištavanje poznatim metodama. Apsolutne količine primarnih sirovina sadržanih u zemljinoj kori i u oceanima su tolike da su dovoljne za daleko duže vrijeme nego li to proizlazi iz modela. Problem nije toliko u geološkim potencijalima, koliko u tehnikama iskorištavanja i reciklaži prirodnih izvora. Grupa iz Sussexa upozorava da je već i relativno mali tehnički progres dovoljan da udalji u nedogled svjetsku nestašicu sirovina. To ne znači da neće biti povremenih kriza koje će se prema iskustvu iz prošlosti prevladavati zamjenom osnovnih sirovina.

Konstatira se, da model ne sadrži podsistem o energiji, gdje bi mogao doći do izražaja strah od pomanjkanja goriva, u prvom redu nafte, radi iscrpljivanja do sada poznatih bogatih nalazišta. Međutim i ovdje valja strah nadomjestiti intenzivnim istraživanjima. Svjetske rezerve bitumenskih škriljaca i pjeska, kao i ugljena, daleko su veće nego rezerve nafte, ali njihovo iskorištenje ovisi o brzini razvoja novih tehnologija. Na dulji rok, termonuklearna fuzija ima ogromne prednosti, kako pri zaštiti okoline, tako i pri proizvodnji energije. Prije sto godina nitko nije računao s nuklearnom energijom, a sada se valja pouzdati u pojavu novih reaktora, iskorištavanje sunčeve energije, plinofikacija ugljena i drugih postupaka za dobivanje energije.

Model ne predviđa mogućnost tehničkog razvoja u opskrbi sirovina, energijom, zatim u poljoprivredi i u borbi protiv zagađenja, ali pretpostavlja povećanje produktivnosti uloženih kapitala. Ostale hipoteze odnosno njihov veći dio, u podsistemu kapital, smatraju kritičari neodrživim.

Osnovni prigovor svemu je što se nisu uzeli u obzir glavni dinamički pokretači razvoja društva, a to su obrazovanje i istraživanje, kao i opći ljudski faktori, a naročito volja čovjeka da mijenja stvari, kao jednu od njegovih najznačajnijih crta.

Druga reakcija na model došla je iz Argentine, zemlje u razvoju, gdje je u centru za studije i istraživanja u Barilochu, pod vodstvom dr Herera, grupa fizičara, ekonomista, sociologa i matematičara izradila alternativu modelu MIT-a. U model Bariloch uvedene su dvije zavisnosti koje smatraju bitnim.

Prvo, uvedena su četiri ekonomska strupnja razvoja i drugo, uveden je pokazatelj blagostanja, pomoću kojega se nastoji definirati ukupnost dobara (fizičkih, obrazovnih i kulturnih) što ih svaki čovjek treba da dostigne u jednom budućem stanju jednakosti koje ne odgovara viziji razvijenih zemalja. Nadalje, model uvodi funkciju obrazovanja koja se povezuje na stupanj razvijenosti. Model treba da daje normative razvoja s kojima se mogu postići ciljevi, a da se ne prekorače mogućnosti tehnoloških granica, niti iscrpe prirodni izvori. Pokazali su da npr. Latinska Amerika može proizvesti dovoljno hrane za $1{,}4 \times 10^9$ stanovnika, dok će 2000. godine dostići tek broj od $0{,}7 \times 10^9$.

Ovo su doprinosi intelektualaca borbi za raspodjelu svjetskog kolača — ili samo kruha?

B. Baranović

La Recherche, Paris, br. 43/1974.

25 GODINA SEV-a — OSNOVA ZA RAZVITAK ENERGETSKOG GOSPODARSTVA U ZEMLJAMA ČLANICAMA

Prošlo je 25 godina od osnutka Savjeta za međusobnu ekonomsku pomoć SEV. U tom se razdoblju, od 1949. do 1973. maksimalni dohodak zemalja uosmerostručio, a industrijska proizvodnja udvanaestorostručila.

Osnovni zadatak u daljnjoj suradnji zemalja članica proizlazi iz kompleksnog programa koji je ponovno potvrđen na XXVIII Savjetovanju.

Glavna pitanja goriva i energetike bila bi slijedeća:

— povećanje osnovnih zaliha čvrstih, tekućih i plinovitih nosilaca energije,
— osiguranje članica ugljenom za energetiku i koksiranje,
— povećanje proizvodnje nafte i zemnog plina, kao i povećanja njihovog izvoza iz SSSR-a,
— razvoj elektrogospodarstva uključujući nuklearnu energiju, racionalno iskorištenje nosilaca energije i na kraju stvaranje materijalno-tehničkih preduvjeta za razvoj grana za gorivo i energiju u zemljama SEV-a.

Međusobna suradnja članica SEV-a na polju energetike je nužna i provodi se na temelju dosadašnjih iskustava i zajedničke naučno-tehničko-ekonomske suradnje. Potreba suradnje počiva na nizu faktora koji utječu na stvaranje i ubrzanje integracije na polju energetike:

1. Nejednolika teritorijalna razdioba goriva i energetskih izvora.
2. Porast udjela visokovrijednih nosilaca energije u energetskim bilancama.
3. Visoka dinamika porasta potrošnje elektroenergije, koja prelazi ostale nosioce energije za 2 do 3 puta.

Dok zajednica zemalja SEV-a u cjelini ima dovoljno za pokriće svojih potreba, jedino SSSR ima samo za sebe dovoljno svih nosilaca energije. Tamo se nalazi 55% ugljenih zaliha svijeta, 45% zaliha plina i 37% naftonosnih polja. Osim toga jedino Poljka i Čehoslovačka raspolažu značajnijim zalihama kamenog ugljena, a Rumunjska značajnijim zalihama nafte i zemnog plina. U posljednjim su se godinama otkrila nalazišta zemnog plina u Mađarskoj, Poljskoj i DR Njemačkoj. Sve pak zemlje raspolažu znatnim zalihama smeđeg ugljena i lignita koji se upotrebljava za proizvodnju električne energije.

U posljednjim se godinama, tj. od 1950. do 1973. povećala proizvodnja svih vrsta ugljena u zemljama SEV-a od 550 na 1.250 milijuna tona od čega 50% u SSSR-u.

U istom se razdoblju proizvodnja nafte udesetero-stručila, tj. od 44 na 440 milijuna tona, od toga u SSSR-u 38 na 421 milijun tona.

Zemnog plina se proizvodilo 1950. samo 9,2 milijardi m^3, dok u 1973, skoro 260 milijardi m^3, od čega 85% u SSSR-u.

Zbog različitih zaliha u nekim zemljama, uvezlo se u zemlje SEV-a 1973, 34 milijuna tona kamenog ugljena, 8 milijuna tona koksa kamenog ugljena i 67 milijuna tona nafte. Glavni dio ovog uvoza odvijao se iz zemalja lanica SEV-a, pri čemu je SSSR glavni izvozni partner. Zbog ovakve je internacionalne izmjene izgrađeno više velikih uređaja za transport nosilaca energije.

— Izgrađen je naftovod »Prijateljstvo« dužine 4500 km, za opskrbu Mađarske, Poljske, DR Njemačke i Čehoslovačke naftom. Do sada je tim naftovodom proteklo 250 milijuna tona nafte. Ova izgradnja nije omogućila samo sniženje troškova, prema željezničkom prijevozu na 1/5, već i razvoj petrokemijske industrije u zemljama članicama SEV-a.

— Plinovod »Sjeverni« omogućio je dobavu zemnog plina iz Sibira u Bugarsku, Mađarsku i DR Njemačku.

— Povećanje nacionalnih energosistema evropskih članica SEV-a sa zapadnoukrajinskim sistemom. Upravo suradnja u području elektroenergije donijela je mnoge tehničko-ekonomske koristi:

— izjednačenje dijagrama opterećenja,
— međusobnu pomoć kod kvarova,
— mogućnost ugradnje velikih proizvodnih blokova u razmjerno male nacionalne sisteme,
— izmjenu povremenih viškova elektroenergije.

Kao centralni organ kome je povjerena briga za ekonomično vođenje združenog elektrosistema članica SEV-a jest Centralna dispečerska uprava, osnovana 1962. Međusobna razmjena električne energije država članica porasla je od 2,5 milijardi kWh u godini 1963. na 17 milijardi kWh u 1973. To je trostruko veći trend porasta nego što je porast potrošnje u tim zemljama.

Da se pak omogući daljnje unapređenje kompleksnog programa razvoja, nastoji se:

— upotpunjavati suradnju na području planiranja i stvaranje odgovarajućih instrumenata planiranja,
— neposredno ujedinjavati razvojne i produkcione potencijale na odabranim područjima. Sada se upravo provodi koordinacija planova za razdoblje 1976. — 1980.

Zbog racionalnog prijenosa energije planiraju se slijedeći veliki radovi:

— izgradnja voda 750 kV na liniji Vinica — Zapadna Ukrajina (SSSR) prema Albertirsa (Mađarska) sa pripadnim transformatorskim stanicama.
— izgradnja plinovoda od točke Orenburg u dužini od 2750 km, za dobavu više od 15 milijardi m^3 zemnog plina godišnje, u evropske zemlje članice SEV-a.

U prošloj su godini izrađene prognoze potreba energije članica SEV-a do 2000. godine.

Planirane mnogostrane mjere integracija pozitivno će djelovati na poticanje budućeg razvoja integriranog gospodarstva.

Do sada je osnovano više od 20 internacionalnih udruženja od čega u energetici: Centralna dispečerska uprava objedinjenih elektrosistema, organizacija

za izradu aparata nuklearnih elektrana, »Interatominstrument« i prošle godine (1973.) »Interatomenego« čiji je glavni zadatak kooperacija u proizvodnji i dobavi opreme i gradnji nuklearnih elektrana u zemljama članicama SEV-a.

Predviđa se da će potreba za opremom nuklearnih elektrana iznositi 1975. 3000 MW, a 1980. godine 10.000 MW.

Kooperacija i izmjena rezultata rada vrlo je živa i na znanstvenom polju. U sekciji stalne komisije za elektroenergiju izrađeno je npr. od 1965. više od 500 naučnih elaborata.

Na XXVIII Savjetovanju SEV-a učinjeni su daljnji važni zaključci u vezi s planskim razvojem socijalističke ekonomske integracije. Na polju energetskog gospodarstva utvrđena je dugoročna koncepcija razvoja energetske baze i razvoj jedinstvenog interkonektiranog elektrosistema, kao i suradnja na radovima za proširenje izvora goriva i energije.

Energietechnik 1974. br. 9

B. Markovčić

ENERGETSKA POLITIKA EVROPSKE EKONOMSKE ZAJEDNICE

Poskupljenje nafte i velika ovisnost o njenom uvozu prisililo je članice Evropske ekonomske zajednice da mijenjaju svoje perspektivne planove o potrošnji energije.

Ukupna potrošnja primarnih nosilaca energije u Evropskoj ekonomskoj zajednici iznosila je u 1973. godini oko jednu milijardu tona u ekvivalentu nafte (1 kg = 10 000 kcal), a iz uvoza je bilo pokriveno 63%. Od 593 mln tona potrošene nafte ni 2% nije bilo iz vlastite proizvodnje.

Prema ranijim analizama iz 1972. godine ukupna potrošnja primarnih nosilaca energije u 1985. godini bila je ocijenjena na 1,8 mlrd tona u ekvivalentu nafte, dok je sada posebna komisija tu potrošnju smanjila na 1,6 mlrd tona. Bitne pretpostavke u smjeru smanjenja potrošnje su ove:

— Usporiti perspektivni porast potrošnje energije, tako da se prema prijašnjim ocjenama smanji za 12%, tj. da bude u 1985. godini 1,6 mlrd tona umjesto 1,8 mlrd tona.
— Udio nafte valja bitno smanjiti u korist drugih nosilaca energije, naročito prirodnog plina i nuklearne energije.
— Udio uvozne energije smanjiti od 63% na 42%, a u okviru toga nafte, tako da se u ukupnoj potrošnji nafte udio uvozne nafte smanji od 98% na 75%.

Perspektivna struktura potrošnje primarnih nosilaca energije prema sadašnjoj i prema onoj kako je bila prije ocijenjena je ovako:

	1973.	1985.			
		Nova ocjena		Stara ocjena	
	%	mln t	%	mln t	%
Ugljen	22,6	250	16	180	10
Nafta	61,4	655	41	1152	64
Prirodni plin	11,6	375	24	270	15
Hidroenergija	3,0	31	2	36	2
Nuklearna energija	1,4	264	17	162	9
Ukupno	100,0	1575	—100	1800	—100

Kako se iz prethodnog vidi, potrošnja ugljena u 1985. godini u Evropskoj ekonomskoj zajednici bila bi prema novim ocjenama oko 360 mln tona uvjetnog ugljena 1 kg = 7000 kcal) umjesto 260 mln tona prema starim ocjenama. Pretežni dio povećanja potrošnje trebao bi da se podmiri povećanjem vlastite proizvodnje.

Potrošnja nafte smanjila bi se za oko 500 mln tona, tj. umjesto 1152 mln tona samo 655 mln tona, i to bi se smanjenje ostvarilo smanjenjem uvoza na oko 490 mln tona i očekivanim povećanjem proizvodnje u Sjevernom moru. U 1973. godini uvoz nafte je iznosio 580 mln tona.

Potrošnja priprodnog plina, koja je u 1973. godini iznosila 153 mlrd kub metara (1 m^3 = 8400 kcal) porasla bi do 1985. godine na gotovo 450 mlrd kub metara, a ne na nešto više od 320 mlrd kub metara. Povećana potrošnja pokrit će se većim uvozom iz sjevernoafričkih zemalja i SSSR-a, te većom proizvodnjom na Sjevernom moru.

S obzirom na do sada već visoku iskorištenost vodenog potencijala potrošnja elektroenergije dobivene korištenjem vodnih snaga samo će se neznatno povećati, ali se zato očekuje naglo povećanje one dobivene korištenjem nuklearne energije i to za gotovo 19 puta.

Za realizaciju takve politike u potrošnji energije valjalo bi troškove za razvoj i istraživanje u oblasti energetike povećati na godišnje 625 mln funti, dok će ti izdaci i u 1974. godini iznositi 430 mln funti. Godišnji izdaci za razvoj energetike od 625 mln funti bit će oko 0,1% nacionalnog bruto proizvoda svih članica Evropske ekonomske zajednice ukupno prema 0,15% u SAD ili 0,14% u Japanu. (Erdöl — Erdgas — Zeitschrift, VIII. 1974).

V. B.

Prva turbogrupa od 600 MW u SR Njemačkoj u pogonu

Nedavno je ušla u pogon u elektrani Weisweiler, elektroprivrednog poduzeća RWE, turbogrupa snage 630 MW. To je prva od 4 grupe naručene kod tvrtke BBC Mannheim. Druga će u istoj elektrani ući u pogon početkom slijedeće godine.

Elektrana Weisweiler troši smeđi ugljen s dnevnog kopa. Počela je radom 1953. godine i danas ima, što u pogonu što u gradnji, ukupno snagu od 2300 MW. U toj je elektrana ugrađena 1955. prva turbogrupa od 150 MW bez međupregrijanja, koju je izradila tvrtka BBC. To je ujedno bio prvi blok te snage u Evropi.

Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 17

B. M.

Najveća evropska turbogrupa

Najveći evropski turboblok snage 650 MW ući će u pogon ujesen 1976. u sarskim rudnicima kod Saarbrückena.

Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 20

B. M.

Dobava sovjetskog zemnog plina u SR Njemačku

Od 1978. pojačat će se dobava zemnog plina iz SSSR-a u SR Njemačku. Poduzeće Ruhrgas A.G. zaključilo je novu, treću, dobavu plina u količini od 1,5 do 2,5 milijardi m^3 godišnje. Trajanje ugovora predviđeno je do 2000. godine. Prema tome sva tri dosadašnja ugovora osigurat će 1980. godine SR Njemačkoj 8,5 milijardi m^3 godišnje zemnog plina iz SSSR-a.

Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 19

B. M.

Dimnjak visine 360 m u Jugoslaviji

Poduzeće Karrena GmbH, Düsseldorf — Lintorf sklopilo je ugovor za gradnju najvišeg dimnjaka u Evropi. Gradnju će izvoditi s jugoslavenskim poduzećima Vatrostalna i Gradis.

Dimnjak te visine predviđen je zbog zaštite okoline, a služit će za novi dio TE Trbovlje u dolini Save. Zbog današnjeg dimnjaka koji ima samo 80 m, u okolini je znatno zagađen zrak. Visina novog dimnjaka od 360 m utvrđena je na temelju stručnih mišljenja razvojnog odjeljenja tvrtke Karrena, tvrtke TÜV iz Essena i Meteorološkog instituta Sveučilišta u Ljubljani.

Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 19

B. M.

Nosioci primarne energije u Njemačkoj DR

Odlučujući nosilac primarne energije u Njemačkoj DR ostaje i nadalje smeđi ugljen do 1980. godine. Udio smeđeg ugljena u bilanci primarnih nosilaca energije opada, pa će od 74,8% u 1970. godini pasti na 61,8% u 1975. godini. Također pada i udio kamenog ugljena i to za isto razdoblje od 7,6% na 4,9%. Naprotiv, udio nafte raste od 13,1% na 21,5%, a udio zemnog plina od 0% u 1970. na 7,2% u 1975. Proizvodnja smeđeg ugljena treba ostati do 1980. konstantna u iznosu od 250 milijuna tona godišnje.

Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 19

B. M.

Najveći mrežni transformator tvrtke ASEA uspješno ispitan

Upravo je uspješno ispitan najveći mrežni transformator građen u Švedskoj. To je tronamotajni transformator snage 1000/1000/300 MVA, napona 400/220,5/ /18,6 kV. Služit će za povezivanje švedske mreže 420 kV i 245 kV. Da se smanje struje kratkog spoja tražen je napon kratkog spoja između glavnih namotaja 15%.

Ukupni gubici kod punog opterećenja su 3500 kV. Ukupna težina transformatora sa rashladnim uređajem i uljem iznosi 500 t.

Elektrizitätswirtschaft 1974. br. 19

B. M.

Sinhroni kompenzator snage 160 MVAr

Ujesen 1975. bit će stavljen u pogon veliki sinhroni kompenzator što ga gradi tvornica BBC za Norvešku. On će biti ugrađen u 380 kV stanici Sylling, 50 km zapadno od Osla. Na mrežu 380 kV bit će vezana preko transformatora. Time će se pojačati prijenosna moć sistema, jer će jalova snaga biti proizvedena u blizini potrošačkog centra.

Karakteristike tog velikog stroja su slijedeće:

Snaga kod preuzbude	160 MVAr
kod poduzbude	90 MVAr
Napon	13 kV ± 7,5%
Frekvencija	50 Hz
Broj okretaja	750 o/min
Reaktancije X_d	150%
X_d'	40%
Dužina stroja	9,5 m
Težina bez pomoćnih uređaja	450 t
Gubici kod punog opterećenja	1650 kW

BBC - Mit. 1974. br. 5

B. M.

U pogonu je prva belgijska nuklearna elektrana

Prve nuklearne elektrane u Belgiji nalaze se upravo u gradnji. U Doel-u grade se dvije elektrane (Doel I i Doel II), a treća u Tihange. Sve tri elektrane imaju reaktore s vodom pod tlakom. Snaga svake od njih iznosi 390 MW. Prva nuklearna elektrana, Doel I već je u pokusnom pogonu.

Bull SEV 1974. br. 20

B. M.

Velike narudžbe za Jugoslaviju

Stručni časopis njemačke tvrtke AEG - Telefunken (br. 5, 1974.), objavljuje da su kod njih ugovorene velike narudžbe za Jugoslaviju u vrijednosti od 50 milijuna maraka. Ova je tvrtka, zajedno s talijanskom tvrtkom Riva — Calzoni dobila narudžbu za izradu opreme za pumpnoakumulaciono postrojenje Čapljina, koje će imati dva generatora po 270 MW. Ti će generatori biti među najvećima takve vrste u Evropi. Oba će agregata biti stavljena u pogon u drugoj polovini 1977.

Drugu je narudžbu dobila grupa AEG - Telefunken od slovenske elektroprivrede. To je oprema za plinsku termoelektranu od 100 MW na slovensko-hrvatskoj granici. Elektrana će imati tri plinsko-turbinska bloka po 25 MW. Izlazni plinovi od loživog ulja i lakih benzina grijat će, nakon izgaranja u plinskim turbinama, kotao (dobavljen u Waagner-Biro A.G. Wien), koji će dobavljati paru dvjema turbinskim grupama ukupne snage 25 MW.

AEG Telefunken 1974. br. 5

B. M.

VII redovna skupština i plenum Jugoslavenskog elektrotehničkog komiteta — JEK

Dana 1. listopada 1974, održana je u Zagrebu u poslovnim prostorijama tvornice »Rade Končar« VII redovna skupština i plenum Jugoslavenskog elektrotehničkog komiteta. Budući da se prema Statutu redovne skupštine održavaju svake 4 godine, na ovoj je skupštini, kao osnovno, raspravljano o minulom četverogodišnjem radu (VI skupština održana 10. IV 1970.) o čemu je izvjestio Izvršni odbor.

Broj radnih organizacija, članova JEK-a povećao se od 1961. od 85 na 94. Premda su u JEK učlanjena sva glavna jugoslavenska elektroindustrijska poduzeća, elektroprivrednih, a naročito elektrodistributovnih poduzeća vrlo je malo. Gledajući pak po republikama, najlošije stanje je u SR Makedoniji, gdje je samo jedna radna organizacija član JEK-a.

Rad tehničkih odbora bio je dosta različit. Postoje odbori i pododbori koji redovno i sistematski obrađuju materiju i pri tome pokazuju vrlo lijepe rezultate na nacionalnom i na internacionalnom planu. Ima međutim odbora koji ne pokazuju gotovo nikakvu aktivnost, i gdje sekretari jedva šalju dokumentaciju suradnicima odbora. Zapanjujuća je činjenica da oko 30% sekretara ne šalje godišnje izvještaje o radu odbora. Kontakt između sekretara tehničkih odbora i generalnog sekretarijata održan je, bilo povremeno na sastancima, bilo pismeno.

U promatranom četverogodišnjem razdoblju održana su 4 generalna zasjedanja IEC, gdje su sudjelovali jugoslavenski delegati: 1970, Washington 8 delegata, 1971, Bruxelles 19 delegata, 1972. Atena 12 delegata i 1973. München 21 delegat. Situacija je u tom pogledu mnogo bolja nego prošlih godina. Osim toga valja uzeti u obzir i sudjelovanje na internacionalnim sastancima pojedinih tehničkih odbora.

Što se tiče aktivnosti odbora i pododbora na obradi dokumenata IEC mora se konstatirati da je u promatranom razdoblju samo 14 odbora dalo svoje prijedloge u međunarodnoj diskusiji. Ovakva skromna suradnja sigurno nije odraz iskustva i dostignuća naše industrije i privrede. Dok je aktivnost tehničkih odbora na području rada IEC ipak razvijena, suradnja s Međunarodnom komisijom za atestiranje električnih proizvoda (CEE) znatno je manja. Ova činjenica začuđuje, iako je rad ove organizacije vrlo značajan, jer se bavi problemom zaštite od električnog udara i požara, gdje je naša zemlja još uvijek jedna od rijetkih zemalja u kojoj pitanje zaštite nije uređeno.

Premda Statutu jedan je od osnovnih zadataka JEK-a i njegovih tehničkih odbora da izrađuju prijedloge jugoslavenskih standarda. U razdoblju 1970. — 1973. izrađeno je više od 300 novih standarda koji su izdani posredstvom Jugoslavenskog zavoda za standardizaciju. Ovo je polje rada, gdje još treba riješiti vrlo mnogo zadataka. Činjenica je da je od postojećih 892 jugoslavenska standarda 34% starije od 10 godina, pa više ne odgovaraju stanju tehnike, zbog čega ih treba novelirati. Uz to naravno postoji čitav niz potreba za novim standardima. Da bi se ovi zadaci svladali morat će odbori voditi više brige da se pravovremeno počne s pripremama za izradu standarda. To znači da bi se zapravo pripreme za JUS standarde morale odvijati paralelno s diskusijom o međunarodnim dokumentima, kako bi bila sva stanovišta u vezi s našim standardima jasna već tada, kad se daje prijedlog međunarodne preporuke, odnosno kad se standard daje na glasanje. Istovremeno bi morao biti izrađen i prijedlog za naš standard i izvedena anotacija. Tako bi mogli, čim se od IEC primi pozitivni rezultat glasanja, prijeći na zaključnu fazu za izdavanje odgovarajućeg našeg standarda.

Budući da se na osnovi odluke Izvršnog Vijeća standardi izdaju na četiri jezika jugoslavenskih naroda, prijevodi bi se morali pripremiti paralelno.

Izdavanje standarda moglo bi se time znatno ubrzati.

U promatranom razdoblju u našoj je zemlji održano nekoliko internacionalnih sastanaka IEC i to:

1971, 8. do 11. studenog u Zagrebu, 3 tehnička odbora, 50 učesnika
1972, 29. svibnja do 2. lipnja u Ljubljani, 5 tehničkih odbora, 120 učesnika
1973, 22. do 31. listopada u Ljubljani, 6 tehničkih odbora, 230 učesnika
1973, 9. do 11. listopada u Dubrovniku, 1 tehnički odbor, 11 učesnika.

Generalno zasjedanje planirano za 1972. nije se moglo održati zbog međunarodnih problema. S ovakvim će se zasjedanjima, naravno, nastaviti, a treba organizirati zasjedanje onih odbora, gdje su odgovarajući nacionalni odbori dovoljno aktivni.

Rad na standardizaciji temeljio se do sada na Zakonu koji je objavljen u Sl. listu 1960. Pošto je ovaj zakon trebalo uskladiti s ustavnim promjenama prošle je godine pokrenuta široka diskusija o novom zakonu. U diskusiju se također uključio i JEK. Osnovna su se pitanja odnosila na razgraničenje domena standarda i propisa, kao i na pitanje u vezi s ispitivanjem i atestiranjem, čime je vezano i pitanje znaka kvaliteta.

Početkom ove godine izdan je zakon o standardima u skladu s novim Ustavom. Na temelju Zakona o promjenama i dopunama Zakona o organizaciji saveznih organa (Sl. list 1974/21) Jugosla-

venski zavod za standardizaciju nadležan je za propisivanje standarda i tehničkih normativa, normi kvaliteta i znaka kvaliteta. Tom je promjenom učinjen znatan napredak, jer će se time olakšati uključenje u međunarodnu suradnju. Time će se, naći na jednom mjestu propisivanje standarda i propisa i spriječiti nesuglasice i kontradikcije do kojih je do sada dolazilo. Sada se, međutim, na Tehničke odbore JEK postavljaju novi zadaci u pogledu programa i izrade prijedloga standarda.

Na osnovi vođenih diskusija Jugoslavenski zavod za standardizaciju izradio je prijedlog Zakona koji je u kolovozu razaslan sekretarima odbora i pododbora na mišljenje.

Tokom promatranog razdoblja rasformirano je ili integrirano 8 Tehničkih odbora, a formirano je 35 novih Tehničkih odbora, odnosno pododbora. Ostalo je još 5 novih odbora koji su formirani u IEC, ali nisu formirani u JEK-u.

Iako su u JEK- u učlanjene 94 organizacije, sekretarijate drži samo njih 39, i to po nekoliko. Tako npr. Iskra i Rade Končar drže sami 28 sekretarijata.

Financijsko stanje komiteta bilo je zadovoljavajuće. Redovne prihode Komiteta predstavljale su članarine i kamate. Budući da neke radne organizacije stalno duguju članarinu, Izvršni odbor i generalni sekretarijat su se stalno borili da se članarina naplaćuje redovito. Glavne stavke u troškovima bili su putni troškovi i troškovi međunarodnih zasjedanja. Valja, međutim, napomenuti da su upravo za međunarodna zasjedanja dobar dio troškova podnijele radne organizacije.

Na završetku skupštine dana je razrješnica starom Izvršnom i nadzornom odboru, a izabrani su u novi odbor:

predsjednik prof. dr ing. France Mlakar

1. potpredsjednik prof. ing. Zlatko Plenković

2. potpredsjednik dr ing. Branko Komljenović

Gen. sekretar je ing. Branko Cerovac iz Jugoslavenskog zavoda za standardizaciju u Beogradu, gdje će biti i generalni sekretarijat.

B. Markovčić

Hoće li 230 V biti ubuduće jedinstveni napon za mreže niskog napona

Postojanje dvaju nazivnih napona u svijetu 220 V i 240 V, koji se razlikuju za oko 9% pravi izvjesne poteškoće proizvođačima aparata i potrošačima električne energije.

Kao prva pomisao, da se riješi ovaj problem, bila bi da se aparati konstruiraju tako da se mogu priključiti na 220 V i 240 V. Pokazalo se međutim, da takvo rješenje iz tehničko-ekonomskih razloga nije moguće,

Nastojanja IEC (Internacionalne elektrotehničke komisije) i UNIPEDE (Internacionalne unije proizvođača i distributera električne energije), da se između navedena dva nazivna napona odabere jedan i da se na njega preurede sve niskonaponske mreže nije mogao biti usvojen zbog prevelikih poteškoća prijelaza.

S obzirom na ove činjenice jedino je rješenje da se usvoji međunapon 230 V. No, ostaje otvoreno pitanje koje će se odabrati, za normalni pogon, gornje i donje naponske granice u mreži, i koje naponske tolerancije za aparate i motore.

Na zasjedanju IEC — Tehničkog komiteta 8 za standardiziranje napona, u rujnu 1972. u Parizu, bilo je predloženo da se umjesto 220 V i 240 V usvoji nazivni napon 230 V. Dopuštene tolerancije u mreži niskog napona u budućnosti bi se ograničile na ±6%. Takav prijedlog, međutim, nije dobio potrebnu većinu. Da se, pak, dobije pouzdaniji uvid kakvi su izgledi da se uspije objediniti niski nazivni napon između 220 i 240 V, sastavila je grupa eksperata UNIPEDE, krajem 1972, upitnik o sadašnjem stanju u mrežama niskog napona i o mogućnosti prijelaza na 230 V. Upitnik je poslan članovima UNIPEDE i IEC.

Rezultati ove ankete razmotreni su u rujnu 1974. na sastanku u Bukureštu. Njemačka je na traženje IEC odgovorila nakon pažljivog odmjeravanja svih stanovišta, da će niskonaponske mreže u Njemačkoj biti beziznimno u pogonu sa nazivnim naponom 220/380 V.

Za sada prijelaz na nazivni napon 230/400 V ne može biti ni prihvaćen, a niti otklonjen. U Njemačkoj su spremni prihvatiti predloženi jedinstveni nazivni niski napon, ako se na njegovo prihvaćanje obvežu zemlje koje ga zagovaraju.

U diskusiji o teškoćama uvođenja novog nazivnog niskog napona pokazalo se da je vrlo važno koje će se tolerancije usvojiti. Tako je npr. za kućanske aparate dopuštena naponska tolerancija ±10%, ali sigurno rad rad i dugo trajanje aparata stvarno se postižu, ako napon ne varira više od ±6% od nazivnog napona. Ako bi se usvojio napon 230 V, barem za prijelazno razdoblje, morale bi se dopustiti veće tolerancije.

U UNIPEDE se najprije većina članova odlučila za nazivni napon 230 V, gdje je V. Britanija dala do znanja da je manje zainteresirana za nazivnu promjenu nego za stvarno sniženje pogonskog napona od 240 na 230 V. U toku savjetovanja u grupi eksperata UNIPEDE sve je više prevladalo mišljenje da su njihove zemlje samo onda spremne prihvatiti novi jedinstveni nazivni napon, ako se napuste 220 i 240 V, i ako se 230 V obvezno u svijetu prihvati. Samo predstavnici Francuske su smatrali da će bez obzira na ovakve rezultate, 230 V kao jedinstveni napon svakako postupno biti uveden.

U Njemačkoj su 1967. nasumce ispitani pogonski naponi na niskonaponskoj mreži i pokazalo se da se kreću između 230 V +5% do −10%, pa za prijelaz s te strane ne bi bilo poteškoća, ali promjene nazivnog napona aparata se ne bi mogle izbjeći.

Na kraju valja spomenuti, da se s velikim interesom očekuju rezultati spomenutog zasjedanja u Bukureštu, da li će tom prilikom doneseni zaključci biti korak naprijed rješenju problema.

Priredio B. Markovčić

SAVJETOVANJE O IZGRADNJI I ODRŽAVANJU DISTRIBUTIVNIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

Poslovno udruženje elektroprivrednih poduzeća za distribuciju električne energije Srbije organiziralo je Savjetovanje o izgradnji i održavanju distributivnih transformatorskih stanica. Savjetovanje je održano 17, 18. i 19. rujna 1974. u hotelu »Polisad« na Zlatiboru. Osim brojnih predstavnika distributivnih poduzeća iz svih socijalističkih republika, savjetovanju su prisustvovali i stručnjaci iz tvornica električne opreme, fakulteta i instituta.

Organizator je prije savjetovanja dostavio svim sudionicima zbornik s ukupno 37 referata. Vrlo široka problematika obrađena u referatima svrstana je u tri grupe:

I grupa — Transformatorske stanice 110/20—10 kV i 35/10 kV (18 referata)
II grupa — Transformatorske stanice 20—10/0,4 kV (10 referata)
III grupa — Opća problematika izgradnje i održavanja distributivnih transformatorskih stanica (9 referata).

Savjetovanje je teklo prema uobičajenom redu. Najprije su odabrana dva radna predsjedništva i dvije grupe za zaključke. Zatim su autori pojedinih referata iznosili osnovnu problematiku. O svakoj grupi referata se je diskutiralo i donosili su se prijedlozi zaključaka koji su na kraju bili usvojeni.

Savjetovanje je pokazalo da je ovakav način izmjene iskustava i upoznavanja sa stanjem i najnovijim dostignućima na području izgradnje i održavanja distributivnih postrojenja vrlo koristan. Zato bi bilo potrebno i ubuduće organizirati ovakva savjetovanja, ali težiti da ona budu specijalizirana, znači za uža područja distributivne mreže.

I — TRANSFORMATORSKE STANICE 110/20—10 kV i 35/10 kV

Osvrt na referate i diskusiju

U prvoj grupi referata obrađene su transformatorske stanice 110/20—10 kV i problematika koja je vezana uz njih, dok je o transformatorskim stanicama 35/10 kV bilo govora samo sa stanovišta prijelaza postojećih stanica na napon 20 kV. Primjena transformacije 110/20—10 kV nalazi se danas u središtu pažnje svih distributivnih poduzeća u Jugoslaviji a postoje i prva iskustva u razvoju, projektiranju, izgradnji i održavanju. U ovom kratkom prikazu bit će navedene glavne karakteristike rješenja pojedinih stanica, koja su očigledno vrlo raznolika.

Mreža 110 kV je još uvijek prijenosnog karaktera, zato kod planiranja valja poštivati postojeće kriterije. S druge strane postoji izražena tendencija da se grade što jednostavnija distributivna postrojenja 110 kV. Zato imamo, ovisno o ulozi transformatorske stanice 110/20—10 kV u mreži, vrlo različite jednopolne sheme. Visokonaponska postrojenja se grade s dvostrukim sabirnicama, glavnim i pomoćnim sabirnicama, jednostrukim sabirnicama, a postoje i rješenja u blok spoju kabel-transformator.* Predlaže se i jednostavnije opremanje, na primjer rastavljač snage umjesto prekidača i rastavljača u vodnom polju.

Postrojenja 110 kV se najčešće grade kao klasična otvorena, ali se u gradovima radi ograničenja raspoloživog prostora i urbanističkih zahtjeva planira i izgradnja postrojenja 110 kV u zgradi i to u klasičnoj i oklopljenoj izvedbi. Domaće tvornice električne opreme namjeravaju usvojiti proizvodnju metalom oklopljenih postrojenja izoliranih plinom SF_6 (sumporni heksafluorid).

Uglavnom se predviđa mogućnost etapnog povećanja instalirane snage transformatorske stanice 110/20—10 kV. Primjenjuju se transformatori snage 20 MVA (prva etapa) i 40 MVA (konačna izgradnja), odnosno 31,5 MVA i 63 MVA. U pogledu broja transformatora snage postoje izvedbe s dva i tri transformatora, što ovisi o potrebnoj snazi i koncepciji rezerve u transformaciji za slučaj ispada jednog transformatora iz pogona.

Transformatori su tronamotni, a nazivne snage pojedinih namota ovise o primjeni transformatora. Kada takav transformator radi kao dvonamotni, tercijarni namot služi kao stabilizacioni. Sekundarni namot može da bude prespojiv u pogledu izlaznog napona 20 kV ili 10 kV. Često se u prijelaznom razdoblju koriste dva izlazna namota čiji se naponi razlikuju, na primjer, 35 kV i 10 kV. Kod transformatorskih jedinica od 63 MVA predviđaju se, radi ograničenja snage kratkog spoja, dva izlazna namota istog napona.

Paralelan rad transformatora snage se ne predviđa radi ograničenja snage kratkog spoja u srednjonaponskoj mreži. S tim u vezi je upozoreno i na važnost izbora napona kratkog spoja transformatora.

U područnim mrežama su pretežno nadzemni vodovi i primjenjuje se napon 20 kV. U gradskim mrežama je razvijena kabelska mreža, te se zadržava napon 10 kV. Uočivši prednosti napona 20 kV razmišlja se i o njegovoj perspektivnoj primjeni u gradu. Ovisno o koncepciji postojeće i buduće srednjonaponske mreže postrojenja 20 kV odnosno 10 kV se grade s dvostrukim glavnim i pomoćnim sabirnicama, dvostrukim sabirnicama, glavnim i pomoćnim sabirnicama i jednostrukim sabirnicama. Kod izbora se ponegdje ugledalo i na sheme transformatorskih stanica 35/10 kV. Međutim, izgleda da prevladava stav da su dvostruke sabirnice najprikladnije rješenje. Glavne sabirnice su u pravilu uvijek sekcionirane.

Proizvođači električne opreme nastoje da se prilagode potrebama distributera. Rezultat toga je program tipiziranih, tvornički dogotovljenih sklopnih postrojenja 35 kV, 20 kV i 10 kV jednostavne montaže, veće pogonske sigurnosti i manjih dimenzija. Postrojenja se proizvode u izvedbi s fiksno ugrađenom opremom kao sklopni blokovi s izvlačivim kolicima i kao svestrano izolirana sklopna postrojenja s izvlačivim kolicima.

U urbanim područjima je vrlo važna veličina transformatorskih stanica 110/20—10 kV, što znatno ovisi i o broju vodnih polja srednjeg napona. Radi velikih instaliranih snaga veliki je broj izvoda što otežava realizaciju raspleta kabela 10 kV iz stanice. Zato se predlaže povećanje presjeka i bolje iskorištenje kabela 10 kV. Kod primjene napona 20 kV taj problem je manje izražen.

Najvažniji zaključci

1. Savjetovanje je nedvosmisleno pokazalo da u distribuciji električne energije dvostepena transformacija zauzima sve značajnije mjesto. Pri tome se primjenjuje visoki napon 110 kV i srednji naponi 20 kV i 10 kV. Potrebno je donijeti kriterije za izbor najpovoljnijeg srednjeg napona.

* Jednostruke glavne sabirnice su u većini slučajeva sekcionirane.

2. Budući da transformatorske stanice 110/20—10 kV predstavljaju u tehničkom i ekonomskom smislu važan dio distributivne mreže valja im pokloniti posebnu pažnju. Zato je nužno ujednačavanje osnovnih koncepcija mreža i transformatorskih stanica, kao i tipizacija osnovnih parametara, jednopolnih shema i glavne opreme. To valja rješavati na jugoslavenskom nivou u okviru stručnog tijela pri JUGEL-u, koje treba raditi na usklađivanju stavova distributivnih poduzeća, odnosno distributivnih i prijenosnih poduzeća.

3. Smatra se opravdanim uvođenje što jednostavnijih rješenja transformatorskih stanica 110/20—10 kV u pogledu jednopolnih shema i rezervnih kapaciteta. Smanjene mogućnosti takvih postrojenja nadoknadile bi se primjenom suvremenih informacionih sistema.

4. Valjalo bi poduzeti korake da se na jugoslavenskom nivou tipiziraju transformatori snage 110/20—10 kV u pogledu nazivnih snaga pojedinih namota, napona kratkog spoja, opsega regulacije i gubitaka. Radi ograničenja snage kratkog spoja najveća nazivna snaga transformatora ne bi trebala da bude veća od 40 MVA. Napone kratkog spoja valja tako odabrati da snaga kratkog spoja na sabirnicama 20 kV ne prelazi 500 MVA, odnosno na sabirnicama 10 kV ne prelazi 250 MVA. Upotreba prigušnica za ograničenje snage kratkog spoja se ne preporučuje. U prijelaznom razdoblju se mogu primjenjivati i transformatori snage s dva izlazna namota (110/35/10 kV, 110/20/10 kV itd.).

5. Primjena metalom oklopljenih postrojenja izoliranih plinom SF_6 za napon 110 kV dolazi u obzir u uvjetima malog raspoloživog prostora i velike zagađenosti zraka.

6. Kod gradskih transformatorskih stanica 110/20—10 kV valjalo bi nastojati da postrojenje srednjeg napona bude što manjih gabarita, što se može postići smanjenjem dimenzija ćelija i smanjenjem broja izvoda.

7. Paralelno s uvođenjem transformacije 110/20—10 kV dolazi i do problema vezanih uz koordinaciju izolacije, iznošenje potencijala, vođenje evidencije o pogonskim događajima, primjena mrežne tonfrekventne komande, prilagođavanje urbanističkim zahtjevima, itd. Zato valja nastojati, da se osuvremene tehnički i ostali propisi.

II — TRANSFORMATORSKE STANICE 20—10/0,4 kV

Osvrt na referate i diskusiju

Sve veći porast potrošnje električne energije, vršne snage i specifičnog opterećenja zahtijeva izgradnju velikog broja transformatorskih stanica 20—10/0,4 kV. Budući da postoje različita rješenja i kod distributivnih poduzeća i kod proizvođača opreme, nameće se potreba da se radi racionalnije proizvodnje, pa prema tome i nižih cijena, izvrši tipizacija transformatorskih stanica.

Granična tipska snaga transformatora je 630 kVA, što se smatra danas najpogodnijim izborom. Radi što boljeg iskorištenja transformatora predlaže se trajno terećenje do nazivne snage uz dozvoljena preopterećenja za vrijeme vršnih vrijednosti u dnevnom dijagramu opterećenja. Također je utvrđeno na koje iznose valja ograničiti snagu kratkog spoja u mreži 20 kV i mreži 10 kV, jer je to bitno kod dimenzioniranja opreme.

Tvornice električne opreme proizvode gotove transformatorske stanice 20—10/0,4 kV, koje se vrlo lako montiraju. Međutim, smatra se da građevinski dijelovi takvih stanica ne bi smjeli biti skuplji od armirano-betonskih.

Posebno je zanimljivo pitanje primjene izoliranih postrojenja što ih distributivna poduzeća ugrađuju, ali masovne primjene još uvijek nema. Diskusija je pokazala da između proizvođača i distributera postoji niz nejasnoća u vezi s izoliranim postrojenjima, pa bi radi daljnje primjene ovih postrojenja bilo korisno organizirati jedan specijalizirani i kompetentan skup.

Najvažniji zaključci

1. Referati i diskusija su doveli do spoznaje da je potrebna zajednička akcija svih distributivnih poduzeća na usklađivanju tehničko-pogonskih zahtjeva što se odnose na transformatorske stanice 20—10/014 kV, kako bi se mogla izvršiti tipizacija osnovnih parametara i jednopolnih shema.

2. Transformatorska stanica 20—10/0,4 kV je element mreže i o tome valja voditi računa pri određivanju optimuma, to jest, rješenja s minimalnim brojem elemenata i aparata koji osiguravaju dovoljnu pogonsku sigurnost i elastičnost.

3. Konačan izbor snaga kratkog spoja za dimenzioniranje opreme je 500 MVA za napon 20 kV i 250 MVA za napon 10 kV.

4. Industrijski proizvedenim transformatorskim stanicama 20—10/0,4 kV valja dati prednost pred klasično-građenim, zato jer su jednostavnije i omogućuju bržu izgradnju. Na ukupnu cijenu stanice znatno utječe i građevinski dio, pa bi iz tog razloga urbanistički zahtjevi trebali biti manje strogi.

5. Odluka o primjeni transformatorskih stanica 20—10/0,4 kV koje se poslužuju izvana trebala bi se osnivati na iskustvima distributivnih poduzeća. Podzemna transformatorska stanica ima neke nedostatke u odnosu na nadzemnu (mogućnost prodora vode, loše hlađenje transformatora i teža manipulacija), stoga u današnjim uvjetima šira primjena nije preporučljiva.

6. Stupne transformatorske stanice 20—10/0,4 kV grade se još uvijek u izvangradskim područjima, pa je važno da se lako montiraju i jednostavno održavaju, i da su prihvatljive cijene. Transformatorska stanica na aluminijskom stupu s poliesterskim niskonaponskim razvodnim ormarom je jedno od zadovoljavajućih rješenja.

III — OPĆA PROBLEMATIKA IZGRADNJE I ODRŽAVANJA DISTRIBUTIVNIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

Osvrt na referate i diskusiju

Problematika izgradnje i održavanja transformatorskih stanica razmatrana je na savjetovanju s pogonskog i ekonomskog stanovišta. Na primjer, izložena je metoda linearnog programiranja za izbor optimalne lokacije transformatorske stanice. Posebni zahtjevi se postavljaju u vezi s opremom kod kratkotrajnih preopterećenja transformatorske stanice. Razmatrana je i mogućnost primjene aluminijskih sabirnica.

Problem buke kod transformatorskih stanica smještenih u objekte postaje sve izraženiji, pa su predložena i određena rješenja. Kod ugradnje stanica u objekte problem predstavlja i realizacija uljne jame, što je element zaštite od požara. Analiza podataka

dobijenih na osnovi dugogodišnjeg praćenja kvarova u distributivnoj mreži pokazuje da su proboji transformatora snage kod kojih dolazi do požara, rijetki.

Upotreba gumenog tepiha kao neposrednog zaštitnog sredstva nije našla opravdanje. Također se pokazalo da dosadašnja primjena izolacionih ploča, koje se kod radova stavljaju u otvoreni rastavljač, nije bila u skladu s postojećim propisima.

Najvažniji zaključci

1. Propisima valja definirati dozvoljeni nivo buke transformatora snage kako bi proizvođači transformatora i projektanti stanica mogli poduzeti mjere za smanjenje buke. Posebno valja propisati dozvoljeni nivo buke u stambenim prostorijama.

2. Primjeni suhih transformatora snage valja posvetiti veću pažnju, budući da imaju određene prednosti u odnosu na uljne transformatore (na primjer kod ugradnje u stambene objekte).

3. Smatra se neophodnim pokretanje inicijative na nivou Jugoslavije za izmjenu i dopunu propisa o specijalnoj zaštiti elektroenergetskih postrojenja od požara.

4. Na osnovi provedene tehničke i ekonomske analize za sabirnice od bakra i aluminija, te ispitivanja u inozemstvu i dosadašnjih iskustava u primjeni, može se zaključiti da nema bojazni kod upotrebe aluminijskih sabirnica u zatvorenim prostorijama.

5. Gumeni izolacioni tepih ne može se primijeniti kao odgovarajuće zaštitno sredstvo u distributivnim postrojenjima.

6. Dosadašnji način upotrebe zaštitnih izolacionih ploča ne garantira siguran rad u blizini napona. S obzirom na važnost ovog problema predlaže se izmjena i dopuna Tehničkih propisa za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja (čl. 5.608), tako da se dozvoli dodir izolacionom pločom dijela rastavljača pod naponom u trenutku ulaganja ploče u rastavljač. Karakteristika materijala izolacione ploče mora dozvoljavati trenutan dodir bez stalnog naljeganja ploče na element pod naponom.

A. Fagarazzi i M. Ježić

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.

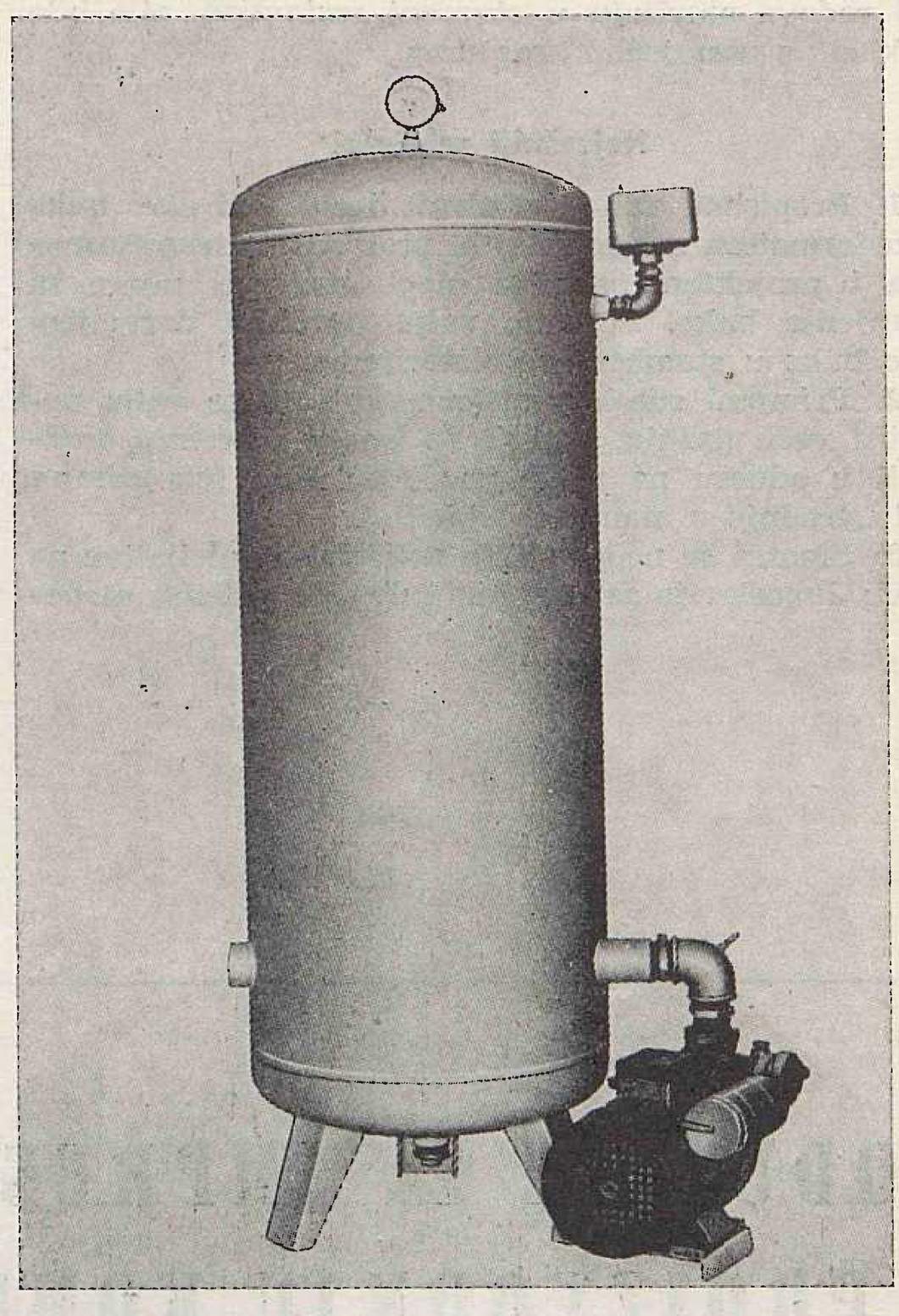
Impregnira po najsuvremenijim metodama.

Proizvodi komprimirane plinove: kisik, disuplin i dušik.

HIDROFORI »RADE KONČAR«

Primjena

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



Opis

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

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

Karakteristike agregata su:

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

Izbor hidrofora

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

Tehničke karakteristike hidrofora

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

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

SREDNJONAPONSKI ENERGETSKI KABELI IZOLIRANI ETILEN-PROPILEN ELASTOMEROM (EPR, EPM)

UVOD

Etilen-propilenski elastomer kao primarna izolacija u nas se primjenjuje već nekoliko godina, dok se u razvijenim zemljama zapada, a posebno u Japanu i USA, upotrebljava već više od deset godina.

Tvornica ELKA već nekoliko godina proizvodi brodske i 3 kV lokomotivske kabele izolirane ovim elastomerom.

Brodski kabeli su namijenjeni svim našim brodogradilištima koja rade brodove za inozemne i domaće brodovlasnike. Ovi kabeli su pokazali izvanredna svojstva, a priznati su od klasifikacionih društava kao što su: JUGOREGISTAR, LLOYD'S REGISTER, BUREAU VERITAS, i drugi. Brodske kabele i izvozimo u zapadnoevropske i istočnoevropske zemlje koje imaju razvijenu vlastitu brodogradnju. Uvidjevši perspektivu EPR-a kao izolacije, ne samo za niski već za srednji i visoki napon, stavili smo u redovnu proizvodnju EPR-om izolirane 10 kV kabele za koje smo sigurni da će naići na široku primjenu u našim srednjonaponskim mrežama.

SVOJSTVA EPR-IZOLACIJE

+++ Dugo trajanje koje proizlazi iz povećane otpornosti na ozon, termičko starenje i otpornosti na koronu, Lit. 2.

+++ velika opteretivost u trajnom radu, izvanredna preopteretivost kod vršnih opterećenja i kod kratkog spoja, zbog odličnih svojstava izolacije na povišenim temperaturama,

+++ lagana montaža zbog veće fleksibilnosti, posebno kod niskih temperatura (Lit. 1, 3),

+++ odlično spajanje izolacije (kod spojnica i glave, Lit. 3),

+++ izvanredna otpornost na vlagu i atmosferilije,

+++ otpornost na većine ulja, kiseline i alkalije (Lit. 2, 3),

+++ odlična električna svojstva.

Ove prednosti su danas (prema već spomenutom članku) dobro poznate i provjerene za napone do 35 kV (na temelju iskustava od 1964. godine do danas):

+ maksimalna trajna radna temperatura vodiča je *90°C*,

+ maksimalna temperatura vodiča u forsiranom radu je *130°C*,

+ maksimalna temperatura vodiča u kratkom spoju je *250°C*,

+ otpornost na niske temperature je do *−70°C*.

POSEBNA SVOJSTVA

— Usporednim ispitivanjima (u laboratorijima firme Esso-Chemicals, Lit. 2) triju vrsta izolacija u trajnom pogonu na *90°C*, dobivena su vremena za koja početne vrijednosti (čvrstoća i istezanje) padnu za *20%* i to za:

- butilni kaučuk ..... 2 mjeseca
- XPE ..... 2 godine
- EPR ..... bez promjene i nakon tri godine.

— Usporednim (U-bend test u zraku na 90°C) ispitivanjem istih materijala (u laboratorijima Esso, Lit. 2) dobivene su slijedeće otpornosti izbijanja korone:

proboj na:	butilni kaučuk	XPE	EPR (Vistalon 404)
6 kV/mm	za 5 sati	za 80 sati	za 177 sati
10 kV/mm	za 4 sata	za 7 sati	za 21 sat

KONSTRUKCIJA KABELA

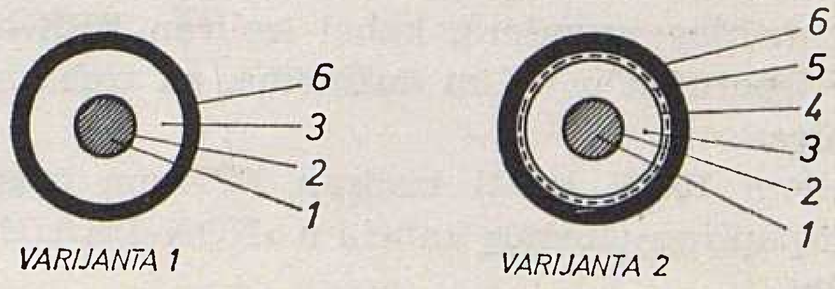
Po svojoj konstrukciji 10 kV energetski kabeli proizvode se kao jednožilni i trožilni mrežni kabeli, odnosno kao jednožilni kabeli za unutarnju montažu, s električnom zaštitom i bez nje.

Jednožilni

Izrađen je i ispitan u dvije izvedbe:

1. b e z r a d i j a l n o g p o l j a — na vodič je nabrizgan u jednoj operaciji poluvodljivi sloj a preko njega izolacija; na izolaciju od EPR-a nabrizgan je plašt od polikloroprena;

2. s r a d i j a l n i m p o l j e m — na izolaciju od EPR-a nanešen je sloj grafita, poluvodljiva vrpca, bakrena folija ili žice i plašt od polikloroprena ili PVC-a.



Slika 1

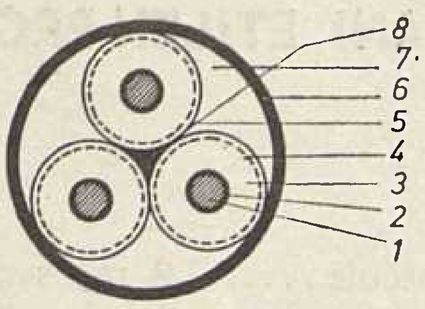
Jednožilni: 1 — vodič Al-uže; 2 — poluvodljivi sloj; 3 — izolacija; 4 — poluvodljivi sloj; 5 — električna zaštita; 6 — plašt

Predviđa se, da će se varijanta 1 koristiti za spojeve unutar transformatorskih stanica, pa će se najviše i proizvoditi. Varijanta 2 može služiti za slične namjene i to tamo gdje se traži uzemljena električna zaštita, npr. »oklopljene« transformatorske stanice, i sl.

Trožilni

Kao mrežni distributivni kabel u standardnoj izvedbi, prema slici 2, ovaj kabel sa izolacijom od EPR elastomera predstavlja modernu zamjenu za papirnu, odnosno PVC izolaciju.

Proizvodi se u standardiziranim presjecima aluminija: 50, 95, 150 i 240 mm².

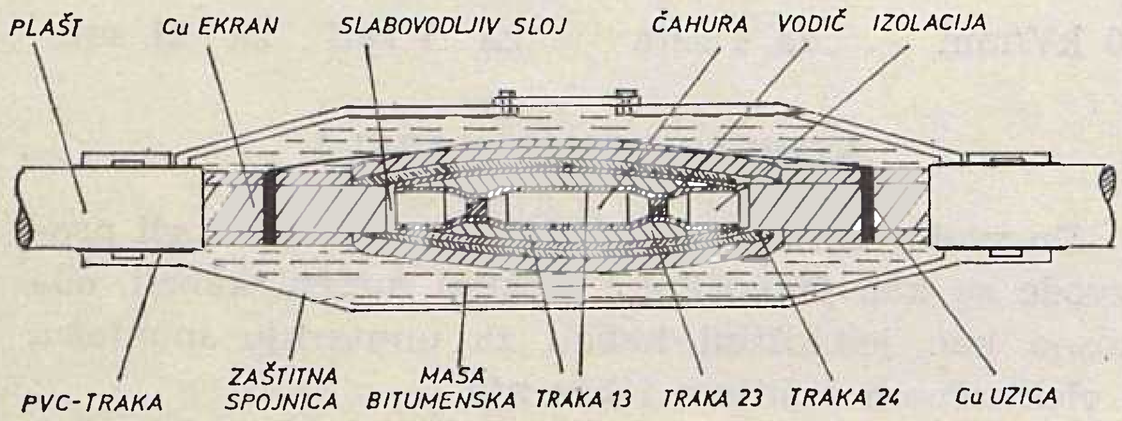


Slika 2

Trožilni: 1 — vodič (Al-uže); 2 — poluvodljivi sloj; 5 — električna zaštita; 6 — plašt; 7 — ispuna; 8 — uložak.

SPAJANJE I ZAVRŠAVANJE

Spajanje i završavanje kabela ide odlično sa već dobro poznatim tehnikama, identičnim onima za spajanje 20 i 35 kV PE i XPE kabela, vidi sliku 3.



Slika 3

POLAGANJE I EKSPLOATACIJA

- Već su prije istaknute neke bitne prednosti, pa i fleksibilnost koja omogućuje lakše polaganje, posebno u cijevi ili u uske kanale s čestom promjenom smjera.
- Trožilni kabel izoliran EPR-om je od prilike 15% lakši od trožilnog papirno-olovnog kabela NAKBA. Tako npr. aluminijski kabel izoliran EPR-om $3 \times 185\ m^2/25\ mm^2$, Cu ima oko 6.700 kg/km, a odgovarajući NAKBA oko 8.000 kg/km.
- Zbog manjeg promjera, kabel izoliran EPR-om se može isporučiti u većim dužinama, pa treba manje spojnica.
- Po cijeni 10 kV kabel izoliran EPR-om odgovara cijeni papirno-olovnog kabela u »NON-DRAINING« izvedbi.
- Polaganje na strmim terenima je skoro bez ograničenja, kao i kod ostalih energetskih kabela sa sintetskom izolacijom.
- Ako želimo dobiti stvarnu cijenu kabela u odnosu na prenesenu energiju, valja usporediti strujne cijene kabela izoliranog, npr. papirom, i kabele izolirane s EPR elastomerom.

  Primjera radi usporedit ćemo dva trožilna kabela za polaganje u zemlju, presjeka $3 \times 120\ mm^2$, Al, izoliranog sa XPE ili EPR (ista termička klasa), odnosno papirom:

  Trajna struja kabela izoliranog EPR ..... 270 A (prema švedskim normama).

  Trajna struja kabela NAKBA ..... 225 A (prema VDE 0255/68).

  Ako sada pretpostavimo da je cijena obaju kabela približno ista, onda je cijena kabela po 1 km i 1 A izoliranog EPR elastomerom oko 20% niža od kabela NAKBA »non draining« izvedbe.

Mjesto svjetske trgovine Leipzig

Novo u proljeću 1975

Stručna grupa tehnika automatizacije

Programi, sistemi i uređaji za racionaliziranje svih privrednih grana nude vodeći proizvođači iz oko 20 zemalja.

Uspoređivanje učinaka — Savjetovanje korisnika — Informativni program predavanja.

Leipzig: sastajalište stručnjaka za automatizaciju!

Obavijesti o Vašem putovanju u Leipzig i iskaznice za sajam dobivate od OZEHA: Zagreb, Beograd, Rijeka, Split, Sarajevo, Skopje.

Leipziški sajam

Njemačka Demokratska Republika

9. - 16. 3. 1975