

Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d.
Zagreb

R 4.01

ZNAČENJE OTOČKE VEZE 110 KV MELINA/SENJ ... ZADAR

THE IMPORTANCE OF THE 110 kV ISLAND CONNECTION MELINA/SENJ...ZADAR

SAŽETAK

Iznose se i interpretiraju rezultati modelskih analiza utjecaja "otočke petlje", tj. zatvaranja kraka mreže 110 kV preko sjevernojadranskih otoka i njene potpore s kontinenta, na opskrbu južne Hrvatske električnom energijom.

SUMMARY

In the report are exposed and interpreted the main results of the model investigations of the "island connection" impact on the electricity supply of South Croatia, i. e. the effects of the interpolation of the 110 kV network branch between Rijeka and Zadar region over North-Adriatic islands with its continental support.

Ključne riječi: Mreža 110 kV, opskrba otoka električnom energijom.

Key words: 110 kV network, islands electricity supply.

1. UVOD

Zatvaranje grane 110 kV preko sjeverno-jadranskih otoka Krka, Raba i Paga i njihovog povezivanja s kontinentalnom mrežom - analogno onom preko Brača, Hvara i Korčule - nalazilo se sa različitim intenzitetom i varijantama po srednjoročnim planskim dokumentima već barem desetak godina.

Razina dosegnutog konzuma i njegovo značenje donijeli su napon 110 kV na Lošinj (1989.) i na Rab (1993.), oba otoka radijalno napajana s Krka. Postojali su s druge, "splitske", strane TS 110/35+20 kV Nin (1990.), sa nepotpunim značenjem u mreži, kao i 20-tak km DV 110 kV između Novalje i Paga (izgrađen 1980.)- u pogonu pod 10 kV (kao jedinstven slučaj u tadašnjoj jugoslavenskoj mreži). Nerazvijena mreža godinama je zaustavljala razvoj otoka Paga (držeći ga na oko 8 MVA: ne dozvoljavajući nove priključke). U taj kompleks ulazio bi i DV 110 kV Lički Osik-Karlobag u pogonu pod 35 kV (od svoje izgradnje 1981.).

Potreba pomoći u opskrbi električnom energijom južne Hrvatske - koja se, zbog posljedica srpske okupacije teritorija i interkonektivne prijenosne mreže sa ostalim dijelom elektroenergetskog sistema

Hrvatske, našla izolirana: u otočkom pogonu - izvukla je iz planova i nametnula prioritet izgradnje i konzistentnog zatvaranja planskog pravca Rab...Nin...Zadar.

To je prema tome jedna višestranu proučavana i na brojnim Stručnim savjetima prodiskutirana evolucija otočkog podsistema. U novim okolnostima time se omogućava: /a/ sigurnost (iz perspektive ratne ugroženosti) i dvostrano napajanje zadarskog i paškog konzuma - za koje će doduše trebati rekonstruirati potez Bilice...Zadar, /b/ rasterećenje elektrana u tom izoliranom dijelu sistema (sa proizvodnjom potpuno ovisnom o hidrologiji), /c/ plasman eventualnih viškova (ne treba zaboraviti inekciju HE Dubrovnik i sanaciju HE Peruča), /d/ kvalitetna rezerva Rabu.

Na od idejnog rješenja do puštanja u pogon - očekivanog krajem srpnja 1994. - kroz tih tri godine (protokle od 27. VII. 1991. (sjednica i načelna odluka Upravnog odbora HEP-a) intenzivno se odvijalo nekoliko paralelnih studijskih, istražno-pripremnih, projektantskih i investicijsko-financijskih aktivnosti (koje su omogućile da se u kolovozu 1993. uvrsti "otočka veza" u interventni program hrvatske Vlade, i da UO HEP-a donese odluku o izgradnji). Ovim izlaganjem žele se iznijeti samo rezultati zaključne studije "Značenje grane Karlobag ... Novalja za "otočku petlju" Melina ... Nin", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, listopad 1993. - koja je iz perspektive definitivnog rješenja rekapitulirala saznanja ranijih tematskih radova 1991-93., prvenstveno "Studije izvedivosti 110 kV veze od TS 400/220/110 kV Melina preko otoka Krk, Rab i Pag do TS 110/35 kV Zadar 1" (sa dopunama), iz studenog 1991, i "Energetsko-pogonskih prilika u relevantnom dijelu elektroenergetskog sustava u slučaju izgradnje DV 220 kV Senj-Zadar-Bilice", iz ožujka 1993. U vrijeme ovog Simpozija naši će rezultati, koje ovdje ne možemo moći biti verificirani ponašanjem mreže i mjerenjima iz "živog" pogona!

ELEKTROENERGETSKE PODLOGE

2.1. Potrošnja

Promatrana je ostvarena potrošnja i njena očekivana neposredna budućnost:

za kontinentalnu Hrvatsku (koja nema značajnijeg utjecaja na promatrani, primorski, dio sistema) - prema studiji "Razvoj prijenosne mreže na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89-1991. godine", Institut za elektroprivredu i energetiku, 1990. - uzet je presjek potrošnje nazivne 1990. (maksimalna istodobna potrošnja Hrvatske 2600 MW), a

za primorsku Hrvatsku - prema ostvarenim (neistodobnim) maksimalnim potrošnjama 1992.: orijentaciono prema "Izveštaju o poslovanju u 1992. godini" Direkcije za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede, i "Elektroenergetskoj bilanci za 1993. godinu" Hrvatske elektroprivrede.

Prema tim očekivanjima ukupna je potrošnja splitskog prijenosnog područja oko 500 MW.

Raspodjela potrošnje po modeliranim čvorištima uže promatranog dijela sistema dana je u tablici 1.

Ostali dio potrošnje Hrvatske modeliran je na razini čvorišta superponirane prijenosne mreže, prema rezultatima i modifikaciji ranije citirane studije "Razvoja prijenosne mreže ..."

2.2. Proizvodnja

U uže promatranom, primorskom, dijelu sistema proizvodnja je polazno pretpostavljena gotovo točno prema onoj u maksimumu potrošnje 1992. (31. XII. u 18. satu: maksimalna potrošnja Hrvatske 2070 MW), ali sa u međuvremenu uključenim jednim generatorom HE Dubrovnik. Tablica 2.

Dakle elektroenergetski otok "splitskog prijenosnog područja" polazno je uravnotežen (uključivo gubitke u prijenosnoj mreži), prema sadašnjoj realnoj situaciji.

Tablica 1

	MW	Mvar
Crikvenica	19	7
Vinodol	18	7
Krk	13	5
DINA	18	6
Lošinj	10	4
Senj	3	1
Rab	10	4
Novalja	6	2
Otočac	10	5
Karlobag	2	1

	MW	Mvar
Biograd	9	4
Nin	10	4
Zadar	37	15*
Bilice	81	25
Meterize	44	18
Sućidar	77	31
Kaštela	54	22
Trogir	15	6
Kraljevac	1	1
Makarska	17	7
Sinj	21	9
Dugi Rat	70	30
Nerežišća	10	4
Starigrad	10	4
Komolac	25	10
Ston	12	6**
Blato	10	4
Dalmacija	503	200

* Nisu uključene kondenzatorske baterije (4x4,16 Mvar).

** Sa davanjem Hercegovini. U egzaktnom modelu trebalo bi potrošnji "splitskog" područja još pridodati Opuzen.

Tablica 2

	MW	Mvar
HE Vinodol	80	0
HE Senj	216	33
HE Sklope	23	0

	MW	Mvar
HE Orlovac	150	30
HE Đale	16	0
HE Zakušac	270	00

TE Rijeka	203	0
-----------	-----	---

HE Dubrovnik	80	0
Dalmacija	516	120

Angažiranje jalove snage određeno je držeći se zabilježenog naponskog profila u nekim generatorskim čvorištima pri maksimalnoj potrošnji sistema.

Spomenimo da se u postrojenju DINA/Omišalj nalaze generatori za podmirivanje vlastite potrošnje ukoliko izostane napajanje iz prijenosne mreže: 2 x 14 MVA, $\cos \phi = 0,8$ - s kojima interveniramo u nekim pogonskim stanjima (preopterećenje kabela Crikvenica-Krk).

U TS 110/35 kV Zadar postoje na niženaponskoj strani priključene kondenzatorske baterije 4 (ispravno 3)x4,16 Mvar, a u TS 220/110/10 kV Bilice priključeno je na tercijar 5x13,5 Mvar.

3. MREŽA

Modelirano je aktuelno stanje mreže 380 kV i 220 kV na području Hrvatske i Slovenije (sa potrošnjom osječskog prijenosnog područja reduciranom na Mraclin), te mreža 110 kV kvarnersko-ličkog dijela riječkog prijenosnog područja (sa otocima) i cijelo "splitsko" područje. Ovaj model prikazan je na sl. 1.

U studiji su uzeti podmorski kabele između otoka Raba i Paga te Paga i kopna kao 3x(1x300) Cu sa umreženim polietilenom, a kabela dionica trase Nin-Zadar 1 sa 3x(1x1000) Al.

Komentar. Interpretirajući rezultate ove "svodne" studije pojačani su presjeci kabela između otoka Paga i kopna (Nina i Karlobaga) na žile 400 Cu!

4. ISPITIVANJA

Prijenosna mreža ispitivana je na izloženom modelu elektroenergetskog sistema na računskom stroju.

Provjeravana je deterministički prema uobičajenom kriteriju ispada jedne grane sistema (n-1), što je primjereno promatranom problemu.

Prema prirodi zadatka, glavni su uvjeti koje sistem mora zadovoljavati pri neraspoloživosti (kvaru) jedne grane mreže:

- naponi u čvorištima moraju ostati u dozvoljenim granicama: 95 kV - 123 kV 198 kV - 245 kV
360 kV - 420 kV

- opterećenje vodiča ne smije prelaziti termičku granicu;

za nadzemne vodove (i presjeke u promatranom podsistemu):

150/25 Al/Č 440 A 85 MVA,
240/40 Al/Č 605 A 115 MVA,
150 Cu 480-A 90 MVA,

a za kabele su uzeti podaci proizvođača, i navodimo ih za prijenosno limitirajuću dionicu grane:

150 Cu 365 A 70 MVA ("Crikvenica-Krk"),
300 Cu 525 A 100 MVA ("otočka petlja": Melina...Nin)
1000 Al 740 A 140 MVA ("Nin-Zadar 1").

4.1 Uravnotežena bilanca "splitskog prijenosnog područja"

Početno su nove grane "otočke petlje" i potpore iz Karlobaga interpolirane u sistem sa uravnoteženom bilancom "splitskog prijenosnog područja" (egzaktno je višak Dalmacije 2 MW: potrošnja 503 MW, proizvodnja 516 MW, računski gubici na modelu 11 MW), sl. 2.

Prema očekivanju, u ovakvom stanju sistema praktički nema razmjene granom Novalja-Nin. Vod Bilice-Biograd je iskorišten 73%.

Ukoliko ne bi bilo potpore "otočke petlje" opterećenje voda Bilice-Biograd bilo bi oko termičke granice pri ispadu grane između Krka i Raba (konzum čvorišta na potezu Biograd ... Rab: 72 MW): 80 MW, 34 Mvar; posljedice isključivanja preopterećenog voda su jasne.

Iz ovog ispitivanja slijedi zaključak o sigurnosnoj ulozi grane Karlobag-Novalja (kao rezervi za granu Krk-Rab ali jednako tako i za napajanje ličkog područja).

4.2 "Splitsko prijenosno područje" u deficitu

Zadarsko područje u paralelnom pogonu sa sistemom

Zadarsko područje promatrano je povezano sa ostalim dijelom "splitskog prijenosnog područja": sa uključenim vodom Biograd-Bilice.

Koliki je maksimalni prijenos u "punjoj mreži", tj. za potpuno iskorištenje kabela otok Pag-Nin u mreži sa svim granama u pogonu (prema sl. 1)?

Stanje koje se uspostavlja prikazano je na sl. 3. Manjak Dalmacije je 95 MW (bez Novalje). Zadarsko područje daje Bilicama 35 MW, -37 Mvar. Kabel otok Pag-Nin iskorišten je nešto ispod termičke granice (96 MW, -8 Mvar), a grana Crikvenica-Krk 94% (65 MW, -11 Mvar). Obje grane koje napajaju Novalju prenose približno podjednako: Rab-Novalja 48 MW, -1 Mvar; Karlobag-Novalja 56 MW, -7 Mvar. Ovo je dakle granično stanje: kabela iskorištenih do/blizu termičke granice, a potrebnih 40 Mvar u Bilicama za održavanje naponskog profila može se osigurati ili kroz transformaciju 220/110 kV iz mreže ili iz kondenzatorskih baterija na tercijaru.

Napomenimo da je ovaj rezultat potakao izbor većeg presjeka kabela kopno-Pag: Cu 400 mm². Dodajmo još jednu argumentaciju za veći presjek: eventualni izvoz energije iz Dalmacije.

Kvarom grane Crikvenica-Krk visoko se opterećuje grana Melina-Omišalj: 95 MW, -9 Mvar (95%), a ako ne bi radile HE Sklope onda je i 5% preopterećena (105 MW, -6 Mvar).

Dakle, sa deficitom Dalmacije oko 95 MW iskorištena je prijenosna moć kabela otok Pag-Nin (100 MVA) - a istovremeno i ona grane Crikvenica-Krk (70 MVA). Dok mreža može izdržati kvar ove najslabije grane (što uzrokuje prijenos granom Melina-Omišalj oko termičke granice, no koji bi se mogao potisnuti angažiranjem izvora DINE), ispad grane Melina-Omišalj izaziva značajne poremećaje - koje će se istražiti u daljnjim ispitivanjima. Propusnost veze Crikvenica-Krk određuje prijenosni kapacitet cijele "otočke petlje".

Između mogućih veličine deficita "splitskog prijenosnog područja" (sa raspoloživim jednim generatorom HE Dubrovnik)

od nula do 230 MW (ovisno o hidrologiji: od veoma vlažne do veoma suhe - sa prosječnim deficitom 44 MW na temelju promatranja 1973-1992.; za 85% vjerojatnoće pojave dotoka vode za proizvodnju HE/Cetina i HE Dubrovnik /suha godišnja hidrologija/ bio bi deficit 173 MW /1123 GWh/)

Crikvenica-Krk iskorištena je 79% (54 MW, -6 Mvar).

Ako ne rade hidroelektrane HE Senj, HE Sklope i HE Vinodol, dolazi do presaga disto. Dak

radi li samo HE Sklope: Rab-Novalja: 31 MW, 14 Mvar; Karlobag-Novalja 33 MW, 3 Mvar; Crikvenica-Krk 57 MW, -5 Mvar.

Bez voda Senj-Otočac (pa se i lički konzum napaja s Krka) preoterećuje se 7% kabel Crikvenica-Krk (75 MW, 3 Mvar). Bez konzuma DINE na prienosnoj mreži pada na termičku granicu: 70 MW, 0 Mvar.

Iz ranijih ispitivanja jasno je da će u slučaju ispada kabela Melina-Omišali opterećenje kabela

Grana Karlobag-Novalja osigurava mrežu već pri ovoj uravnoteženoj bilanci Dalmacije za slučaj izostanka napajanja sa strane Raba, kada bi se sav zadarsko-ninski i rapski konzum (ukupno 72 MW) napajao iz Bilice.

Isto tako osigurava i lički konzum za slučaj kvara voda Senj-Otočac.

2.

Pri planiranoj izgrađenosti mreže: "otočka petlja" + potez Otočac ... Novalja, i svim granama u pogonu moguće je podmirivati deficit Dalmacije do oko 100 MW (sa Novaljom). To je maksimalni deficit koji bi se još mogao alimentirati ovakvom konfiguracijom - jer se potpuno iskorištavaju prijenosne mogućnosti kabela Crikvenica-Krk i otok Pag-Nin.

Bez potpore "otočke petlje" iz Karlobaga maksimalno se može zadovoljavati deficit Dalmacije oko 60 MW (praktički konzum zadarskog područja).

3.

Primjena kriterija (n-1) apriorno znači nižu razinu opterećenja mreže, pa je polazno pretpostavljen 25% manji deficit od onog maksimalnog koji bi se još mogao napajati planiranom mrežom: 75 MW.

Prvo je ispitivano stanje sa zadarskim područjem u paralelnom radu sa ostalim dijelom sistema (uključen vod Bilice-Biograd).

Najteži kvar je ispad grane Melina-Omišalj koji povlači isključenje one Crikvenica-Krk (zbog preopterećenja). I kada se postigne računski konvergentno rješenje, stanje nije pogonski održivo zbog preopterećenja voda Senj-Otočac: problem se rješava izoliranjem zadarskog područja od ostatka Dalmacije.

4.

Zbog mogućih razmjena zadarsko područje > ostali dio "splitskog prijenosnog područja", koje utječu na opterećenje grana iz čvorišta ishodišnog napajanja (prvenstveno ona Crikvenica-Krk, ali i Senj-Otočac), treba mrežu sekcionirati otvaranjem voda Bilice-Biograd.

5.

I u sekcioniranoj mreži ispad kabela Melina-Omišalj uzrokuje preopterećenje kabela Crikvenica-Krk. Njegovim isključenjem preuzela bi napajanje kvarnerskih otoka (51 MW, 19 Mvar) i zadarskog područja (62 MW, 25 Mvar) grana Karlobag-Novalja. Za postizavanje računski konvergentnog rješenja intervenirano je: (a) angažiranjem pune jalove snage HE Senj/110 kV i HE Sklope (u "normalnom stanju": 0 Mvar), (b) uključenjem kondenzatorskih baterija u TS Zadar 1 (instalirano 16 Mvar, raspoloživo 12 Mvar; u "normalnom pogonu" radimo bez njih zbog pesimističnijih rezultata) tako da konzum ne treba jalovu snagu iz mreže), (c) reduciranjem konzuma u krajnjim čvorištima (Biograd i Lošinj), te (d) podmirivanjem DINE vlastitim izvorima.

6.

Slijedi da je grana Karlobag-Novalja rezerva za gubljenje obje veze otoka Krka s kopnom te, ispitivanja pokazuju, jednako tako i za kvarove na potezu Krk ... Novalja. Ona osigurava vezu riječkog i zadarskog područja.

7.

Promjene u angažiranju hidroelektrana uzrokuju samo preraspodjele tokova na granama koje napajaju otok Krk; sa HE Sklope mijenja se samo opterećenje voda Senj-Otočac.

8.

U usporedbi ovih rezultata sa onima u studiji "Energetsko-pogonske prilike u relevantnom dijelu elektroenergetskog sustava u slučaju izgradnje DV 220 kV Senj-Zadar-Bilice", 1993, (u daljem tekstu:

L.1), treba voditi računa o različitim elektroenergetskim ulaznim podacima. Tu usporedbu moguće je pratiti na sl. 1/L.1 (koju ovdje ponovo reproduciramo) i sl. 6.

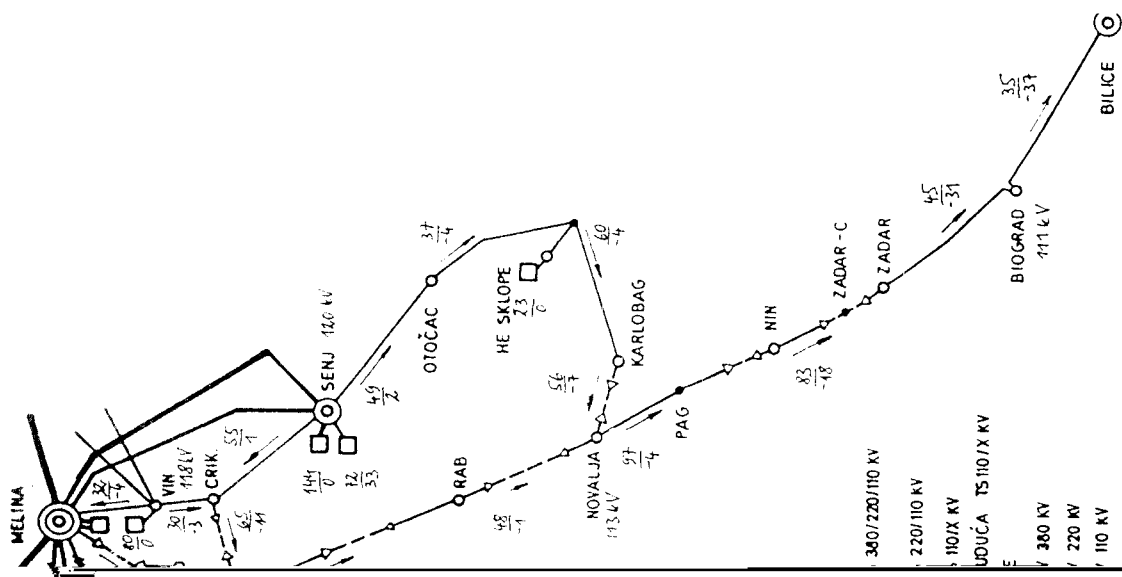
Konzum zadarskog područja u L.1 je 84 MW (Zadar 48, Biograd 16, Nin 10, Novalja 10) a u ovoj studiji 62 (Zadar 37, Biograd 9, Nin 10, Novalja 6). Ta razlika osieća se na razlici u odnosu na

Što se tiče prijenosa kopno-otok Krk, treba uvažiti da je u L.1 angažirana HE Senj/110 kV 72 MW (sl. 6: 144 MW), veći je konzum Vinodola (16 MW), Crikvenice (24 MW) i Senja (12 MW) nego u ovoj studiji (18, 19, 3, respektivno), a naročito utjecaj ima davanje HE Vinodol zagrebačkom području (HE Vinodol-Delnice 38 MW, 14 Mvar; HE Vinodol-Gojak 3 MW, 3 Mvar).

U L.1 ograničena je prijenosna moć kabela Crikvenica-Krk sa 85 MVA (kao nadzemni vod sa vodičima AL 150 mm²), a u ovoj studiji je korektnije limitirana bakrenom dionicom kabela (70 MVA).

Uzevši u obzir sve ove razlike vodi kritička interpretacija rezultata obje studije na iste zaključke.

Iz "Studije izvodivosti 110 kV veze od TS 400/220/110 kV Melina preko otoka Krk, Rab i Pag do TS 110/35 kV Zadar 1", 1991. (sa dopunama) mogu se deducirati sljedeći zaključci:



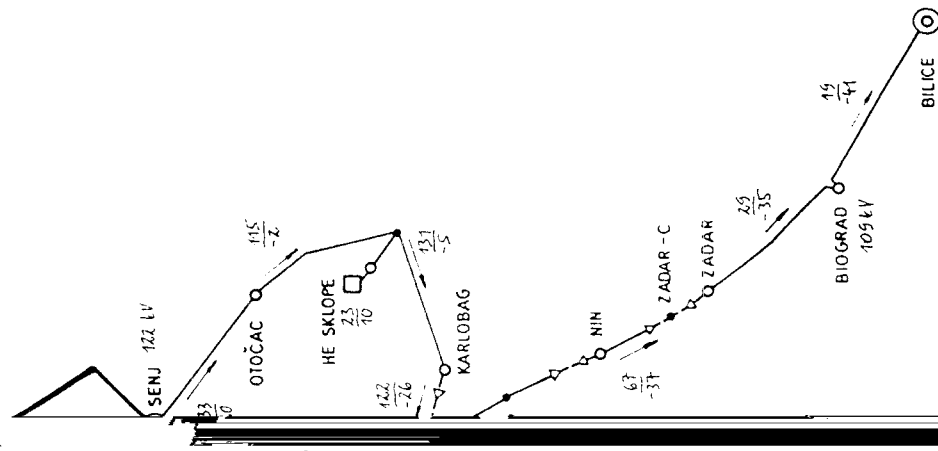
- 300/220/110 KV
- 220/110 KV
- 110/1X KV
- UDUČA TS 110/1X KV
- 380 KV
- 220 KV
- 110 KV
- 110 KV

3: "Suna grupa"
 projekat: "Projekat u Delavici"

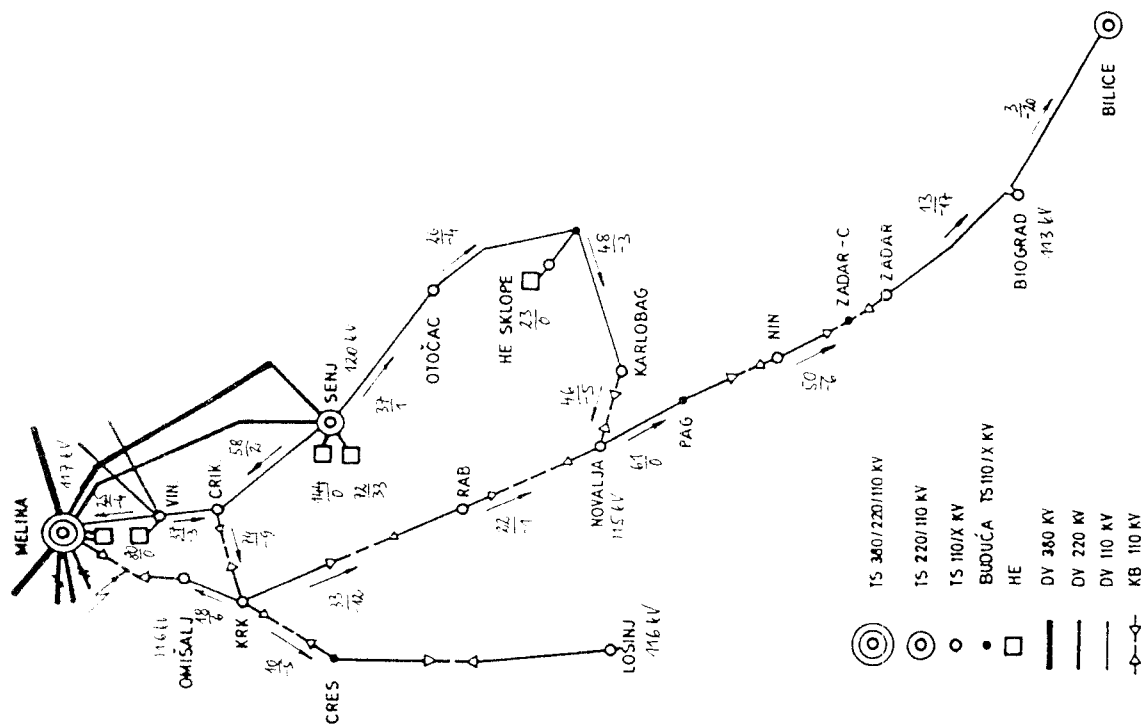
CRE



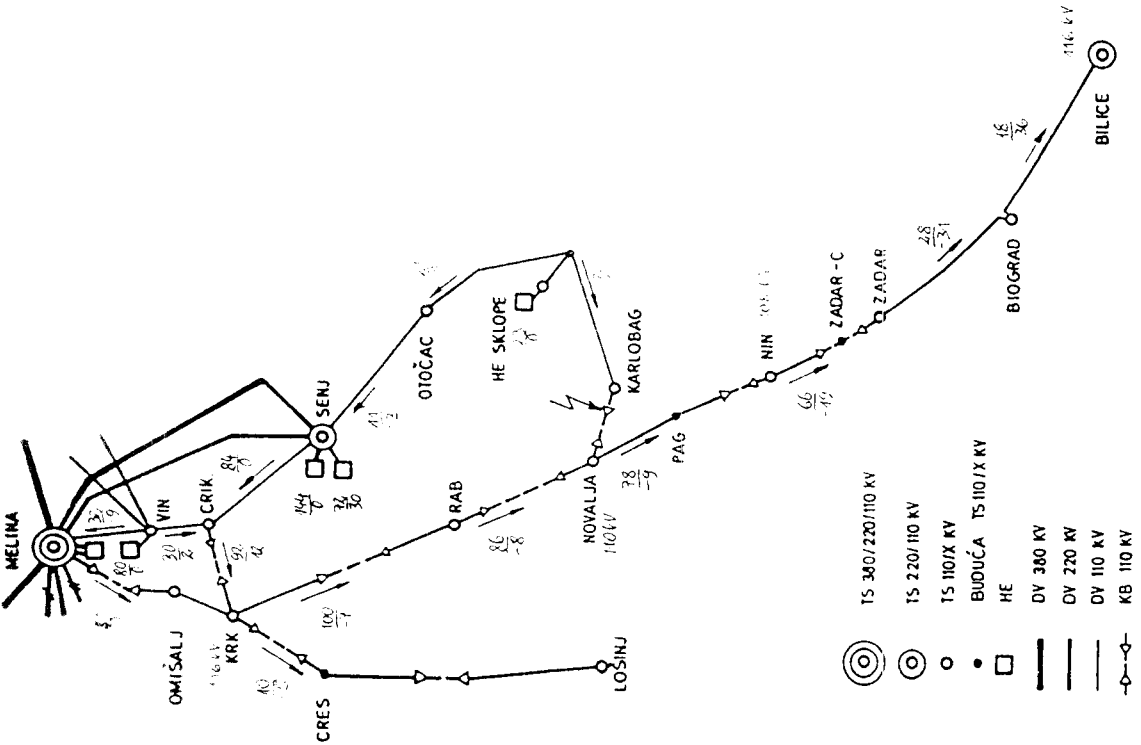
R 4.01



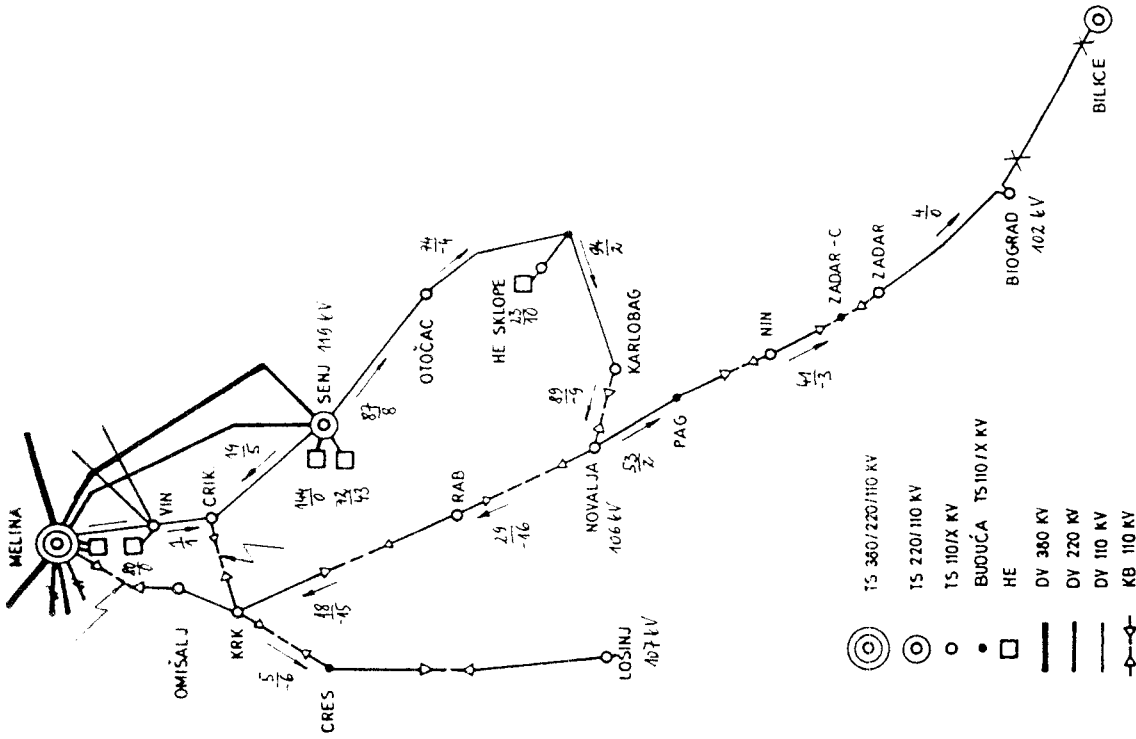
skala 1:50000
1954



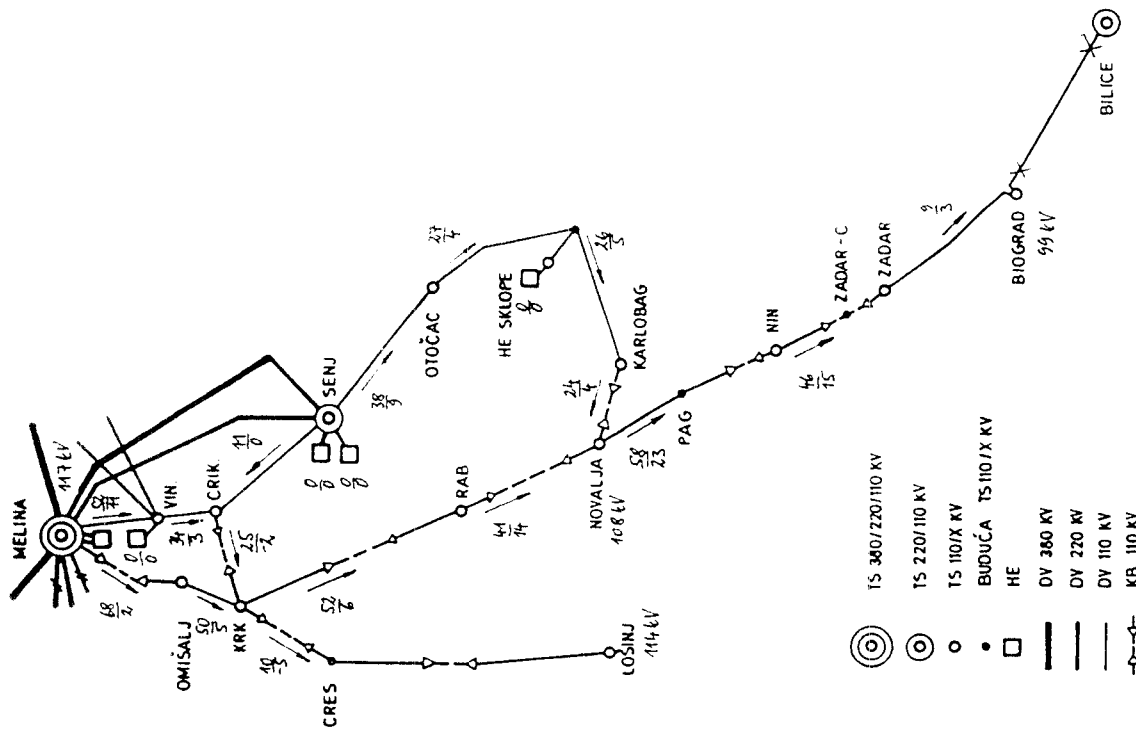
Sl. 61. Makšimljevi polje i Sotomacija bez grane Melina-Otočac



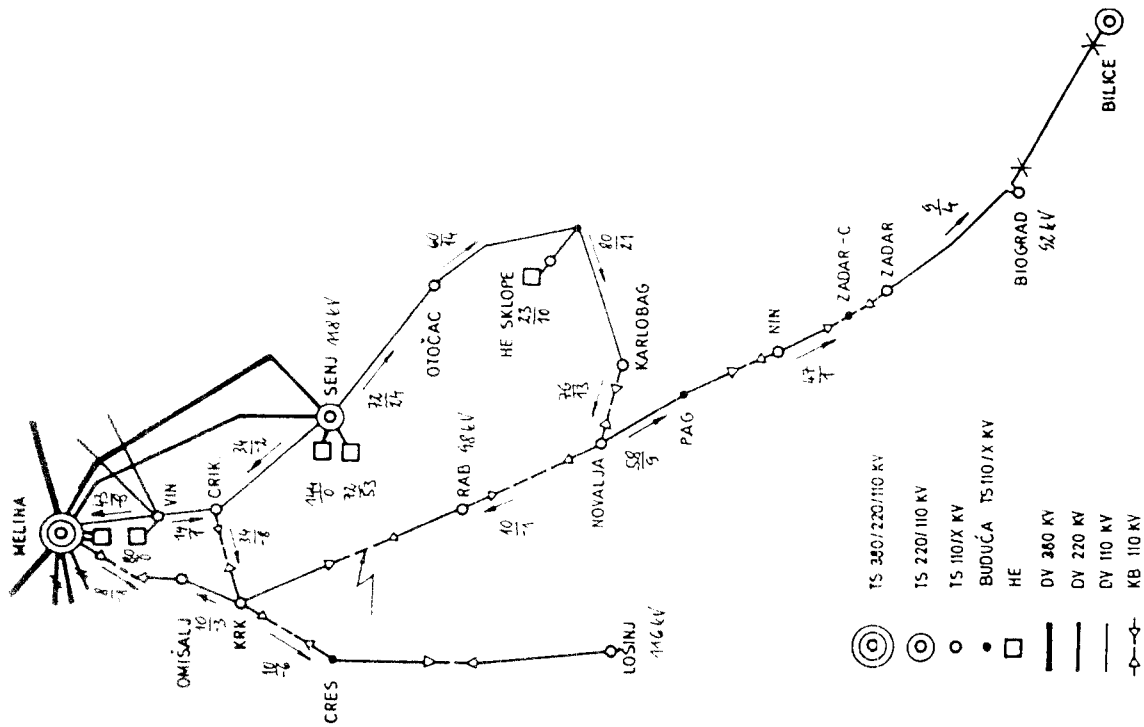
Sl. 61. Bežičnik Palmedija 75 MW bez grane Karlobag-Nowalja



Sl. 4: Napajanje i različitih naponskih področja bez obzira granice kooperativnog KKV



Sl. 5: Napajanje i različitih naponskih področja



Sl. 101. Republičke i područne mreže električne energije
 (pre granice Hrvatske)

