

JOSIP POPOVIĆ, dipl. ing.
IVANA MEDAČ-SABOLOVIĆ, dipl. ing.
MARIO BAJIĆ, dipl. ing.
HEP d.d. – Zagreb
DP "Elektra" Bjelovar

D 2.04

ANALIZA POGONSKIH MJERENJA U DVOSTRANO NAPAJANOJ NISKONAPONSKOJ MREŽI

SAŽETAK

U radu je prikazan jedan režim rada niskonaponskih mreža. Naponsko stanje se popravilo. Tokovi energije su se promijenili. Iz mjerenja energije i struja izračunati su ostali parametri. Usporedbom se pokazalo da su se i gubici smanjili.

Ključne riječi: Dvostrano napajana mreža; Tokovi energije

THE ANALYSIS OF OPERATIONAL MEASURING IN BILATERAL SUPPLIED LOW-VOLTAGE NETWORK

SUMMARY

In this papers I tried to show one way of how low-voltage networks are working. The state of tension has got better. The streams of energy have changed. After measuring the values of energy and currents, other parameters were calculated.

Key words: Bilateral supplied network; Energy flows

1. UVOD

Priključenjem potrošača na niskonaponsku mrežu u Kraljevcu, koji je svojom strukturom potrošnje i zbog udaljenosti od TS ozbiljno ugrozio kvalitetnu opskrbu električnom energijom svojih susjeda, a zbog ekonomskih i administracijskih dugotrajnih zahvata da bi se saniralo novonastalo vrlo loše stanje, ta n.n. mreža spojena je paralelno s n.n. mrežom iz susjedne TS uz sve prethodne preduvjete za paralelni rad dvaju transformatora. Taj zahvat nije imao prvotni cilj sigurnost opskrbe nego poboljšanje ozbiljno narušenog naponskog stanja u toj mreži.

2. OSTVARIVANJE PREDUVJETA PARALELNOG RADA DVIJU TS

Nakon donošenja odluke o pokušaju da se saniranje tog lošeg naponskog stanja riješi spajanjem dvije n.n. mreže u režim rada s dvostranim napajanjem, poduzete su radnje i mjerenja koja su neophodni da se postupak uopće može provesti. Povoljna situacija je bila što su u obje TS bili veći ugrađeni transformatori istog tipa, snage, grupe spoja i s istim položajem regulacijske preklopke. Osim toga moralo se na odcjepnom stupu prespojiti redosljed faza dalekovoda da bi oba transformatora imali isti redosljed faza na visokonaponskoj strani. Sljedeći postupak je bio ispitivanje istoimenosti faza na mjestu spoja niskonaponskih mreža i mjerenje eventualnih razlika napona u istoimenim fazama. Nakon provedenih pripremnih radnji, a posebno nakon mjerenja, te dvije niskonaponske mreže stavljene su u režim rada s dvostranim napajanjem.

3. POGONSKO STANJE DVOSTRANO NAPAJANE MREŽE

Prva stvar koju se moglo napraviti bilo je izmjeriti struje u mrtvom polju i one su imale vrijednosti prema tablici izmjerene vrijednosti struja u mrtvom polju

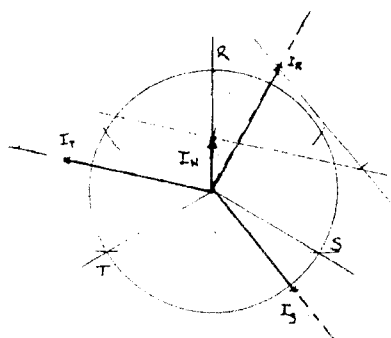
TABLICA 1. – Struje u mrtvom polju

I_R 5,1 A; I_S 4,3 A; I_T 2,0 A; I_N 7,7 A

Mjerenja su pokazala da kroz mjesto na kojem su spojene mreže sada dvostrano napajano, protječu struje i kroz fazne vodiče i kroz nulti vodič. Pokazalo se i da su struje na tome mjestu izrazito nesimetrične. U kasnijim mjerenjima dobivali su se različiti rezultati. Najvažnije pri tome je da su struje protekle i da se mogu izmjeriti. Njihova vrijednost ovisi o stanju mreže i o potrebama toga kontuma, koji se neprestano mijenja. Osim toga mjerenje struja na mjestu spoja dviju mreža znatno olakšava određivanje pregorjelog osigurača u mreži i fazu u kojoj je prekinuto obostrano napajanje. Osim mjerenja na mjestu spoja mreža moglo se izmjeriti struje u obje TS iz kojih je mreža napajana.

TABLICA 2. – Izmjerene vrijednosti struja u TS 601

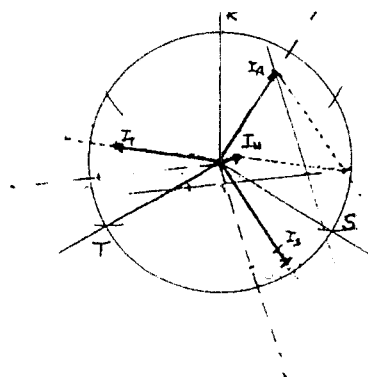
$I_R=29,3$	$\cos\varphi_R=0,88$	$\varphi_R=28,3^\circ$
$I_S=27,5$	$\cos\varphi_S=0,94$	$\varphi_S=19,9^\circ$
$I_T=30,6$	$\cos\varphi_T=0,70$	$\varphi_T=45,5^\circ$
$I_N=10,5$		



Sl. 3. Vektorski dijagram struja prema mjeranju iz Tablice 2.

TABLICA 3. – Izmjerene vrijednosti struja u TS 600

$I_R=21$ A	$\cos\varphi_R=0,84$	$\varphi_R=32,8^\circ$
$I_S=23,7$ A	$\cos\varphi_S=0,92$	$\varphi_S=23,0^\circ$
$I_T=20$ A	$\cos\varphi_T=0,76$	$\varphi_T=40,5^\circ$
$I_N=3,7$ A		



Sl. 4. Vektorski dijagram struja prema Tablici 3.

Kad se u vektorskom dijagramu nacrtaju izmjerene struje u mjerilu i pod faznim kutevima vidi se da je zadovoljen uvjet J. Kirchoffovog zakona i da je suma struja jednaka nuli, bez obzira što je izmjereno i očitavano za svaku fazu posebno i što je mjerenje obavljano prema mogućnosti na terenu.

4. RASPODJELA ENERGIJE U RAZLIČITIM REŽIMIMA RADA

4.1. Razdvojne mreže (radijalne)

Da bi se bolje upoznalo stanje u dvostrano napajanoj mreži, osim mjerenja struje i kuteva u TS i mrtvom polju ugrađena su u TS na izlaze spomenutih mreža poluizravna mjerenja električne energije. Brojila su povremeno očitavana prema mogućnostima na terenu i posebno kod uočenih ili dojavljenih nepravilnosti u radu povezanih mreža. Odnos potrošene energije kod razdvojenih mreža u intervalu 5 dana iznosio je:

TS Kraljevac 601	1575kWh	41%
TS Rovišće Kraljevac 600	2280kWh	59%
	3855kWh	100%

4.2. Spojene mreže (dvostrano napajane)

Za isti period očitavanja, ali kod spojenih mreža odnos potrošene energije je bio

TS Kraljevac 601	2070 kWh	61%
TS Rovišće Kraljevac 600	1290 kWh	39%
	3360 kWh	100%

Odmah je vidljivo da su se omjeri udjela TS u opterećenju energijom značajno izmjenili. Sada je veći udio energije pripao TS Kraljevac 601 i to s preko 61%, dok je njezin udio kod odvojnog voda bio 41% u zbroju potreba tih mreža.

Potvrda ovoga rezultata je očitavanje kroz duži period (50 dana) gdje su odnosi potreba za energijom bili:

TS Kraljevac 601	20520 kWh	62%
TS Rovišće Kraljevac 600	12570 kWh	38%
	33090 kWh	100%

Značajno su se izmjenili tokovi energije nakon što su mreže spojene. Pošto su uvjeti na mreži i potrebe konzuma promjenjivi nije zahvalno se bazirati na količinama energije nego na odnosu količina u istom periodu.

D 2.04

5. PRORAČUN (PROVJERA IZMJERENIH VRIJEDNOSTI)

5.1. Proračun spojenih mreža

Mjerene su vrijednosti struja na izlazima iz trafostanica i dobiveni su vrijednosti i faktori snage prikazane u tablici 2 i 3. Ako se zbroje prividne vrijednosti struja po fazama iz svake TS dobivaju se vrijednosti iz Tablice 5 koje, pomnožene s naponom 225 V, daju prividnu snagu i za svaku fazu se može izračunati prosječni $\cos\varphi$

TABLICA 4. – Struje, snage i faktor snage

$I_R = 50,3 \text{ A}$	$S = U \times I_R = 11,317 \text{ kVA}$	$\varphi_R = 0,86$
$I_S = 51,2 \text{ A}$	$S = U \times I_S = 11,520 \text{ kVA}$	$\varphi_S = 0,93$
$I_T = 50,6 \text{ A}$	$S = U \times I_T = 11,385 \text{ kVA}$	$\varphi_T = 0,73$
$\Sigma_I = 152,1 \text{ A}$		

Ove prividne struje su po vrijednosti podjednake pa su i prividne snage podjednake. Kad se prividna snaga pomnoži sa faktorom snage dobiva se radna snaga po fazama.

TABLICA 5. - Radna snaga po fazama

$$P_R = 9,73 \text{ Kw}, \quad P_S = 10,71 \text{ kW}; \quad P_T = 8,31 \text{ kW}; \quad \Sigma_P = 28,75 \text{ kW}$$

Za period od 5 dana radna energija iz te snage bi bila

$$W = P \times t = 28,75 \times 24 \times 5 = 3450,48 \text{ kWh} \quad (1)$$

To je nešto veća vrijednost od izmjerene za taj period na brojlilima radne energije, što za ovaj proračun nije posebno bitno, jer kad bi se računalo s kontinuiranom veličinom period za potrošnju izmjerene električne energije bio bi

$$T = 116,85^h \quad (2)$$

pa je i to okvirna provjera rezultata različitih mjerenja

5.2 Proračun razdvojenih mreža

Ukupna struja obiju TS dobije se obrnutom analogijom iz izmjerene energije za isti period kao i u spojenom režimu rada tih mreža.

$$W = 3855 \text{ kWh} \quad (3)$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3855}{116,85} = 32,99 \text{ kW} \quad (4)$$

Uz isti napon i simetrične struje ukupna radna struja je

$$I_r = \frac{P}{U} = \frac{32,99}{225} = 146,6 \text{ A} \quad (5)$$

Struje po fazama bi bile

$$I_R \sim I_S \sim I_T = 48,87 \text{ A} \quad (6)$$

izračunate prividne struje po fazama bi bile

$$I_R = \frac{I_r}{\cos \varphi_R} = 56,8 \text{ A} \quad (7)$$

$$I_S = \frac{I_r}{\cos \varphi_S} = 52,5 \text{ A} \quad (8)$$

$$I_T = \frac{I_r}{\cos \varphi_T} = 66,5 \text{ A} \quad (9)$$

Zbrojeno bi suma prividnih struja u razdvojenim mrežama bila

$$I = I_R + I_S + I_T = 176,25 \text{ A} \quad (10)$$

Ova struja je za 13,7% veća od ukupne struje iz tablice 4. dok je radna energija preuzeta kod razdvojenih mreža veća od one kod spojenih za 14,7% pa su razlike u zadovoljavajućim granicama. Ako se pretpostavi da se struje po TS dijele prema odnosu izmjerenih radnih energija onda je struja iz TS 600 za razdvojeni režim 59% izračunate struje ili 103,98 A, dok je u spojenom režimu rada tih mreža 64,7 A

6. RAZLIKA IZMJERENE ENERGIJE I GUBICI

Ukupna radna energija koju treba konzum u tim mrežama iz TS 600 i TS 601 je ona izmjerena u spojenom režimu rada i iznosi 3360 kWh.

Kad su mreže razdvojene izmjerena energija iz TS 601 iznosi 1575 kWh, pa se analogijom zaključuje da je potrebna energija konzumu iz TS 600 razlika tih energija odnosno 1785 kWh.

U istom intervalu je kod razdvojenih mreža iz TS 600 izmjerena energija 2280 kWh pa razlika između energije izmjerenih i potrebnih iznosi 495 kWh. To je 21,7% od izmjerene energije.

7. ZAKLJUČAK

U različitim režimima rada uz sve zatečene uvjete na niskonaponskoj mreži, a uz regulirano naponsko stanje, dobivaju se različite vrijednosti izmjerene radne energije za čak 14,7%, a struje po računu za čak 13,7%. Raspored potrošača po mreži nije ravnomjeran, struktura potrošnje je raznolika jer osim termičkih ima i motornih trošila, na što ukazuje nizak faktor snage u jednoj fazi, a posljedica je dosta razvijenog bačvarskog obrta. Potpuno egzaktni podatak o velikoj promjeni tokova energije za spojeni i razdvojeni režim rada ukazuje na loše stanje niskonaponske mreže iz TS 600. Razlike izmjerene energije za čak 14,7%, za istu mrežu u jednakom periodu, pokazuju kolike su stvarno potrebe energije u tim mrežama i koliko se poveća ukupna radna energija u drugom režimu rada. Razlika izmjerene energije za razdvojeni režim rada od izračunate za potrebe konzuma iz TS 600 od čak 21,7% ne može se pripisati samo mjernoj ili računskoj pogrešci ili nepoznavanju strujnog stanja mreže nego i povećanim strujama i njima izazvanim gubicima u relativno lošijoj niskonaponskoj mreži. Pri jednom i drugom mjerenju tj. u razdvojenom i spojenom radu mreže mjereni su i gubici u tim mrežama. Proračun pak pokazuje da se gubici ozbiljno povećavaju u relativno lošijoj mreži još za značajnih 7%.

8. LITERATURA

- [1] HRVOJE POŽAR – "Visokonaponska rasklopna postrojenja", Tehnička knjiga Zagreb
- [2] Marija i Karlo Ožegović – "Električne energetske mreže III", Split, 1997.
- [3] VOJMIR DVORNIK – "Analiza nekih mogućnosti pravilnog izbora zaštite u gradskim zamkastim mrežama", Energija br. 3-4, 1969.
- [4] V. A. KOZLOV – "Gradske razdjeljnje električne mreže", Lenjingrad, 1982. (*knjiga na ruskom*)

