

**PRIMJER BRZOG SANIRANJA PRENISKOG NAPONA NA KRAJEVIMA SUSJEDNIH
NISKONAPONSKIH MREŽA SPAJANJEM U SISTEM DVOSTRANOG NAPAJANJA**

**EXAMPLE OF QUICK SANATION OF LOW VOLTAGE CONDITIONS AT THE ENDS OF
ADJACENT LOW VOLTAGE NETWORKS BY CONNECTING INTO A DOUBLE-SIDED POWER
SUPPLY SYSTEM**

Josip POPOVIĆ, Hrvatska
Zvonimir POPOVIĆ, HEP ODS d.o.o. Elektra Bjelovar, Hrvatska
Dejan ČULIBRK, HEP ODS d.o.o. Elektra Bjelovar, Hrvatska

KRATAK SADRŽAJ

U radu je prikazan pristup jednostavnom saniranju lošeg naponskog stanja na krajevima susjednih nadzemnih niskonaponskih mreža na mjestima gdje su ispunjeni tehnički uvjeti za paralelni spoj dva transformatora tako da se krajevi tih mreža spoje u sistem dvostranog napajanja.

Ključne reči: niskonaponska mreža, dvostrano napajanje, tok energije

ABSTRACT

The paper presents a simple approach to sanitation of the bad voltage conditions at the ends of adjacent overhead low-voltage networks in places where the technical conditions for the parallel connection of two transformers are met, so that the ends of these networks are connected in a double-sided power supply system.

Key words: low-voltage network, double-sided power supply, energy flow

Josip Popović, josip.popovic.bj@gmail.com
Zvonimir Popović, zvonimir.popovic@hep.hr
Dejan Čulibrk, dejan.culibrk@hep.hr

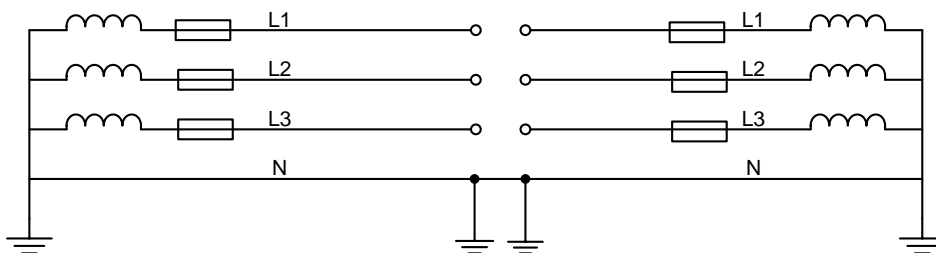
1. UVOD

Poboljšanje lošeg naponskog stanja, posebno na krajevima nadzemnih niskonaponskih mreža je ostvareno njihovim međusobnim spajanjem u sistem s dvostranim napajanjem. Cilj je postignut i naponsko stanje se popravilo na zadovoljavajući nivo. Ovdje se govori o paralelnom radu dva transformatora, što je zapravo samo uvjetno, jer su sekundarne strane tih transformatora spojene preko niskonaponske mreže odnosno njenih impedancija. To su dvostrano napajane niskonaponske mreže iz dvije susjedne distribucijske transformatorske stanice kada su im zadnji stupovi približno na razmaku od jednog raspona i postoje preduvjeti da se one međusobno galvanski spoje u paralelni rad preko takozvanog mrtvog polja, naravno ako su u sinkronizmu. Ovakvo stanje u prvom slučaju bilo je zamišljeno da traje neko kraće vrijeme više eksperimentalno i za potrebe mjerenja, ispitivanja i skupljanja iskustava, ali je zbog velikog poboljšanja naponskog stanja moralo je potrajati do rekonstrukcije tih mreža i interpolacije transformatorske stanice.

2. DVOSTRANO NAPAJANE NISKONAPONSKE MREŽE

Kad su nadzemne niskonaponske mreže dugačke, najčešće stare i premalog presjeka vodiča, potrošači pri kraju mreže mogu imati loše naponsko stanje, u vidu većih oscilacija, naročito preniskih vrijednosti radi pada napona. Stanje postaje tim teže ako se na takvu niskonaponsku mrežu priključe i novi potrošači, a pogotovo kad postojeći povećaju opseg svog poslovanja i nekontrolirano povećaju potrošnju električne energije, a uz to nalaze se pri kraju takve niskonaponske mreže. Takvi pogonski problemi otklanjaju se velikim planiranim ulaganjima u

niskonaponsku mrežu, rekonstrukcijom, remontom ili interpolacijom nove transformatorske stanice, što zbog ekonomskih i administracijskih uvjeta za investicijska ulaganja u postupak sanacije dugo traje i za to vrijeme potrošačima se ne poboljšavaju uvjeti za korištenje električne energije. Saniranje lošeg naponskog stanja za potrošače nije bilo izgledno u kratkom roku. Zato se pristupilo tehničkom rješenju kojim se može vrlo brzo sanirati takvo loše naponsko stanje i to spajanjem niskonaponskih mreža u sustav dvostranog napajanja, kada su za to ispunjeni svi tehnički uvjeti. Tamo gdje se nadzemne niskonaponske mreže iz dviju susjednih transformatorskih stanica približavaju na razmak od približno jednog raspona, a ne više od četrdeset metara, postoje preduvjeti da se one međusobno spoje u paralelni rad ako su ispunjeni uvjeti za paralelni rad dva transformatora. Nakon donošenja odluke o pokušaju da se saniranje tog lošeg naponskog stanja riješi spajanjem dvije niskonaponske mreže u režim rada s dvostranim napajanjem, poduzete su radnje i mjerenja koja su neophodni da se postupak uopće može provesti. Na oba krajnja stupa u mrtvom polju postavljaju se ormarići s osiguračima radi potrebe za potpuno razdvajanje mreža, ali i lakšu detekciju neizbježnih kvarova. Ovdje se govori o paralelnom radu dvaju transformatora što je zapravo samo uvjetno (crtež 1), jer su sekundarne strane tih transformatora spojene preko niskonaponske mreže odnosno njenih impedancija. Uvjetno, a radi jasnoće, govori se o paralelnom radu, a zapravo je to dvostrano napajana niskonaponska mreža.



Crtež 1- Susjedne niskonaponske mreže

Taj zahvat je imao prvotni cilj poboljšanje ozbiljno narušenog naponskog stanja u toj mreži. Mjerenja napona i prestanak učestalih poziva za poboljšanje stanja bio je znak da je planirani cilj postignut i da se može nastaviti je nadzor i ostala mjerenja na tim spojenim niskonaponskim mrežama.

3. MJERENJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U svaku od četiri transformatorske stanice na niskonaponske izlaze koji su bili spojeni u režim dvostranog napajanja ugrađena su električna brojila za mjerenje preuzete radne električne energije u toj mreži radi usporedbe odnosa preuzete energije u spojenom i u radijalnom pogonskom režimu rada. Povremeno su rezultati mjerenja očitavani. Zbog pogonskih problema ponekad su mreže prespajane u radijalno pogonsko stanje, pa je praćen period takvog pogonskog stanja i očitavani rezultati mjerenja. Radi usporedbe pratilo se i očitavalo rezultate mjerenja za iste periode kada su mreže međusobno spojene kao preduvjet za analizu potrošnje i tokova električne energije.

3.1 Prvi primjer

Niskonaponska mreža iz TS 600 bila je izgrađena golim vodičima Al/Če 35 mm² dužine 860 m. Do te niskonaponske mreže bila je niskonaponska mreža iz susjedne TS 601 ukupne dužine 920 metara. Njen prvi dio, dužine 520 metara, bio je izgrađen samonosivim kablenskim snopom 3x70+71,5 mm² na betonskim stupovima, a drugi dio je bio dugačak 400 metara, izgrađen golim vodičima Al/Če 25 mm² na drvenim stupovima.

U radijalnom režimu rada niskonaponskih mreža preuzete pojedinačne energije i ukupna energija prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1 - Energija radijalnih mreža za period 5 radnih dana

Broj TS	Energija [kWh]	Postotak [%]
TS 600	2.280	59
TS 601	1.575	41
Ukupno	3.855	100

Prema tabeli 1 vidi se da je niskonaponska mreža iz TS 600 opterećenija od niskonaponske mreže iz TS 601 za period očitavanja pet dana i dobro pokazuje odnose preuzete energije. Nakon spajanja mreža u sustav s dvostranim

napajanjem, za isti period mjerenja od pet dana promijenio se odnos preuzetih energija u tim dvjema mrežama prema stanju kad su bile razdvojene kako je prikazano u tabeli 2.

Tabela 2 - Energija spojenih mreža za period 5 radnih dana

Broj TS	Energija [kWh]	Postotak [%]
TS 600	1.290	39
TS 601	2.070	61
Ukupno	3.360	100

Iz tabela 1 i 2 vidi se kako su se promijenili odnosi u preuzetim količinama električne energijama nakon što su mreže spojene u sustav dvostranog napajanja i da je energija preraspodijeljena tako da je povećan udio iz susjedne transformatorske stanice TS 601. To se u prvom redu dogodilo zbog toga što je ta niskonaponska mreža izgrađena samonosivim kablskim snopom puno većeg presjeka. Ovaj odnos preuzetih količina električne energije trajno spojenih mreža u periodu pedeset dana potvrđen je mjerenjem i prikazan u tabeli 3.

Tabela 3 - Energija spojenih mreža za period 50 dana

Broj TS	Energija [kWh]	Postotak [%]
TS 600	10.950	38
TS 601	16.575	62
Ukupno	27.525	100

Period očitavanja od pedeset dana prikazan u tabeli 4 samo potvrđuje odnose u količinama preuzetih energija. Iz podataka o mjerenju preuzete električne energije za isti period mjerenja, a u radijalnom i spojenom pogonskom stanju tih niskonaponskih mreža, mogu se iz razlike preuzetih količina električne energije izračunati gubici.

Tabela 4 - Preuzeta energija i gubici

Sustav	Energija [kWh]	Postotak [%]
Radijalno	3.855	100
Spojeno	3.360	87,1
Razlika	495	12,9

U tabeli 4 prikazana je razlika u količini preuzete električne energije za oba pogonska stanja. U radijalnom režimu rada tih dviju niskonaponskih mreža ukupno preuzeta količina električne energije je veće nego u spojenom režimu rada i to za 12,9 posto.

3.2 Drugi primjer

Niskonaponske mreže iz susjednih transformatorskih stanica TS 405 i TS 436 su istog presjeka vodiča Al/Če 25 mm² i gotovo jednako dugačke 620 i 630 metara. Preuzete energije radijalnih mreža prikazane su u tabeli 5. U tabeli 6 se vidi odnos energija preuzetih kad niskonaponske mreže još nisu bile spojene u sustav s dvostranim napajanjem. Čak 67,4% energije preuzima niskonaponska mreža iz TS 436 i to zbog većeg broja priključenih kupaca. Na tom niskonaponskom izlazu priključen je 31 kupac. Bez obzira na bitno manju količinu preuzete energiji iz TS 406, odnosno 32,6%, u toj niskonaponskoj mreži bilo je povremeno ozbiljno narušeno naponsko stanje, pogotovo na kraju mreže. Na tom niskonaponskom izlazu priključeno je 17 kupaca. Nekoliko zahtjevnih kupaca s većim potrebama i većom potrošnjom električne energije bili su priključeni na kraju tog niskonaponskog izlaza i od tuda su proizlazili problemi i teškoće u korištenju električne energije.

Tabela 5 - Radijalno napajane niskonaponske mreže

Broj TS	Energija [kWh]	Postotak [%]	Broj kupaca	Energija. po kupcu [kWh/kupcu]	Snaga po kupcu [kW/kupcu]
TS 405	1.760	32,6	17	103,52	0,43
TS 436	3.640	67,4	31	117,4	0,48
Ukupno	5.400	100	48	112,5	0,46

Kad su te dvije niskonaponske mreže spojene u sustav s dvostranim napajanjem nastale su promjene u preuzetim količinama energije i to se vidi u tabeli 6. Osim toga, u tabeli 6 vidi se odnos preuzete energije nakon spajanja niskonaponskih mreža u sustav s dvostranim napajanjem. Udio energije iz TS 405 se povećao, a udio energije iz TS 436 se smanjio, na što je prevladao utjecaj različitog broja kupaca na tim mrežama.

Tabela 6 - Dvostrano napajane niskonaponske mreže

Broj TS	Energija [kWh]	Postotak [%]	Broj kupaca	Energija. po kupcu [kWh/kupcu]	Snaga po kupcu [kW/kupcu]
TS 405	2.400	42,9	17	141,2	0,58
TS 436	3.200	57,1	31	103,2	0,43
Ukupno	5.600	100	48	116,6	0,48

Iz izmjerenih količina preuzete električne energije u pogonska stanja, radijalno i spojeno, niskonaponskih mreža mogu se izračunati i usporediti razlike u preuzetim količinama električne energije za isti period mjerenja.

Tabela 7 - Preuzeta energija i gubici

Sustav	Energija [kWh]	Postotak [%]
Radijalno	5.400	96,4
Spojeno	5.600	100
Razlika	200	3,6

U tabeli 7 su prikazane količine preuzete električne energije u radijalnom i spojenom pogonska stanju za period mjerenja deset dana. U spojenom pogonskom režimu rada tih dviju niskonaponskih mreža preuzeta količina električne energije je veća od preuzete u radijalno pogonskom stanju za 3,6 %. U ovakvom režimu rada dviju niskonaponskih mreža iz susjednih transformatorskih stanica posebna se pažnja mora pokloniti sigurnosti na radu na tim mrežama i pri održavanju mreže i pri izgradnji, najčešće kod izgradnje priključaka. Zato je u svakoj transformatorskoj stanici u niskonaponskom ormariću postavljen natpis s upozorenjem da su mreže spojene i dvostrano napajane. Osim toga organizatori i rukovoditelji radova, a posebno dispečeri, moraju pažljivo planirati radove na tim niskonaponskim mrežama i njihovim pripadajućim transformatorskim stanicama.

4. ZAKLJUČAK

Spajanje niskonaponskih mreža u sistem dvostranog napajanja bilo je zamišljeno da traje neko kraće vrijeme, više eksperimentalno i za potrebe mjerenja, ispitivanja i skupljanja iskustava, ali je zbog velikog poboljšanja ozbiljno narušenog naponskog stanja u toj mreži moralo ostati dugotrajno. Cilj je postignut i stanje se popravilo na zadovoljavajući nivo jer su se tokovi energije optimalno raspodijelili u spojenim mrežama. Uvjeti za siguran rad na tim mrežama više nisu isti kao kad je mreža pogonski radijalna i zato se mora posebno pažljivo organizirati rad na njima isto kao i na transformatorskim stanicama iz kojih se napajaju. Kroz period pojačanog nadzora na toj mreži iskustva su pretežno pozitivna, ali je upitno da li bi veći broj takvih mreža mogao funkcionirati bez posebnog stalnog nadzora.

LITERATURA

- [1] Požar H, 1973: "Visokonaponska rasklopna postrojenja", Tehnička knjiga Zagreb
- [2] Ožegović M, Ožegović K, 1997: "Električne energetske mreže III", Split
- [3] Dvornik V, 1969: "Analiza nekih mogućnosti pravilnog izbora zaštite u gradskim zamkastim mrežama", Energija br. 3-4
- [4] Popović J, Modrovčić, Bajić, M, 2002: "Pogonska iskustva u dvostrano napajanoj niskonaponskoj mreži", 4. simpozij o distribucijskoj djelatnosti, HK CIGRE, Pula
- [5] Popović J, Medač-Sabolović I, Bajić M, 2002: "Analiza pogonskih mjerenja u dvostrano napajanoj niskonaponskoj mreži", 4. simpozij o distribucijskoj djelatnosti, HK CIGRE, Pula
- [6] Popović J, 2007: "Iskustva u dvostrano napajanoj niskonaponskoj mreži", 8. Savjetovanje HRO CIGRE i HO CIRED, Cavtat
- [7] Popović J, Popović Z, Ćulibrk D, Padovan M, 2018: "Rezultati mjerenja u različitim režimima pogona dvije niskonaponske mreže", 6(12) savjetovanje HO CIRED, Opatija