Broj rada: R3-20
DOI:10.46793/CIRED2026.R3-20_155

ISKUSTVA ODRŽAVANJA I REZERVA NISKONAPONSKE MREŽE

EXPERIENCES IN MAINTENANCE AND OPERATIONAL RESERVE OF LOW VOLTAGE NETWORK

Josip POPOVIĆ, Hrvatska *
Zvonimir POPOVIĆ, HEP ODS Elektra Bjelovar, Hrvatska
Dejan ĆULIBRK, HEP ODS Elektra Bjelovar, Hrvatska

KRATAK SADRŽAJ

U procesu redovnog ili interventnog održavanja može se u nekim slučajevima, bar privremeno popraviti ili bar ublažiti, a nekada i potpuno otkloniti, postojeće nezadovoljavajuće loše naponsko stanje, u niskonaponskoj distribucijskoj mreži, pogotovo kad nije moguća njena brza rekonstrukcije ili interpolacija nove transformatorske stanice, nekim bržim iskustveno prihvatljivim metodama, poput popune jednofazne mreže, s tim u vezi i simetriranjem priključaka, ali i zamjenom novim vodičima većeg presjeka, izgradnjom dva umjesto jednog niskonaponskog izlaza iz transformatorske stanice, pa čak i do specifičnog slučaja spajanja dvije susjedne niskonaponske mreže u sistem dvostranog napajanja na njihovim krajevima.

Ključne reči: nadzemne mreža, kabelska mreža, loš napon, kvarovi, rezerva u mreži

ABSTRACT

In the process of regular or interventional maintenance, it is possible in some cases to at least temporarily repair or at least alleviate, and sometimes even completely remove, the existing unsatisfactory bad voltage condition in the low-voltage distribution network, especially when its rapid reconstruction or interpolation of a new transformer station is not possible, with some faster empirically acceptable methods, such as filling the single-phase network, in this connection by symmetrizing the connections, but also by replacing them with new conductors of a larger cross-section, by building two instead of one low-voltage output from the transformer station stations, and even to the specific case of connecting two adjacent low-voltage networks into a double-sided power supply system at their ends.

Keywords: overhead network, cable network, bad voltage, breakdowns, reserve in the network

UVOD

Redovita, sigurna i kvalitetna opskrba električnom energijom, kao i zadovoljstvo kupaca takvom uslugom prioritet je u distribuciji električne energije, koju za sve kupce nije uvijek moguće ostvariti. Nezadovoljstvo pojedinih kupaca je sasvim opravdano ukoliko imaju

* Josip Popović, josip.popovic.bj@gmail.com

probleme s korištenjem električne energije, pritom nevažno za njih, uzrokovanih prekidima u opskrbi ili nekvalitetnim naponskim stanjem na mjestu njihovog priključka. Prekide u opskrbi električne energije uzrokuju kvarovi ili preopterećenja u nekvalitetnoj niskonaponskoj mreži, s tim da njihovo trajanje do otklanjanja ovisi o brzini djelovanja pogonskog osoblja. Nekvalitetno naponsko stanje pri korištenju električne energije uglavnom imaju kupci i potrošači na krajevima dužih izvoda niskonaponskih mreža i njihovo je nezadovoljstvo opravdano, a nesigurno naponsko stanje, doduše periodički i puno rjeđe, imaju kupci u podzemnoj kabelskoj mreži zbog kvarova na kabelima čije otklanjanje može potrajati, ovisno o vrsti kvara, postojanju rezerve i djelotvornosti pogonskog osoblja

1 OPIS OSNOVA NISKONAPONSKE MREŽE

1.1 Nadzemna mreža

Naponsko stanje u nadzemnoj niskonaponskoj mreži se najbolje provjeri izravnim mjerenjem napona na krajevima izlaza i struja opterećenja svakog izlaza u transformatorskoj stanici. Kad se utvrdi loše naponsko stanje i preopterećenje ili nesimetrija struja poduzimaju se postupci za potpuno otklanjanje ili privremeno saniranje ili bar ublažavanje nepovoljnih uvjeta. Najkvalitetnije rješenje je potpuna rekonstrukcija niskonaponske cijele niskonaponske mreže, a i po potrebi čak i interpolacija nove transformatorske stanice.

Uzroci lošeg naponskog stanja su različiti i utvrđuju posebno za svaku mrežu radi pristupa brzom poboljšanju uvjeta korištenja električne energije kupcima. Neke niskonaponske mreže su dugačke, pretežno s drvenim stupovima na naknadno ugrađenim betonskim nogarima, premalim presjecima golih vodiča, s puno uzdužnih spojeva kao posljedice prekida, pri tome čak još jednofazne s priključcima izvedenih golim vodičima pa i zahtjevima za nova priključenja.

1.2 Kabelska mreža

Niskonaponska kabelska mreža prevladava u strukturi gradske mreže i izgrađena je iz niza kabelskih dionica i priključaka. Kabele se načelno može razvrstati u mrežne, priključne i kabele javne rasvjete iako granična crta nije jasno zadana, a veliki raspon odabira presjeka vodiča niskonaponskih kabela omogućava i veliku fleksibilnost kod odabira koncepcije niskonaponske mreže i njenog načina izgradnje, potom i eksploatacije. Ishodišna točka je u transformatorskoj stanici, a zaštita od struja kratkog spoja izvedena je niskonaponskim osiguračima. Izvedbe kabelskih mreža su različite, s tim da najveći udjel u izvedbi kabelske mreže ima izvedba sistemom „ulaz-izlaz“ u samostojećim ili u kućnim priključnim ormarićima iz kojih se priključuju objekti. U kabelskoj mreži manje je zastupljena izvedba s odvajanjem priključka u takozvanom "T" spoju bez postavljanja kabelskih ormarića u trasu mreže. Održavanje kabelskih mreža je redovno, svedeno na preglede i otklanjanje uočenih nedostataka i interventno kod otklanjanja kvarova. U redovno se održavanje ubrajaju redoviti pregledi niskonaponskih ormarića, otklanjanje uočenih nedostataka i ažuriranje podataka u pogonsko tehničkoj dokumentaciji prema zapisnicima o održavanju. Interventno održavanje je otklanjanje kvarova kod pogonskih događaja zbog kojih kupci ostaju bez mogućnosti korištenja električne energije. Uzroci kvarova su različiti i njihovo otklanjanje je specifično i ovisi o uvjetima na terenu.

2 NEKI POSTUPCI ZA UBLAŽAVANJE LOŠEG NAPONSKOG STANJA

Postavljanjem niskonaponskih mreža u listu prioriteta za plan izgradnje ili plan sanacije loših naponskih prilika ne znači da će se na toj mreži naponsko stanje brzo i poboljšati. Ipak, mogu se poduzeti neki postupci da se loše naponsko stanje u niskonaponskim mrežama donekle poboljša. Takvi postupci u pravilu se provode u sklopu redovnog održavanja i s malim financijskim ulaganjima, te s relativno malim utroškom radnog vremena.

2.1 Popuna i promjena vodiča jednofazne nadzemne niskonaponske mreže

Neke niskonaponske mreže su jednofazne što znači da postoji samo jedan fazni vodič i nulti vodič. Kad su naponske prilike u takvim jednofazno izvedenim niskonaponskim mrežama loše, najjednostavniji zahvat je popuna niskonaponske mreže s dva nova fazna vodiča i po potrebi zamjena postojećeg, čime ta niskonaponska mreža postaje trofazna. Pritom se dio postojećih priključaka, a svi su jednofazni, raspodijeli na nove fazne vodiče i tako rastereti postojeći fazni vodič. Pritom treba nastojati dobiti što simetričnije opterećenje faznih vodiča kako bi se dobili ravnomjerni i zadovoljavajući naponi na kraju te popunjene niskonaponske mreže. U pravilu se ugrađuju novi vodiči od alučela presjeka 50 mm^2. Pritom svi dobri drveni stupovi ostaju na svojim stupnim mjestima, a mijenjaju se samo oni dotrajali. Ako postoje mogućnosti, mogu se kutni i krajnji stupovi, a to su stupovi sa sidrom, poduporama ili takozvani "A" stupovi promijeniti i ugraditi novi betonski stupovi. Pogodnost je da se mogu zamijeniti samo vodiči u niskonaponskoj mreži i da se pritom ne trebaju mijenjati priključci, pogotovo ako su još uvijek žičani, a niti peti vodič koji služi za javnu rasvjetu. Uglavnom se zadržavaju postojeća pogonska uzemljenja. Tako se zahvat izmjene vodiča u nekoj niskonaponskoj mreži može brzo i efikasno izvesti i sigurno poboljšati loše naponske uvjete u mreži. Kad je niskonaponski izlaz razgranat, odnosno ima odcjepe od glavne trase, onda je u pravilu dovoljno promijeniti vodiče samo na glavnoj trasi.

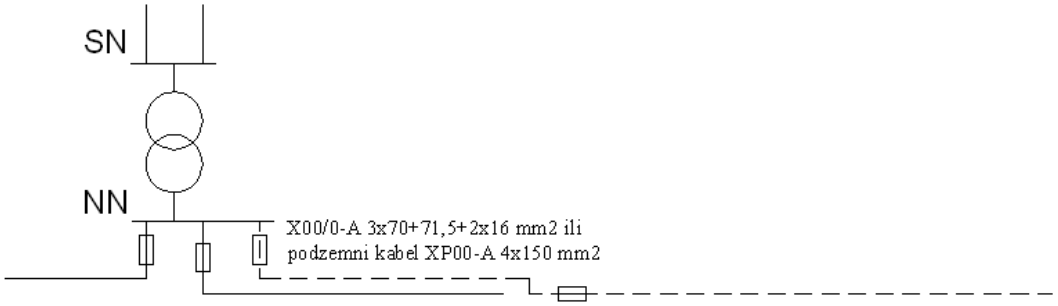
2.2 Simetriranje nadzemne niskonaponske mreže

Jedan dio objekata u izvangradskim niskonaponskim mrežama je priključen jednofazno, bez obzira što je niskonaponska mreža trofazna i postoje tehničke mogućnosti za izvedbu trofaznih priključaka. Ponekad potrošači pojedinačno upućuju na loše naponsko stanje na mjestu njihovog priključka. Jedan od razloga takvog stanja može biti nesimetrično opterećenje u toj niskonaponskoj mreži. Sanacija takvog stanja je jednostavna jer treba takav priključak prespojiti na drugi fazni vodič da bi se stanje dovoljno dobro popravilo Ako je u cijeloj niskonaponskoj mreži izražena prevelika nesimetrija struja koje se mjere na niskonaponskom izlazu u transformatorskoj stanici, mogu se prespojiti jednofazni priključci iz preopterećenog faznog vodiča na ostala dva, uvjetno rečeno, manje opterećena fazna vodiča i tako mehanički simetrirati stanje u mreži. Mjerenjem struja opterećenja na izlazima u transformatorskim stanicama može se provjeriti koliko se uspjelo postići u poboljšanju simetričnog opterećenja, a mjerenjem napona utvrditi koliko se naponsko stanje poboljšalo.

2.3 Podjela mreže

Ponekad se po postojećim stupovima postavlja samonosivi kabelski snop ispod postojećih vodiča niskonaponske mreže i spaja na krajnji dio niskonaponskog izlaza, kao na slici 1. Ovakva varijanta služi za poboljšanje lošeg naponskog stanja na kraju niskonaponske mreže jer se ujedno rasterećuje njen prvi dio. Na taj samonosivi kabelski snop ne spajaju se priključci.

Osim toga mijenjaju se uvjeti u odabiru zaštite u tako spojenim niskonaponskim mrežama jer se postiže veća fleksibilnost u odabiru osigurača.

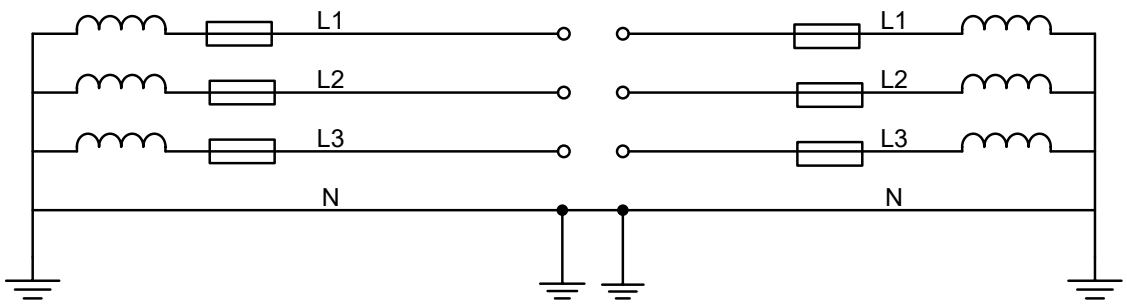


Slika 1 - Podjela mreže i ugradnja SKS ili kabela

Rjeđa, ali isto moguća varijanta je spajanje novog niskonaponskog kabela na postojeću niskonaponsku mrežu, s istom svrhom poboljšanja lošeg naponskog stanja na kraju niskonaponske mreže. To je najčešće kad se pojavljuje kupac s zahtjevima za priključenje koji se ne mogu ispuniti na postojećoj niskonaponskoj mreži nego se odlučuje za polaganje novog niskonaponskog kabela, odnosno izgradnja novog izlaza iz transformatorske stanice. Presjek kabela je tipiziran i to je XP00 4x150 mm2. se za sanaciju lošeg naponskog stanja na kraju niskonaponske mreže može iskoristiti dio kapaciteta kabela koji ne koristi novi kupac ili se u isti kabelski rov položi paralelno još jedan kabel i na taj se način poboljša stanje u tom dijelu niskonaponske mreže.

2.4 Dvostrano napajanje

Kad zbog ekonomskih i administracijskih uvjeta za investicijska ulaganja postupak sanacije loših naponskih uvjeta u niskonaponskoj mreži dugo traje, a za to vrijeme kupcima se ne poboljšavaju uvjeti za korištenje električne energije nego se, povećanjem obima potrošnje postojećih kupaca, čak i pogoršava, može se takvo stanje privremeno sanirati spajanjem mreža u paralelni rad. Na mjestima gdje se niskonaponske mreže iz dviju susjednih transformatorskih stanica približavaju na razmak od približno jednog raspona, a ne više od četrdeset metara kao na slici 2, postoje preduvjeti da se one međusobno spoje u paralelni rad uz uvjet da su u sinkronizmu.



Slika 2 - Susjedne niskonaponske mreže

Ovdje se govori o paralelnom radu dvaju transformatora, što je zapravo samo uvjetno, 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. Taj zahvat nema cilj povećati sigurnost opskrbe, nego poboljšati ozbiljno narušeno naponsko stanje mreži.

3 NEKI POSTUPCI ZA OTKLANJANJA NESIGURNOG NAPONSKOG STANJA

3.1 Kvarovi kabela

Kvarovi na kabelima neizbježni su dio eksploatacije kabelskih mreža koji uzrokuju poremećaj ili potpuni prekid u opskrbi kupaca električnom energijom, a posljedica su oštećenja i proboja izolacije koja se prepoznaje pregaranjem osigurača i prestankom djelomične ili potpune opskrbe kupaca električnom energijom To su u većini slučajeva jednopolni i dvopolni kratki spojevi, a nešto rjeđe tropolni kratki spojevi. Manifestiraju se pregaranjem osigurača koji su zaštita vodičima u kabelu. Na kabelima s bakrenim vodičima kvarovi su redovito kratki spojevi, dok se na kabelima čiji su vodiči aluminijski, osim kratkih spojeva, pojavljuju se prekidi vodiča. Svi priključeni kupci do mjesta prekida vodiča imaju ispravno napajanje električnom energijom, a oni priključeni iza mjesta kvara imaju poremećaj naponskog stanja, odnosno nestanak jedne faze. Prema uzrocima kvarova najviše ih je posljedica građevinskih radova u blizini kabela odnosno mehanički uzrokovani kvarovi koji se saniraju ugradnjom kabelske spojnice, ponekad i dvije uz ubacivanje dijela kabela. Jedan dio kvarova vezan je i uz nekvalitetnu montažu kabelskih spojnica, ali i uz prelaganje kabela i njegovo nastavljanje drugom vrstom kabela gdje je spoj različitih vrsta materijala potencijalni uzrok kvara na kabelu. Kabelske spojnice su u pravilu mjesta gdje je kabel oslabljen i značajan su uzrok kvarova na kabelima pogotovo na uljnim. Gotovo isto objašnjenje može se primijeniti i na kvarove na kabelskim završetcima.

3.2 Rezerva u kabelskoj mreži

U situacijama kad se kvar na niskonaponskom kabelu može brzo popraviti kupci će nakon nekog relativno prihvatljivo kratkog vremena opet imati urednu i sigurnu opskrbu električnom energijom U velikoj većini slučajeva ipak trajanje otklanjanja kvara na kabelu traje duže vrijeme, što znači dan, dva ili više dana, a to kupci ne mogu strpljivo čekati i mora im se za to vrijeme osigurati mogućnost korištenja električne energije. Prema stanju na terenu, ali ipak od slučaja do slučaja, a svaki je opet drugačiji od ostalih, može se reći samo ponekad slični, pristupa se poslovima koji privremeno kupcima osiguravaju korištenje električne energije. Najpovoljnija je situacija kad postoji rezerva i kad se prespajanjem na susjedni ispravni dio niskonaponske mreže kupcima osigurava brzo uspostavljanje normalnog pogonskog stanja. Za niskonaponske kabelske mreže može se reći da uglavnom nemaju jednostavnu rezervu. To zapravo znači da se nakon lociranja dionice kabela u kvaru ne može ostatak niskonaponske mreže jednostavno prespojiti ili čak prekopčiti na susjedni ispravni dio niskonaponske mreže. Kad u niskonaponskoj mreži nema trošila koji za svoje potrebe koriste trofazne elektromotore onda se može pribjeći osiguranju dvije istovjetne faze, pa čak i sve tri istovjetne faze. Uvjet je da je u ormariću u kojem je kvar bar jedna faza ispravna, pa se prespajanjem u ormariću osigurava se da jedna ili dvije, pa čak sve tri faze tada budu istovjetne, što kupci ne osjećaju i mogu se ponašati kao da imaju potpuno normalnu opskrbu. Ima i drugih privremenih rješenja pa čak i korištenje električnog agregata odnosno malog generatora za proizvodnju električne energije. Poseban pogonski pa i tehnički problem pojavljuje se kod kvarova na priključnim kabelima za veće, a s tim u vezi i zahtjevnije objekte, koji su radijalno priključeni i nalaze se u

području ili zonama gdje nije jednostavno osigurati rezervno napajanje u periodu otklanjanja kvara na kabelu Kod kabelskih niskonaponskih distribucijskih mreža potreba za rezervom je gotovo nasušna i najizraženija je kod radijalnih, često dugačkih, priključaka izdvojenih gospodarskih, proizvodnih, većih stambenih objekata, kao i farmi, piličarnika, staklenika, pa i objekata vezanih uz distribuciju vode, plina i nafte, te u posljednje vrijeme pojava niza domova za stare i nemoćne osobe. Svaki prekid u isporuci električne energije, narodski rečeno nestanak struje, im stvara manje ili veće, a u pravilu zapravo goleme probleme.

3.3 Dokumentacija i pogonsko osoblje

Održavanje kabelskih mreža je jednostavno i ne zahtijeva veliki angažman radnika i mehanizacije. Uglavnom se svodi na redovite preglede ormarića i stanja u njima u nekim zadanim periodičkim rokovima. U procesu redovnog održavanja je i otklanjanje uočenih nedostataka u unutrašnjosti i na vanjskom dijelu ormarića i nekih drugih, uglavnom dojavljenih, nedostataka, poput otvorenih ili oštećenih vrata ormarića. O svakom pregledu vodi se pismeni izvještaj. Drugi oblik održavanja kabelskih mreža je interventno otklanjanje kvarova koji prekidaju redovitu opskrbu kupaca električnom energijom ili ugrožavaju djecu i prolaznike, pogotovo one pretjerano, nesvjesno, znatiželjne, nakon pregaranja osigurača, nalaza termovizije, pretjeranog zagrijavanja, dima ili požara u ormariću, deformacije kućišta ili nasilnog djelovanja. Za sve kabelske mreže potrebno je imati kvalitetnu i ažuriranu pogonsko tehničku dokumentaciju. Neophodno je imati jednoznačno označene ormariće, oznake svih strujnih krugova, podatke o uklopnom stanju i kvalitetne snimke trasa svih kabela. Ažuriranje svake promjene stanja u kabelskoj mreži sastavni je dio održavanja. Makrolokacija mjesta kvara na kabelu provodi se metodama vezanim uz lokator grešaka na kabelima. Pri tom postupku iskustvo i uvježbanost operativnog osoblja neprocjenjiva su pomoć. Pravilna procjena, ukoliko je rezultat kvalitetnih podataka o kvaru može znatno ubrzati i olakšati postupak otkrivanja i otklanjanja kvara na kabelu. Dobre snimke ili brojčani pokazatelji o udaljenosti mjesta kvara od mjesta priključenja uređaja za ispitivanje omogućavaju pristup u neposredni okoliš mjesta kvara te metodama mikrolokacije vrlo precizno odrediti mjesto kvara na kabelu.

4 ZAKLJUČAK

Održavanje niskonaponske, kako nadzemne tako i kabelske mreže, trajan je i svakodnevni posao i obaveza, jer su kupci električne energije jako osjetljivi na svaki poremećaj u njenoj pouzdanoj, kvalitetnoj i sigurnoj isporuci, pa to uvjetuje stalnu i brzu interventnu pogonsku spremnost. Plansko održavanje pomaže da se preduhitre neke neželjene pojave i uskladi dokumentacija sa stanjem na terenu pogotovo nakon popravaka svih, a naročito većih kvarova, pogotovo oštećenja kabela. U nekim nadzemnim niskonaponskim mrežama kroz proces održavanja mogući su monterski zahvati kojima se bar privremeno može sanirati nepovoljno naponsko stanje, a pogonskim manevrima popraćenim iskustvom i uvježbanošću pogonskog osoblja prema kvalitetnoj i ažuriranoj pogonsko tehničkoj dokumentaciji brzo i efikasno provesti akcije da su prekidi u isporuci električne energije rijetki i kratkotrajni.

LITERATURA

[1] J. Popović, Z. Popović, D. Ćulibrk, M. Padovan: "Dugogodišnje pogonsko iskustvo u niskonaponskoj kabelskoj mreži",13. Savjetovanje HRO CIGRE, Šibenik, 5.-8. Studenoga 2017. (B2-03)
[2] M. Ožegović, K. Ožegović: “Električne energetske mreže III”, Split, 1997.
[3] H. Požar: “Visokonaponska rasklopna postrojenja”, Tehnička knjiga, Zagreb, 1973.

[4] J. Popović, Z. Popović, D. Ćulibrk, M. Padovan:"Jedan pristup rezervi u niskonaponskoj mreži", HO CIRED, 6.(12-) savjetovanje, Opatija, 13 – 16. svibnja 2018.
[5] J. Antić, M. Antić: "Iskopi glavni uzrok šteta na kabelima i drugim podzemnim vodovima", 9. savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, 2009.
[6] J. Popović: "Iskustva u dvostrano napajanoj niskonaponskoj mreži", HRO CIGRE i HO CIRED, Cavtat, 4.-8. studenog 2007.
[7] J. Popović, Z. Popović, I. Nikolić, D. Ćulibrk, J. Gaiger, A. Bilek, B. Đurović: "Jednostavni postupci sanacije loših naponskih prilika u nadzemnoj niskonaponskoj mreži", 2. savjetovanje HO CIRED, Umag, 16.-19. svibnja 2010.
[8] J. Popović, Z. Popović, I. D. Ćulibrk, I. Nikolić, J. Gaiger A. Bilek, B. Đurović: "Uzroci, popratne pojave i otklanjanje kvarova na kabelima", HRO CIGRE, Cavtat, 6.-10. studenog 2011.
[9] J. Popović, Z. Popović, D. Ćulibrk, M. Padovan:"Obnova dotrajalih dijelova u niskonaponskoj mreži", HO CIRED, 6.(12-) savjetovanje, Opatija, 13 – 16. svibnja 2018.