

dr.sc. Vitomir Komen, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
vitomir.komen@hep.hr

Ante Pavić, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Zagreb
ante.pavic@hep.hr

Renato Čučić, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
renato.cucic@hep.hr

MOGUĆA TEHNIČKA RJEŠENJA ZA SANACIJU NAPONSKIH PRILIKA U NISKONAPONSKIM MREŽAMA

SAŽETAK

Svođenje i održavanje parametara kvalitete električne energije unutar granica definiranih normom HRN EN 50160 iziskuje velika investicijska ulaganja, koja je u nekim slučajevima ekonomski teško opravdati. U brdovitim, udaljenim krajevima sa relativno slabom naseljenošću mjerna mjesta se često napajaju preko dugih niskonaponskih vodova. Uslijed pada napona uzduž voda, u krajnjim točkama mreže vrijednost napona u praksi može poprimiti relativno niske vrijednosti. Takve okolnosti tehnički je najučinkovitije sanirati izgradnjom novog srednjenaponskog voda i interpolacijom nove trafostanice. U radu se daje nekoliko alternativnih tehničkih rješenja za sanaciju naponskih prilika u niskonaponskim mrežama. Opisan je naponski stabilizator čije se djelovanje zasniva na elektromagnetskom principu i koji nema pokretnih dijelova. Prikazan je učinak stabilizatora, te su istaknute njegove prednosti i nedostaci. Nadalje, daje se pregled mogućih rješenja sa prijenosom na 0,95 kV naponskoj razini sa implementacijom specijalnih transformatora.

Ključne riječi: sanacija naponskih prilika, kvaliteta napona, stabilizator napona, 0,95 kV naponska razina, nove tehnologije, niskonaponska mreža

PRACTICAL TECHNOLOGY SOLUTIONS FOR THE IMPROVEMENT OF VOLTAGE CIRCUMSTANCES IN THE LOW-VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS

SUMMARY

Adjusting and retention of power supply quality inside the parameter boundaries defined by the HRN EN 50160 standard, requires great financial investments, which are sometimes economically unacceptable. In distant, mountainous and low populated areas, consumer points are usually supplied through long LV distribution lines. At these points voltage values could be unsatisfactory due to voltage drop along the line. Such circumstances can be technically solved by interpolation of new MV/LV substation with corresponding MV lines. This paper gives a few other technical solutions in order to improve voltage circumstances in LV networks. The focus is on voltage booster which operates based on the electromagnetic principle and without movable parts. The paper describes benefits of using fore-mentioned device along with its advantages and drawbacks. Furthermore, applicable solutions for use at 0.95 kV voltage level realized by means of special transformers are also included.

Key words: improvement of voltage circumstances, voltage quality, voltage booster, 0.95 kV voltage level, new technologies, LV distribution network

1. UVOD

Uslijed naglog povećanja opterećenja odnosno porasta novogradnji izvan urbanih sredina, u praksi nije uvijek moguće dovoljno promptno reagirati i time odmah osigurati kvalitetnu opskrbu električnom energijom (odnosno propisanu kvalitetu napona) svih kupaca, utvrđenu prema normi HRN EN 50160 (Naponske karakteristike električne energije iz javnog distribucijskog sustava), harmonizacijskim dokumentom HRN HD 472 S1 (Nominalni naponi za niskonaponske javne sustave napajanja električnom energijom), kao i odredbama Mrežnih pravila elektroenergetskog sustava (NN 36/2006) i Općih uvjeta za opskrbu električnom energijom (NN 14/2006).

Problem je naročito izrazit u točkama koje su prilično udaljene od napojnih transformatorskih stanica 20(10)/0,4 kV (dugi niskonaponski izvodi). Uslijed pada napona uzduž voda, u krajnjim točkama mreže vrijednost napona u praksi može poprimiti nižu vrijednost od minimalne preporučene prema normi HRN EN 50160 (-10%, odnosno 207 V). Na takvim mjestima mreža je osjetljivija na pojave propada i treperenja (flikeri) napona. Stoga je u takvim slučajevima nužna što brža sanacija naponskih prilika, kako bi se parametri kvalitete doveli unutar propisanih vrijednosti.

Do sada poznata rješenja sastojala su se prije svega od „pojačanja“ postojeće niskonaponske mreže, i to na način da se izvrši zamjena postojećih neizoliranih ili izoliranih niskonaponskih vodiča sa izoliranim vodičima većeg presjeka (SKS). Najpovoljnije rješenje svakako predstavlja interpolacija nove transformatorske stanice 20(10)/0,4 kV sa pripadajućim novim srednjenaponskim i rekonstruiranim niskonaponskim vodovima. Međutim različiti čimbenici, kao što su primjerice iznenadne promjene razvojnih planova, dugotrajni upravni postupci za pridobivanje dozvola, zahtjevnost investicija i slično, mogu utjecati na to da izgradnju trafostanice sa raspletom nije moguće izvesti u dovoljno kratkom roku. Produžetak srednjenaponskog voda i ugradnja transformatora 20(10)/0,4 kV koji se nalazi bliže krajnjim kupcima u mreži predstavlja najkvalitetnije rješenje, a osim što može predstavljati relativno dug proces, takvo rješenje je ujedno i najskuplje. Ekonomska opravdanost takvog rješenja na udaljenim i teško dostupnim mjestima u slučaju male priključne snage i malog broja kupaca najčešće je vrlo upitna.

Za sanaciju naponskih prilika u niskonaponskim mrežama kao tehničko rješenje može se upotrijebiti i naponski stabilizator [1]. Pomoću tog novog tehničkog rješenja moguće je na relativno brz i učinkovit način na dugim niskonaponskim izvodima veličinu napona svesti unutar granica definiranih normom HRN EN 50160. Preporučeno odstupanje veličine napona prema HRN EN 50160 je do $\pm 10\%$ od nazivne vrijednosti u 95% promatranog vremenskog intervala (tj. max. 253 V, min. 207 V), dok je u 5% preostalog perioda preporučeno odstupanje do $+10/-15\%$ (tj. max. 253 V, min. 195,5 V).

Kao alternativno rješenje za prijenos energije na veće udaljenosti na niskonaponskoj razini može se koristiti dvostruka transformacija sa prijenosom na 0,95 kV razini. Takvo rješenje zahtjeva uvođenje netipskih (specijalnih) transformatora koji uz namot za standardnu naponsku razinu 20(10) kV ili 0,4 kV, imaju i namot za 0,95 kV naponsku razinu.

2. STABILIZATOR NAPONA

U svijetu se koriste različite vrste naponskih stabilizatora za sanaciju naponskih prilika u niskonaponskim mrežama. U nastavku je opisana izvedba stabilizatora koji se zasniva na elektromagnetskom principu, bez uporabe pokretnih dijelova za regulaciju, što omogućuje relativno brz odziv (približno 200 ms) na promjene stanja u niskonaponskoj mreži.

Regulacija napona vrši se pomoću promjene induktivnosti prigušnice sa željeznom (feromagnetskom) jezgrom, za koju vrijedi približni izraz (1).

$$L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{l} \quad (1)$$

gdje je: L - induktivnost prigušnice

N - broj zavoja

μ_0 - permeabilnost vakuumu

μ_r - relativna permeabilnost

A - površina poprečnog presjeka prostora omeđenog zavojima žice (presjek jezgre)

l - duljina srednjeg opsega silnica magnetskog toka (srednji opseg feromagnetske jezgre)

U unutrašnjosti naponskog stabilizatora prigradena je posebna prigušnica (slika 1.), čija se induktivnost mijenja promjenom relativne permeabilnosti jezgre, efektom „prividnog zračnog razmaka“. Posebnom konstrukcijom namota postižu se dva ortogonalna (međusobno okomita) magnetska polja. Promjenom magnetskog polja upravljačkog namota mijenja se permeabilnost u smjeru magnetskog polja glavnog namota (mijenja se petlja histereze), čiji učinak je jednak kao da se mijenja zračni razmak, te se na taj način mijenja i induktivnost glavnog namota prigušnice.

Nadomjesna shema jednofaznog naponskog stabilizatora prikazana je na slici 1. Stabilizator se sastoji od autotransformatora A sa serijskim namotom S spojenim između ulazne L_{ul} i izlazne L_{izl} točke, te paralelnog namota P, postavljenog u poprečnoj grani. U seriji sa paralelnim namotom ugrađena je prigušnica sa promjenjivim induktivitetom. Sastavni dio uređaja je i regulacijski sklop prigušnice, koji na nadomjesnoj shemi (slika 1.) nije prikazan.

Iz nadomjesne sheme proizlaze sljedeći izrazi:

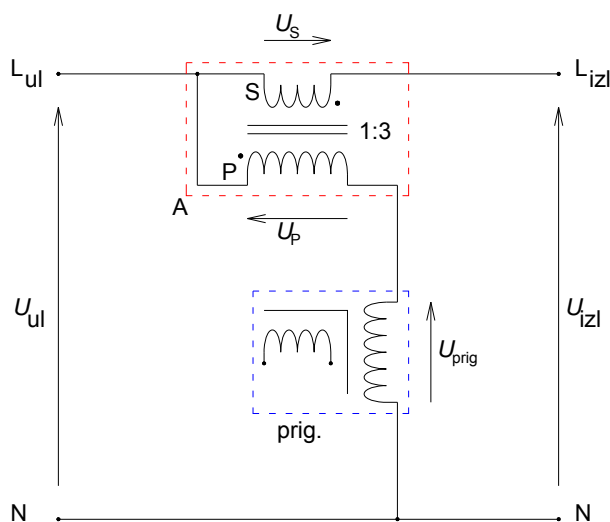
$$U_{ul} = U_{prig} + U_P \quad (2)$$

$$U_{izl} = U_{prig} + U_P + U_S = U_{ul} + U_S \quad (3)$$

Prijenosni omjer namota autotransformatora kod naponskog stabilizatora obično iznosi 1:3, dok se izlaz obično podešava na vrijednost 230 V ili 235 V.

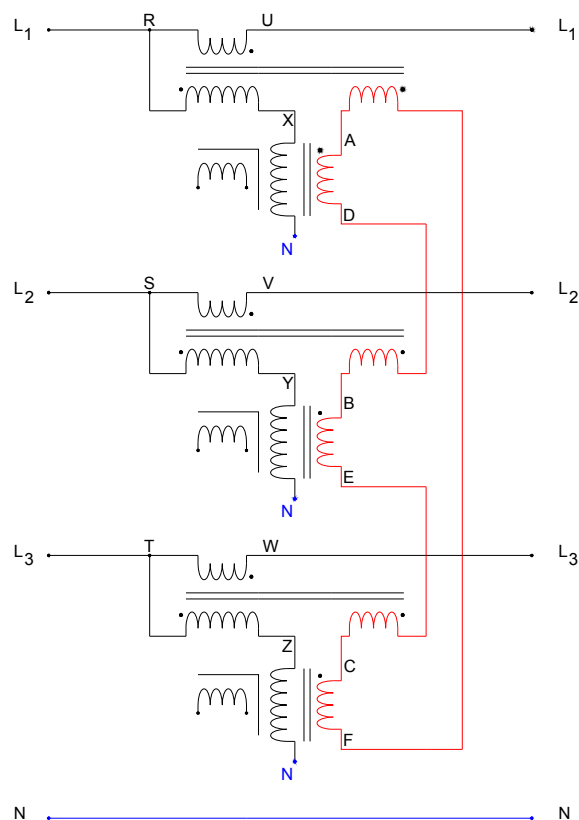
Iz izraza (2) vidljivo je da se napon na ulazu naponskog stabilizatora U_{ul} jednak zbroju napona na podesivoj prigušnici U_{prig} i napona na primarnom dijelu glavnog namota (autotransformatora) U_P . Ukoliko primjerice pad napona u točki ugradnje naponskog stabilizatora iznosi 40 V, tada je napon na ulazu naponskog stabilizatora jednak 190 V. Pomoću podesivog induktiviteta u poprečnoj grani regulira se napon, na način da na izlazu uvijek dobijemo konstantnu odnosno podešenu vrijednost (230 V ili 235 V). Drugim riječima, u poprečnoj grani automatski se podešava induktivnost na način da na tom dijelu namota u opisanom slučaju napon iznosi 70 V, čime napon na glavnom paralelnom namotu iznosi $190 \text{ V} - 70 \text{ V} = 120 \text{ V}$. Pošto prijenosni omjer autotransformatora iznosi 1:3, na serijskom namotu autotransformatora dobijemo napon 40 V, što prema izrazu (3) znači, da se ta vrijednost napona zapravo pridodaje ulaznoj veličini napona, kako bi na izlazu dobili višu vrijednost, odnosno u konkretnom slučaju $190 \text{ V} + 40 \text{ V} = 230 \text{ V}$.

Stabilizator napona na izlazu može dati konstantnu (podešenu) vrijednost praktično neovisno o ulaznoj vrijednosti napona, ukoliko se ulazna vrijednost nalazi u opsegu do -20% (ili -10%) nižoj od nazivne vrijednosti napona mreže. U slučaju nižeg napona, uređaj se automatski premošćuje (by-pass). Uređaj se automatski premošćuje također u slučaju kratkog spoja u mreži. Nakon otklanjanja kvara uređaj se automatski vraća u prvobitno stanje.



Slika 1. Nadomjesna shema jednofaznog naponskog stabilizatora

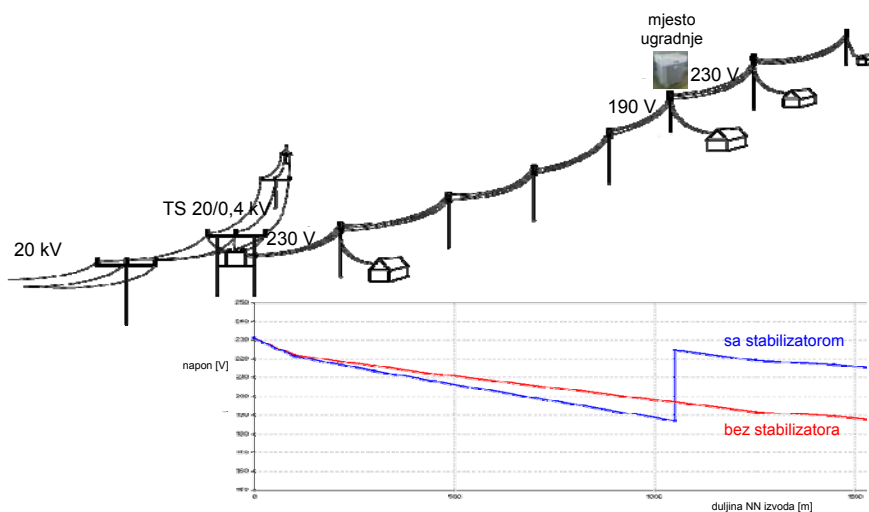
Izvedba naponskog stabilizatora može biti jednofazna i trofazna. Za uporabu u niskonaponskim mrežama zanimljiva je prije svega trofazna izvedba koja omogućuje automatsku (dinamičku) regulaciju (pojačanje) svake faze zasebno, a prigradeni tercijarni namot (na slici 2. prikazan crvenom bojom) spojen u trokutu omogućuje izravnavanje asimetrije (nesimetrije) faznih napona, kako bi izlazni naponi svih triju faza bili jednaki.



Slika 2. Nadomjesna shema trofaznog naponskog stabilizatora

Osnovna prednost ugradnje stabilizatora je dinamičko održavanje konstantne razine napona na njegovom izlazu prilikom svake promjene opterećenja i posljedičnoj promjeni pada napona u mreži. Osim što se u priključnoj točki napon povisi na željenu razinu, napon se u svakoj fazi posebno stabilizira. Navedeno svojstvo kupcima koji su priključeni „iza“ naponskog stabilizatora omogućuje značajno poboljšanje napajanja električnom energijom sa gledišta visine priključnog napona (slika 3.). Stoga je odabir optimalne lokacije ugradnje stabilizatora od iznimnog značaja.

Jedan od nedostataka ugradnje naponskog stabilizatora jest da isti zbog vlastite potrošnje prouzrokuje dodatni pad napona na mjestu ugradnje, što je također potrebno uzeti u obzir prilikom odabira mjesta ugradnje. Iz navedenog proizlazi da je napon u točkama tik „ispred“ naponskog stabilizatora niži nego što je to slučaj prije ugradnje naponskog stabilizatora (slika 3.).



Slika 3. Okolnosti u niskonaponskoj mreži sa i bez naponskog stabilizatora

Prilikom odabira optimalne lokacije ugradnje naponskog stabilizatora, osim osnovnog kriterija koji uzima u obzir kontrolu pada napona uzduž voda, također je potrebno računati i na odgovarajuću udaljenost od stambenih objekata. Preporučuje se ugradnja stabilizatora na udaljenosti najmanje 50 metara od stambenih objekata, radi buke koja se stvara prilikom rada stabilizatora.



Slika 4. Primjeri ugradnje naponskog stabilizatora u niskonaponskoj mreži

Obzirom da opisani naponski stabilizator radi na principu autotransformatora i promjenjivog induktiviteta sa dva ortogonalna magnetska polja, uređaj stvara dodatne više harmonijske komponente. Ovisno od stupnja regulacije (opseg regulacije do -10% ili do -20% U_n), uređaj u mrežu može dodati od 1 % do čak 6 % vrijednosti faktora ukupnog harmonijskog izobličenja napona (THD). Prema normi HRN EN 50160 ukupni sadržaj viših harmonika (ukupno harmoničko izobličenje, THD) napona, koje se računa uz uzimanje u obzir svih viših harmonika do 40. višeg harmonika, ne smije prelaziti vrijednost od 8% U_n . Obzirom da se priključenjem naponskog stabilizatora značajno povećava vrijednost THD faktora, prije i nakon ugradnje stabilizatora potrebno je izvršiti mjerenja s ciljem da se provjeri sukladnost sa zahtjevima iz predmetne norme.

Zbog nužnosti ugradnje, ali s druge strane uzimajući u obzir i svojstva naponskog stabilizatora koja bi još trebalo poboljšati, uvođenje naponskog stabilizatora za sanaciju naponskih prilika na nekoj lokaciji NN mreže u pravilu može imati tretman samo privremenog rješenja, koje se namjerava koristiti do realizacije odgovarajućeg trajnog rješenja (primjerice izgradnja nove TS 20(10)/0,4 kV sa pripadajućom mrežom). Iznimno se naponski stabilizator može koristiti kao dugotrajnije rješenje, ali samo pod uvjetom da vrijednost faktora ukupnog harmonijskog izobličenja napona (THD) i flikera ne prelazi preporučene granične vrijednosti prema normama. U praksi je ugradnja naponskog stabilizatora optimalna za područja gdje su prisutni problemi sa omogućavanjem odgovarajuće visine priključnog napona i na kojima se ujedno ne predviđaju novi kupci električne energije. Najčešće takve slučajeve susrećemo u brdovitim, udaljenim krajevima sa relativno slabom naseljenošću.

3. PRIJENOS ENERGIJE NA 0,95 KV NAPONSKOJ RAZINI

Razvoj tržišta električnom energijom iz godine u godinu utječe na sve veće zahjeve koji se postavljaju na osiguranje kvalitetne opskrbe električnom energijom svih kupaca. Zbog tehničkih ograničenja (prijenosna moć i pad napona) zadovoljavajući nivo kvalitete električne energije ponekad je teško postići kod kupaca na niskom naponu koji su prilično udaljeni (reda veličine blizu 1 km ili čak i više od 1 km) od napojne TS 20(10)/0,4 kV. Ukoliko se radi o kupcima sa malom zakupljenom snagom, takav slučaj osim tehničkog predstavlja i ekonomski problem obzirom da izgradnja novog sredjenaponskog voda po standardnoj proceduri i pripadne nove TS 20(10)/0,4 kV u takvom slučaju može predstavljati teško isplativu investiciju.



Slika 5. Primjer klasičnog prijenosa energije na 0,4 kV naponskoj razini (prikazan slučaj sa dugim NN vodom)

Jedno od alternativnih tehničkih rješenja, koje se može i ekonomski opravdati je implementacija prijenosa energije po postojećem niskonaponskom (NN) vodu na 0,95 kV naponskoj razini. Važeća zakonska regulativa pod izmjeničnim niskim naponom tretira napone do 1 kV, pa je većina postojeće NN opreme dimenzionirana za napon do 1 kV. To omogućuje primjenu 0,95 kV naponske razine u niskonaponskoj mreži.

Sanacija naponskih prilika kod udaljenih kupaca na niskom naponu (slika 5.) sa implementacijom prijenosa na 0,95 kV naponskoj razini može se postići na jedan od sljedeća tri načina (slika 6., slika 8. i slika 9.):

- prienos na 0,95 kV implementacijom TS 0,4/0,95 kV i TS 0,95/0,4 kV
- prienos na 0,95 kV implementacijom TS 20/0,95 kV i TS 0,95/0,4 kV
- prienos na 0,95 kV implementacijom TS 20/0,95/0,4 kV i TS 0,95/0,4 kV

3.1. Distribucijski sustav 0,4/0,95/0,4 kV

U slučaju dugog niskonaponskog izvoda kada padovi napona poprimaju visoke iznose, kao alternativno rješenje za sanaciju naponskih prilika može se primjeniti jednostavna implementacija prijenosa po 0,95 kV naponskoj razini preko transformacije 0,4/0,95/0,4 kV (slika 6.). Rješenje se sastoji od ugradnje transformatora 0,4/0,95 kV, prijenosa energije po 0,95 kV niskonaponskom vodu, te drugog transformatora 0,95/0,4 kV. Prednost takvog rješenja je, da se mogu upotrijebiti postojeći ili rekonstruirani niskonaponski vodovi do 1 kV, koji su ekonomski gledano znatno povoljniji i manje zahtjevni od srednjenaponskih vodova.



Slika 6. Primjer prijenosa energije na 0,95 kV naponskoj razini (implementacija TS 0,4/0,95 kV i TS 0,95/0,4 kV)

Transformatori 0,4/0,95 kV i 0,95/0,4 kV predstavljaju netipske (specijalne) transformatore. Obično se koriste transformatori malih snaga 10 do 50 kVA, grupe spoja Yzn ili Dyn. Tehnički parametri transformatora prema podacima iz literature [4] prikazani su u tablici I. (za snage transformatora 50, 35, 30, 15 i 7,5 kVA). Prema podacima iz literature [5] mogu se koristiti i transformatori snaga 50, 25, 16 i 10 kVA.

Tablica I. Tehnički parametri transformatora 0,95/0,4 kV

Br.	Snaga	U_1/U_2	I_1/I_2	spoj	$u_k\%$
1.	50 kVA	950/400 V	30/72 A	Yzn 5	4 %
2.	35 kVA	950/400 V	21/50 A	Yzn 5	3,93 %
3.	30 kVA	950/400 V	18/43 A	Yzn 5	4,16 %
4.	15 kVA	950/400 V	9,1/21,6 A	Dyn 11	3,27 %
5.	7,5 kVA	950/400 V	4,6/10,8 A	Dyn 5	2,85 %

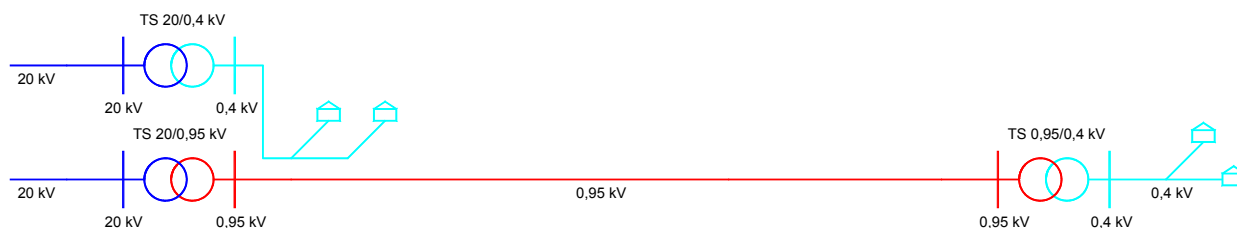
Moguće su i jednofazne izvedbe prijenosa po 0,95 kV naponskoj razini, ali takve izvedbe se u načelu ne primjenjuju kod novijih rješenja. Prednost takvih rješenja je isključivo ekonomskog značaja (jednofazni specijalni transformatori i dvožični sustav prijenosa). U praksi su se takva rješenja koristila za napajanje jednofaznih kupaca na udaljenim i teško pristupnim područjima. Na slici 7. prikazan je jedan takav slučaj, gdje se preko jednofaznog transformatora 230/950 V snage 10 kVA napaja objekt izvan naselja, u šumskom predjelu, udaljen 1160 m od predmetnog transformatora.



Slika 7. Jednofazni transformator prijenosnog omjera 230/950 V

3.2. Distribucijski sustav 20(10)/0,95/0,4 kV sa dvonamotnim napojnim transformatorom

U drugom tehničkom rješenju (slika 8.) vod 0,95 kV napaja se direktno preko transformatora 20(10)/0,95 kV, što predstavlja kvalitetniju izvedbu obzirom da je na taj način izbjegnuta međutransformacija 0,4 kV (slika 6.).



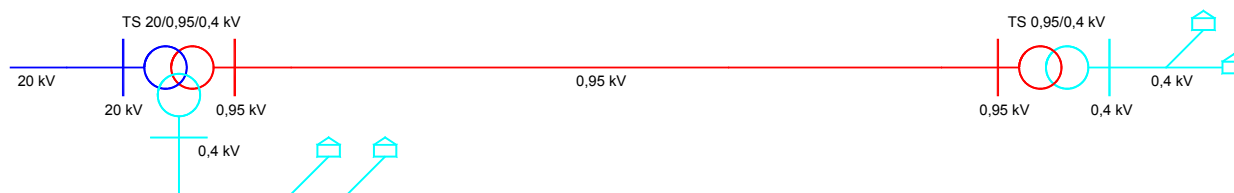
Slika 8. Primjer prijenosa energije na 0,95 kV naponskoj razini (implementacija TS 20/0,95 kV i TS 0,95/0,4 kV)

Napojni specijalni transformatori 20(10)/0,95 kV se za razliku od klasičnih transformatora 20(10)/0,4 kV razlikuju praktično samo u broju namotaja, obzirom da stupanj izolacije transformatora određuje viša naponska razina, koja je za ova dva transformatora jednaka. Iz toga proizlazi da se ugradnja transformatora 20(10)/0,95 kV može vršiti na sličan način kao i ugradnja klasičnog transformatora 20(10)/0,4 kV, a također bi se transformator 20(10)/0,95 kV mogao izraditi preradom iz klasičnog transformatora.

Transformatori 0,95/0,4 kV obično se ugrađuju što bliže mjestu predaje električne energije (radi manjih gubitaka).

3.3. Distribucijski sustav 20(10)/0,95/0,4 kV sa tronamotnim napojnim transformatorom

Problem se tehnički može riješiti i uvođenjem tronamotnog transformatora 20(10)/0,95/0,4 kV (slika 9.), gdje se 0,4 kV izvod koristi za napajanje jednog dijela NN mreže (relativno kratka mreža), dok se dodatni 0,95 kV izvod koristi za prijenos po 0,95 kV naponskoj razini i za napajanje trafostanice 0,95/0,4 kV (relativno duga mreža).



Slika 9. Primjer prijenosa energije na 0,95 kV naponskoj razini (implementacija TS 20/0,95/0,4 kV i TS 0,95/0,4 kV)

Snaga tronamotnih transformatora primjerice može biti raspodijeljena na način da se 2/3 snage koristi za 950 V mrežu, dok se 1/3 snage koristi za 400 V mrežu. Tehnički parametri netipskih (specijalnih) tronamotnih transformatora 20/0,95/0,4 kV prema podacima iz literature [4] prikazani su u tablici II. (za snage transformatora 160 i 100 kVA).

Tablica II. Tehnički parametri tronamotnih transformatora 20/0,95/0,4 kV

Br.	Snaga	$P_1/P_2/P_3$	$U_1/U_2/U_3$	$I_1/I_2/I_3$	spoj	$u_k\%$
1.	160 kVA	160/94/66 kVA	20/0,95/0,4 kV	4,6/60/86 A	Yyn0 zn5	4 %
2.	100 kVA	100/60/40 kVA	20/0,95/0,4 kV	2/36/57 A	Yzn5 zn5	4,18 %

U dijelu mreže na 0,95 kV naponskoj razini koristi se trožični sustav (uz izolirano zvjezdište), odnosno bez nul-vodiča (primjerice uz odspojen nul-vodič samonosivog kabelskog snopa), slično kao kod prijenosa energije na srednjenaponskoj mreži.

4. ZAKLJUČAK

Sanacija naponskih prilika u niskonaponskim mrežama nužan je korak prema osiguranju zadovoljavajuće razine kvalitete električne energije kod svih kupaca, u skladu sa preporukama iz normi. Veličina napona na mjernom mjestu najčešći je parametar kvalitete električne energije, koji iz stanovitih razloga može biti izvan granica definiranih preporukama iz norme HRN EN 50160.

U brdovitim i udaljenim krajevima, u krajnjim točkama mreže vrijednost napona u praksi može poprimiti relativno niske vrijednosti. Takve okolnosti se najučinkovitije rješavaju ugradnjom nove trafostanice, što može predstavljati dug i neekonomičan proces.

Interpolacijom stabilizatora napona u određenoj točki niskonaponske mreže, moguće je na relativno brz i učinkovit način veličinu napona uzduž voda svesti unutar granica definiranih normom HRN EN 50160. Ograničenje u upotrebi opisanog stabilizatora prije svega predstavlja unos viših harmonika u napon na izlazu iz stabilizatora, te dodatni pad napona na priključnom mjestu. Obzirom da se priključenjem naponskog stabilizatora značajno povećava vrijednost THD faktora, prije i nakon ugradnje stabilizatora potrebno je izvršiti mjerenja, s ciljem da se provjeri sukladnost sa zahtjevima iz važećih normi.

Važno svojstvo stabilizatora je njegova fleksibilnost, odnosno prilagodljivost na moguće promjene mjesta ugradnje, a prije svega iz razloga što se stabilizator u pravilu smatra samo kao privremeno rješenje, do realizacije odgovarajućeg trajnog rješenja (primjerice u slučaju hitne sanacije naponskih prilika).

Stabilizator napona predstavlja zanimljivo tehnološko rješenje kojeg bi u sklopu nekoliko pilot projekata zasigurno trebalo detaljnije istražiti, s ciljem preispitivanja tehničke i ekonomske opravdanosti moguće šire upotrebe u niskonaponskim mrežama. Potreba za takvim i sličnim uređajima u niskonaponskim mrežama zasigurno postoji.

Posebno rješenje, za koje se također ocjenjuje da zavređuje širu upotrebu za sanaciju loših naponskih prilika je prijenos na 0,95 kV naponskoj razini. Takvo rješenje zahtijeva uvođenje dvostruke transformacije i specijalnih transformatora, a osim u postojećoj mreži, primjenjivo je i u sklopu izvedbe priključenja novih izdvojenih i udaljenih kupaca na ruralnim područjima sa zahtjevnom konfiguracijom terena.

LITERATURA

- [1] Walcher, "Netzregler regeln die Spannung von Niederspannungsausläuferleitungen", [online, 01. ožujka 2010.], <http://walcher.com>
- [2] M. Rošer, S. Ropoša, G. Štumberger, "Analiza delovanja napetostnega stabilizatorja za nizkonapetostna omrežja s pomočjo izračuna ortogonalnih komponent vektorja toka", 18. mednarodno posvetovanje Komunalna energetika, Maribor, 2009.
- [3] D. Lestan, D. Arh, P. Bergant, A. Primon, B. Sterle, G. Štern, "Napetostni stabilizator za NN omrežja - delovanje in rezultati", 9. konferenca slovenskih elektroenergetikov, Kranjska Gora, 2009.
- [4] J. Kladnik, "Alternativno napajanje redko naseljenih hribovitih področij z napetostjo 950 V", 2. konferenca slovenskih elektroenergetikov, Maribor, 1995.
- [5] J. Lohjala, T. Kaipia, J. Lassila, J. Partanen, "Overview to economical efficiency of 1000 V low voltage distribution systems", NORDAC, Espo, 2004.