

JEDNOSTAVNO I EFIKASNO RJEŠENJE ZA SANACIJU NAPONSKIH PRILIKA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

A. LEMEZ, Energo-Group d.o.o., Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina
A. SIMOVIĆ, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Bosna i Hercegovina

UVOD

U savremenom društvu nezamisliv je život bez električne energije, koja se proizvodi u elektranama, zatim prenosi preko visokonaponske mreže na veću ili manju udaljenost, a distribucijska mreža je usmjerava preko niza distributivnih transformatora kroz srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu prema potrošačima. Električna energija sa svojom cijenom mora ispunjavati odgovarajuće standarde u pogledu kvaliteta (*EN 50160*), dok s druge strane distributer električne energije mora voditi računa o ekonomskim parametrima isplativosti investicionog ulaganja. Distribuiranje električne energije na novoizgrađenim zgusnutim (gradska naselja) potrošačkim područjima ne predstavlja problem u pogledu kvaliteta isporučene električne energije i isplativosti investicionog zahvata. Distribuiranje električne energije u razrjeđenim i malim (seoska naselja) potrošačkim područjima, kao i područjima sa izgrađenom elektroenergetskom infrastrukturom u kojima kvalitet isporučene električne energije izlazi van standarda *EN 50160* predstavljaju problem u isplativosti investicionog zahvata i kao takva stvaraju nezadovoljstvo kod potrošača, a kod distributera generator gubitaka i neefikasnost sistema (tzv. beskoristan elektroenergetski objekat). Prvenstveno najudaljeniji potrošači od pripadajuće transformatorske stanice bivaju podložna nekvalitetu isporučene električne energije. U ovom radu prikazan je novi sistem, samoupravljivi regulator energije „sistem *VROT-18*“, koji je namijenjen za upravljanje naponskim prilikama u niskonaponskoj mreži, simetriranju opterećenja duž voda gdje se ugrađuje, za eliminisanje povratne struje po neutralnom provodniku za potrošače priključene iza uređaja „sistema *VROT-18*“, za poboljšanje uslova rada zaštite, kao i selektivnosti zaštite, te je namjenjen i za zaštitu potrošača od previsokog napona kod kratkih spojeva između faznog i neutralnog provodnika. Naročito bitno je da se odlikuje velikim stepenom prenosa maksimalne snage po niskonaponskom vodu.

POREĐENJE KLASIČNIH METODA SA NOVOM METODOM ZA SANACIJU NAPONSKIH PRILIKA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

Klasični metodi u cilju rješavanja kvaliteta isporuke električne energije na postojećoj elektroenergetskoj infrastrukturi su:

a.) Povećanje napona na pripadajućoj transformatorskoj stanici 10/0.42 kV na visinu 253 V što predstavlja neefikasno rješenje, s obzirom da krajnji potrošači ne dobijaju zadovoljavajuću visinu napona, a sa druge strane je štetno jer pri najmanjim nesimetričnim opterećenjima dolazi do porasta napona iznad dozvoljenih 253 V u podopterećenim fazama i u zavisnosti od stepena nesimetrije taj napon može poprimiti vrijednost i preko 260 V u trajanju dužem od 500 ms. Na ovaj način se takođe ne rješava smanjenje harmoničnih izobličenja, niti selektivnosti i osjetljivosti reagovanja zaštite. Investicija je jeftina, ali neefikasna.

b.) Povećanje presjeka provodnika, ugradnjom provodnika većeg presjeka ili vođenjem paralelnih provodnika, efikasnije je rješenje od rješenja navedenog pod a, ali ako se radi o ugradnji provodnika na stubove dodatno se opterećuje stubno mjesto, stim što pri nesimetričnim režimima opterećenja u zavisnosti od presjeka provodnika i dužine niskonaponskog voda ponovo se ne ostvaruje zadovoljavajuća visina napona kod najudaljenijih potrošača, a ujedno se ne rješava problem selektivnosti i osjetljivosti reagovanja zaštite, niti smanjene harmoničnih izobličenja. Investicija je skupa i ograničena u pogledu obezbjeđenja odgovarajuće visine napona kod krajnjih potrošača, a neefikasna u pogledu selektivnosti i osjetljivosti reagovanja zaštite i smanjenja harmoničnih izobličenja.

c.) Povećanje presjeka provodnika i ugradnja kondenzatorskih baterija, predstavlja skupu metodu, a postoji mogućnost prirasta napona iznad 260 V u trajanju dužem od 500 ms, kao i značajno povećanje harmoničnih izobličenja, a ne omogućava selektivnost reagovanja zaštite.

d.) Izgradnja srednjenaponskog elektroenergetskog voda sa pripadajućom transformatorskom stanicom 10(20)/0.42, 50 kVA, efikasna je metoda, ali investiciona skupa, naročito ako se radi o manjoj grupi potrošača na kraju postojećeg niskonaponskog elektroenergetskog voda, a u prečniku od 100 m nepostoji mogućnost priključka na srednjenaponski elektroenergetski vod.

Novi metod „sistem *VROT-18*“ sa pripadajućim uređajem ima istu učinkovitost kao i transformatorska stanica 10/0.42 kV, stim što koristi napajanje sa postojećeg niskonaponskog elektroenergetskog voda. Sistem rada nije zasnovan na podizanju napona već na simetriranju opterećenja, a svojom pogodnom spregom omogućava eliminisanje harmoničnih izobličenja koje generišu potrošači na dionici niskonaponskog voda koje napaja „sistem *VROT-18*“, s druge strane omogućava povećanje selektivnosti i osjetljivosti reagovanja zaštitom.

Postoji niz prednosti koje omogućava korišćenje „sistema *VROT-18*“, a neke od njih su:

- jednostavna i brza ugradnja;
- mala investicija kada se radi rekonstrukcija mreže;
- znatno veća efikasnost sistema pri prenosu energije duž niskonaponskog voda;
- smanjeni gubici energije pri prenosu do potrošača;
- mogućnost prenosa znatno veće snage na veće udaljenosti uz održavanje kontinuiranih naponskih prilika duž niskonaponskog voda u granicama definisanim standardima *EN 50160*;
- eliminisan uticaj viših harmonika zbog galvanskog odvajanja;
- eliminisano opterećenje neutralnog provodnika u trafostanici, kod velikih nesimetrija, jer je na mjestu ugradnje $I_0=0$;
- zaštita potrošača od previsokog napona pri kratkom spoju faznog i neutralnog provodnika ili prekidu neutralnog provodnika;
- simetriranje opterećenja po faznim provodnicima;
- postignuta selektivnost i osjetljivost djelovanja zaštite duž niskonaponskog voda;
- u kombinaciji sa samonosivim kablovskim snopom ne zahtjeva održavanje tog odlaza sa transformatorske stanice, naročito ako elektroenergetski vod prolazi kroz područja sa visokom vegetacijom;
- vrlo podesan je kao zamjena za TS 10/0.4 kV, do 50 kVA pri napajanju malih potrošača;
- ukoliko se koristi kao zamjena za TS 10/0.4 kV, do 50 kVA, smanjen je broj ispada glavnih magistralnih vodova 10(20) kV zbog kvarova na visokonaponskom vodu koji prolazi kroz područja sa visokom vegetacijom i napaja trafostanicu TS 10/0.4 kV male snage;
- vrlo je podesan za prstenastu koncepciju mreže TS 10/0.4 kV 250 kVA sa 5 odlaza po 50 kVA;
- vrlo je podesan za primjenu u industrijskim objektima, velikim zgradama i trgovačkim centrima za distribuirani sistem napajanja udaljenih potrošača.

Ugrađuje se na dionicu niskonaponskog elektroenergetskog voda gdje je kvalitet električne energije van standarda *EN 50160*. Primjenom „sistema *VROT-18*“ moguće je ostvariti uštede u investiranju od 60% do 700% u zavisnosti od rekonstruktivnog zahvata.

UVODENJE „SISTEMA *VROT-18*“ U DISTRIBUTIVNU MREŽU

Napon je osnovni i glavni parameter elektroenergetskog sistema, na osnovu kog se formiraju svi preostali parametri koji definišu tehničke performanse elektroenergetskog sistema. Pri prenosu električne snage veoma bitno je održavati zadovoljavajuću visinu napona duž prenosnog puta, tako ako vršimo prenos električne snage duž niskonaponskog elektroenergetskog voda osim karaktera (aktivni, induktivni, kapacitivni) veoma je bitan i režim (simetričan, nesimetričan) opterećenja. Karakter i režim opterećenja koji vladaju na niskonaponskom elektroenergetskom vodu pri prenosu električne snage značajno utiču na promjenu napona što utiče na kvalitet, kvantitet i vrijeme prenesene električne snage/energije.

Kada projektujemo i izgradimo prenosni put za električnu snagu tehničkih karakteristika čisto aktivno i simetrično opterećenje, ukoliko dođe do promjene ili karaktera ili režima opterećenja projektovani i izgrađeni prenosni put neće zadovoljiti namjeni. S druge strane ukoliko bi se prenosni put projektovao i izgrađivao po kriterijumu najnepovoljnijeg stanja induktivno i čisto nesimetrično opterećenje investicija bi bila preskupa i neisplativa. Da bi investicija prenosnog puta bila isplativa i efikasna neophodno je projektovati i izgraditi prenosne puteve po kriterijumu aktivno i simetrično opterećenje, a ugradnjom automatskih regulatora po dubini prenosnog puta obezbjediti eliminisanje pojave najnepovoljnijeg stanja na prenosnom putu, a to je induktivno i čisto nesimetrično opterećenje koje je najizražajnije na kraju prenosnog puta.

Automatski regulator napona „sistem VROT-18” je uređaj raspregnitog tipa koji nezavisno upravlja karakterom i režimom opterećenja po fazi, a za upravljanje koristi linijski napon. Ugrađuje se u niskonaponsku elektrodistributivnu mrežu da bi omogućila stabilnost napona kroz eliminisanje uticaje karaktera i režima opterećenja u cilju efikasnosti isporuke električne energije. Efikasnost isporuke električne energije ogleda se u: kvalitetu i kontinuiteta definisano kroz standard *EN 50160*, smanjenju tehničkih gubitaka električne energije na prenosnom putu, značajno manji gubitak propuštene energije, povećanje prenosa maksimalne snage duž niskonaponskog voda, znatno bolja interminenca rada mreže, selektivnosti i osjetljivosti reagovanja zaštite. Osim efikasnosti u isporuci električne energije „sistem VROT-18” u poređenju sa klasičnim metodama prenosa snage (izgradnja sredjenaponskog voda sa transformatorskom stanicom) je višestruko manja investicija sa kratkim vremenom implementacije, koja ne zahtjeva održavanje, a u potpunosti je izgrađena u suhoj tehnici (bez ulja) tako da je ekološki sigurna i primjenjiva u svim životnim (šumska-vikend,ruralna, prigradska i gradska) sredinama. Na slici 1 prikazan je izgled uređaja „sistema VROT-18”.



Slika 1. Izgled uređaja „sistema VROT-18“

Osnovni elementi „sistem VROT-18” su kutija osigurača, specijalni galvanski izolirani energetski transformator suhe izvedbe i upravljačka kutija.

Kutija osigurača opremljena je automatskim osiguračem velike rasklopne moći. Poklopac je proziran tako da se vizualno može ustanoviti statusno stanje rasklopnog i zaštitnog elementa.

Suhi energetski transformator je specijalan tip upravljivog transformatora čiji rad je zasnovan na principu upravljanja promjenjivom strukturom galvanski razdvojenog kruga i ne spada u grupu autotransformatora. Izrađen je od najkvalitetnijih epoksidnih smola predviđenih za vanjsko-unutrašnju ugradnju, a dimenzije su optimizirane s obzirom na snagu i mjesto ugradnje. Izuzetna pažnja je poklonjena dizajnu, mehaničkim i elektroenergetskim karakteristikama u pogledu termo-dinamičkih, dielektričnih opterećenja, gubitaka (gubici u željezu i bakru), što ga čini vrlo efikasnim, pouzdanim i dopadljivim.

Upravljačka kutija je izrađena od najkvalitetnijih materijala PVC u zaštiti IP 54, a opremljena je elektronikom koja je galvanski odvojena od niskonaponske mreže. Specijalnim izvršnim organom elektronika daje nalog za ulazak transformatora u regulaciju. Elektronski sklop ima i funkciju samo testiranja.

Princip rada je zasnovan da se elektronika koja je galvanski odvojena od niskonaponske mreže prati stanje parametara niskonaponskog voda na mjestu ugradnje i po unesenom programu vrši upravljanje. Ugradnjom uređaja u projektovanu tačku na niskonaponskom odlazu na mjestu ugradnje dobiju se identični parametri kao na sabirnicama pripadajuće transformatorske stanice 10(20)/0.4kV, tako da je ostvarena metoda preslikavanja transformatorske stanice TS 10(20)/0.4kV u tačku ugradnje uređaja.

Osnovne karakteristike i njihove vrijednosti „sistema VROT-18“ prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Osnovne karakteristike i njihove vrijednosti „sistema VROT-18“

Karakteristika	Vrijednost
Nazivni napon mreže [V]	420(438)/243(253)
Vrijednost napon na izlazu [V]	230 ± 10%
Nazivna snaga [kVA]	18
Stepen izolacije [kV]	1
Ispitni napon 50Hz, 1 min [kV]	3
Udarni napon 1,2/50μs [kV]	5
Nazivna struja [A]	78
Gubici u transformatoru P _{cun} [W]/P _{fe} [W]	500/80
Faktor snage transformatora cos φ	0.97
Stepen mehaničke zaštite	IP 54
Temperaturni opseg	od -40° C do 60° C
Način ugradnje	u svim položajima na stubu

Investiciono isplativa i tehnički stabilna (0.95 stepen simetrije za cos φ=0.95) projektovana i izgrađena elektrodistributivna mreža je u obliku prstena jednakog poluprečnika ,a prenosni putevi (provodnici-kablovi) su dimenzionisani prema maksimalnoj jednovremenoj električnoj snazi. Takva mreža izvjestan period ne posjeduje „sive zone“, tj. područja u kojima dolazi do odstupanja elektroenergetskih parametara od standarda *EN 50160* (van *EN 50160*) i sistem je efikasan u pogledu isporuke električne energije kupcima. Vremenom dolazi do prirasta potrošnje (potrebe za većom snagom), kao i do značajnog povećanja nesimetričnog opterećenja (stepen simetrije manji od 75% do čisto nesimetrično opterećenje) kao posljedica velikog broja monofaznih potrošača velike snage koje je nemoguće simetrirati klasičnim metodama balansiranja po fazama. Takođe dolazi do povećanje harmonijskih izobličenja zbog prisustva potrošača sa poluprovodničkim (elektronskim) komponentama za upravljanje. Sve ovo dovodi do stvaranja „sive zone“ (područje van *EN 50160*), koje se povećavaju i šire u prosjeku 0.753 % godišnje. Pojavu „sive zone“ osjete kupci električne energije koji su najudaljeniji od transformatorske stanice i bivaju nezadovoljni kvalitetom kupljenog energenta, s obzirom da im kupljeni energent ne može omogućiti funkciju priključenog aparata, a ne rijetko dolazi i do oštećenje i uništenja priključenog aparata kao posljedica nekvalitetnog energenta. Distributivna mreža postaje: neefikasna (dugo vrijeme distribuiranja-ispоруke energije do kupaca), nestabilna, tj. postoji pojava velikih naponskih propada, posljedica povećanja nesimetrije i loše interminence. Loša interminenca je pojava da veći broj monofaznih potrošača po jednoj fazi jednovremeno potražuje energiju zbog lošeg napona što ima za posljedicu duža vremena proticanje većih struja kroz fazni i nulti provodnik niskonaponskog voda koji generišu gubitak energije u prenosnom putu koji su definisani sljedećom relacijom:

$$P_v[W] = r_v[\Omega/km] \cdot I_v^2[A] \quad (1)$$

odnosno izgubljena energija je:

$$W[kW/h] = P_v[W] \cdot t[h]/1000 \quad (2)$$

Osim izgubljene energije na prenosnom putu javlja se gubitak u propuštenoj energiji, koja direktno utiče na interminencu rada niskonaponskog voda. Propuštena energija je energija koja se mogla isporučiti kupcu, ali nije isporučena zbog lošeg napona. Propuštena energija računa se prema sljedećem obrascu:

$$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot K^2 \quad (3)$$

gdje je $K = U_{mjer}[V]/U_n[V]$.

Procentualni gubitak energije zbog neefikasne elektrodistributivne mreže računa se na sljedeći način:

$$G_{wg} [\%] = (1 - K^2) \cdot 100\% \quad (4)$$

U nevedenim izrazima korištene su sljedeće oznake:

$W_n[kWh]$ - energija koja se predaje potrošaču pod nazivnim parametrima mreže;

$W_{ppr}[kWh]$ - energija koja se predaje potrošaču u „sivoj zoni“;

$G_{wg} [\%]$ - procentualni gubitak energije zbog neefikasne elektrodistributivne mreže;

$U_{mjer}[V]$ - izmjereni napon u „sivoj zoni“ i

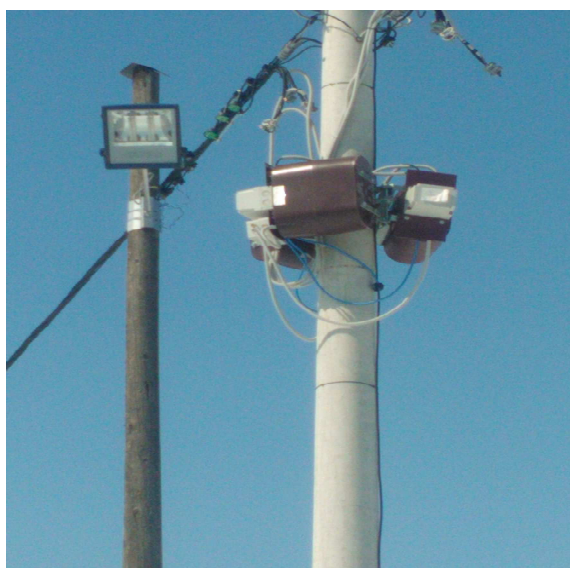
$U_n[V]$ - nazivni napon mreže 230V.

PRIMJENA „SISTEMA VROT-18“ U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

Samoupravljivi regulator energije „sistem VROT-18“ nalazi se na specijalno dizajniranoj nehrđajućoj metalnoj konzoli. Ugrađuje se na visinu jedan metar ispod najnižeg provodnika niskonaponske mreže. Priključak na niskonaponsku mrežu ostvaruje se tako što se primarni provodnici priključuju na linijski napon, a sekundarni se veže na fazni i neutralni provodnik. Na mjestu ugradnje potrebno je napraviti združeno uzemljenje. Koristi se jedan transformator po fazi. Na slici 2 prikazan je primjer montaže „sistema VROT-18“, dok na slici 3 prikazan je ugrađeni „sistem VROT-18“ kao zamjensko rješenje za TS 10(20)/0.4 kV, 50 kVA.



Slika 2. Primjer montaže „sistema VROT-18“



Slika 3. Primjer ugrađenog „sistema VROT-18“

U tabeli 2 prikazane su vrijednosti napona u neefikasnim elektrodistributivnim mrežama i uticaj sniženog napona na gubitak energije u „sivim zonama“, s druge strane ova pojava generiše lošu interminencu koja ima za posljedicu povećanje gubitaka na prenosnom putu. Gubitak snage/energije na prenosnom putu definiše se sljedećim izrazima:

$$P_{vg}[W] = r_v[\Omega/km] \cdot I_v^2[A] \quad (5)$$

$$W_{vg} [kWh] = (P_{vg}[W]/1000) \cdot t[h] \quad (6)$$

gdje je su korištene sljedeće oznake:

$I_v[A]$ - struja na prenosnom putu;

$r_v[\Omega/km]$ - podužna otpornost prenosnog puta;

$P_{vg}[W]$ - gubitak snage na prenosnom putu;

$W_{vg} [kWh]$ - gubitak energije na prenosnom putu i

$t[h]$ - vrijeme trajanja snage $P_{vg}[W]$.

Tabela 2. Vrijednosti napona u neefikasnim elektrodistributivnim mrežama i uticaj sniženog napona na gubitak energije u „sivim zonama“

$U_{mjer}[V]$	$U_n[V]$	$K = U_{mjer}[V]/U_n[V]$	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot K^2$	$G_{wg} [%]$
230	230	1.00	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh]$	0
207	230	0.90	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot 0.81$	19.00
195	230	0.85	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot 0.72$	27.75
190	230	0.83	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot 0.68$	31.75
185	230	0.80	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot 0.65$	35.30
180	230	0.78	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot 0.61$	38.75
175	230	0.76	$W_{ppr}[kWh] = W_n[kWh] \cdot 0.57$	42.10

U tabeli 3 prikazan je uticaj nesimetričnog opterećenja na vrijeme trajanja opterećenja, kao i gubitak energije u jednom satu.

Tabela 3. Uticaj nesimetričnog opterećenja na vrijeme trajanja opterećenja i gubitak energije u jednom satu.

Metod	Veličine	TROFAZNI POTROŠAČI SIMETRIČNO OPTEREĆENJE					MONOFAZNI POTROŠAČI NESIMETRIČNO OPTEREĆENJE				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Nazivni	P_n [kW]	7.0	10.0	25.0	35.0	10.0	1.0	3.0	5.0	10.0	5.0
	t_{ras} [h]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	W_{nd} [kWh]	7.0	10.0	25.0	35.0	10.0	1.0	3.0	5.0	10.0	5.0
sa VROT18	P_{max} [kW]	7.0	9.39	21.6	29.6	8.42	0.98	2.72	4.10	9.13	4.47
	t_{nd} [min]	60	62.8	68.2	69.7	70.2	61.2	65.4	70.17	64.3	66.0
	W_{vg} [kWh]	9.73	0.32	0.3	0.1	0.005	2.32	6×10^{-3}	1×10^{-3}	8×10^{-2}	3×10^{-3}
bez VROT18	P_{max} [kW]	7.0	9.36	22.0	28.6	8.13	0.97	2.58	3.86	6.70	3.28
	t_{nd} [min]	60	63.1	67.1	72.1	72.6	61.8	69.7	77.7	89.5	91.46
	W_{vg} [kWh]	9.12	0.31	0.28	0.15	0.05	4.03	0.2	0.17	0.13	0.07

U tabeli 3 korištene su sljedeće oznake:

t_{ras} [h] - vrijeme potrebno da bude angažovana nazivna snaga P_n [kW] da se isporuči W_{nd} [kWh] i A,B,C,D,E – potrošači priključeni na trofazni niskonaponski vod.

Na osnovu tabele 3 primjećuje se da u kraćem vremenu distribuirana se zahtjevana energija prema kupcima primjenom „sistema VROT-18“, što je naročito izraženo pri čisto nesimetričnim režimima rada mreže (veći broj monofaznih potrošača po istoj fazi potražuje energiju). Osobina efikasnih niskonaponskih elektrodistributivnih mreža je ostvariti što kraće vrijeme pri isporuci. Prema tabeli 4 analiziraju se uticaji prenosa snage kroz prenosne puteve primjenom „sistema VROT-18“ na trofaznom niskonaponskom elektroenergetskom vodu razmatrajući dva krajnja stanja, kada su svi priključeni potrošači trofazni i kada su svi priključeni potrošači monofazni.

Tabela 4. Analiza uticaja prenosa snage kroz prenosne puteve primjenom „sistema VROT-18“ na trofaznom niskonaponskom elektroenergetskom vodu razmatrajući dva krajnja stanja, kada su svi priključeni potrošači trofazni i kada su svi priključeni potrošači monofazni

Opis	TROFAZNI POTROŠAČI SIMETRIČNO OPTEREĆENJE		MONOFAZNI POTROŠAČI NESIMETRIČNO OPTEREĆENJE	
	Sa VROT	Bez VROT	Sa VROT	Bez VROT
P_n [kW]	87		24	
P_{max} [kW]	76.14	75.14	21.4	17.39
ΔP_{max} [kW]	76.14 - 75.14 = 1		21.4 - 17.39 = 4.01	
W_{nd} [kWh]	87		24	
t_{nd} [min]	70.2	72.6	70.17	91.46
W_{vg} [kWh]	10.45	9.91	2.41	4.60
ΔW_{vg} [kWh]	9.91 - 10.45 = -0.54		4.60 - 2.41 = 2.19	

gdje je:

P_n [kW] - nazivna jednovremena instalisana snaga;

P_{max} [kW] - maksimalna snaga koja se prenosi;

ΔP_{max} [kW] - razlika u prenesenoj snazi;

W_{nd} [kWh] - zahtjevana energija od potrošača;

ΔW_{vg} [kWh] - razlika u gubicima energije;

W_{vg} [kWh] - gubitak energije u isporuci W_{nd} [kWh] i

t_{nd} [min] - vrijeme potrebno da se isporuči W_{nd} [kWh].

Na osnovu rezultata u tabeli 4 zaključuje se da pri čisto simetričnom opterećenju (samo trofazni potrošači na vodu) postoji neznatno manji gubitak energije kada nije integrisan „sistem VROT-18“ u niskonaponski vod, ali pri tim uslovima rada nema potrebe za ugradnju „sistema VROT-18“ u niskonaponski vod (u skladu sa EN 50160). Međutim ukoliko na niskonaponskom vodu počinje da raste stepen nesimetrije koji formiraju monofazni potrošači priključeni na niskonaponski vod tada dolazi do naponskih propada i isporuka električne energije (nije u skladu sa EN 50160) što dovodi do povećanja gubitaka energije i u tom slučaju neophodno je poduzeti aktivnosti na rekonstrukciji niskonaponskog voda. Da bi se eliminisao problem nesimetrije u elektrodistributivnoj mreži i mreža ponovo vratila u efikasan sistem do sada korišten metod je bio, ako je iscrpljen metod promjene presjeka provodnika, izgradnja srednjenaponskog elektroenergetskog voda sa pripadajućom transformatorskom stanicom, što zahtjeva velika materijalna tehnička sredstva i dugo vrijeme realizacije (oko šest mjeseci). Primjenom „sistema VROT-18“ u potpunosti se može ponovo ostvariti efikasan sistem, uz znatno manja materijalno-tehnička ulaganja, a vrijeme realizacije je do dva sata.

ZAKLJUČAK

U cilju održavanje efikasnog elektrodistributivnog sistema neophodno je rješavati probleme „sivih zona“ koje se obično formiraju na udaljenostima od 700 m do 1200 m od pripadajuće transformatorske stanice, a potrošačka područja su instalisane snage do 50 kVA. Metode koje uspješno rješavaju problem „sivih zona“ su izgradnja srednjenaponskog voda sa pripadajućom transformatorskom stanicom i primjena automatskih regulatora napona po dubini „sistem VROT-18“. Primjenom „sistema VROT-18“ moguće je ostvariti uštede u investiranju od 60 % do 700 % (zavisno od rekonstruktivnog zahvata), s druge strane značajno se smanjuje vrijeme implementacije investicije i omogućuje se selektivnost djelovanja srednjenaponske zaštite u cilju manjeg broja ispada na srednjenaponskoj mreži. Ugradnjom „sistema VROT-18“ u niskonaponske elektrodistributivne vodove koji rade na granicama i ispod granica *EN 50160* u pogledu visine napona $U_{\min}[V]=182$, takođe u elektrodistributivnim vodovima u kojima preovladava nesimetrično opterećenje povećala bi se elektroenergetska efikasnost. Uređaj „sistem VROT-18“ predstavlja novo tehnološko rješenje u distributivnim mrežama za sanaciju naponskih prilika koje se pokazalo u praksi kao opravdano sa tehno-ekonomske analize.

LITERATURA

- [1] <http://www.egcanada.ca/PDFs/VROT-english.pdf>, posjećeno februar 2016.
- [2] http://ees.etf.bg.ac.rs/predmeti/27/kvalitet_1.pdf, posjećeno februar 2016.
- [3] 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.
- [4] J. Lohjala, T. Kaipia, J. Lassila, J. Partanen, "Overview to economical efficiency of 1000 V low voltage distribution systems", NORDAC, Espo, 2004.
- [5] 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.

Kontakt informacije autora:

Aleksandar Lemez, Petra Miloševića 7, 71123 Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: energo.group@teol.net.

Aleksandar Simović, Vuka Karadžića 30, 71123 Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: aleksandar.simovic@etf.unssa.rs.ba.