

## MERENJE I ANALIZA PARAMETARA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE MALE ELEKTRANE SA KOGENERACIONIM POSTROJENJEM NA BIOGAS

B. KOSTIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija  
A. NIKOLIĆ, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija  
J. RADAKOVIĆ, Elektrovojvodina - ED Subotica, Srbija

### UVOD

Fabrika "Alltech" u Senti deo je velike internacionalne kompanije i bavi se proizvodnjom prvenstveno stočne hrane i pekarskog kvasca. Kao nusprodukt u proizvodnji stvara se velika količina otpadne vode koja je bogata anaeorobnim bakterijama. Prečišćavanjem te vode dolazi do oslobađanja biogasa, koji se dalje može upotrebiti za proizvodnju električne energije i dodatne toplotne energije, koja se ponovo može iskoristiti u procesu prečišćavanja. Na ovaj način, fabrika je bila u mogućnosti da dodatno iskoristi svoje potencijale i da se uz određena ulaganja priključi ovo kogeneraciono postrojenje na distributivnu mrežu u funkciji male elektrane i to one sa obnovljivim izvorom energije.

Na Slici 1 prikazana je jednopolna šema dela fabrike "Alltech" u kojem se nalazi mala elektrana. Dva gasna generatora,  $U_n = 0.4$  kV i  $P = 700$  kW, priključena su na 0.4 kV sabirnice transformatora T1 u TS 20/0.4 kV "Prečistač". U ovoj trafo stanici smešten je i spojnik prekidač ME od kojeg polazi 20 kV kabl ka razvodnom postrojenju u ZTS "Alltech". Jedan deo ovog postrojenja je u vlasništvu ED Subotica i upravo tu se nalazi zvanično mesto priključenja male elektrane.

Da bi ME bila puštena u rad u okviru distributivnog sistema, bilo je neophodno da ispuni uslove koji su za to propisani. Jedan deo tih uslova odnosi se na uticaj ME na kvalitet električne energije. U cilju provere ispunjenosti tih uslova, bilo je potrebno izvršiti merenja određenih električnih parametara.

### 1. KRITERIJUMI ZA PRIKLJUČENJE MALE ELEKTRANE NA DISTRIBUTIVNU MREŽU

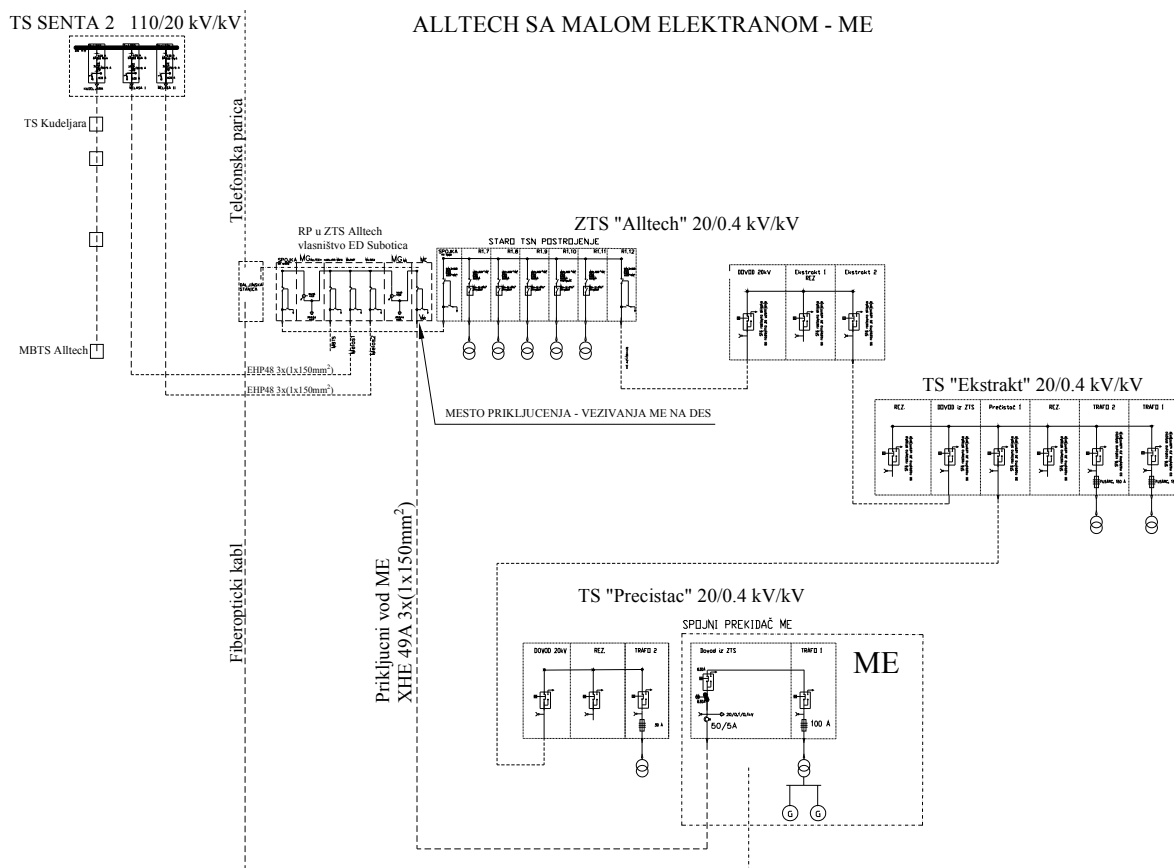
Osnovni tehnički uslovi za priključenje malih elektrana na distributivnu mrežu nazivnog napona 0.4 kV, 10 kV, 20 kV ili 35 kV definisani su od strane Direkcije za distribuciju električne energije Tehničkom preporukom br. 16 [1]. Ova preporuka sadrži nekoliko kriterijuma koji moraju biti ispunjeni kako bi se stekli potrebni uslovi za puštanje u rad ME a jedan od njih je i kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika (tačka 5.7, [1]).

Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika se proverava pomoću sledećeg izraza:

$$I_{vhdoz} = i_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \quad (1)$$

gde je:

- $I_{vhdoz}$  - dozvoljena vrednost struje višeg harmonika na naponskom nivou generatora, u [A],
- $i_{vhs,v,\mu}$  - vrednost struje višeg harmonika koja je svedena na snagu kratkog spoja na mestu priključenja na mrežu ED, u [A/MVA],
- $S_{ks}$  - snaga trofaznog kratkog spoja (stvarna vrednost) na mestu priključenja na mrežu ED, u [MVA].



SLIKA 1 - JEDNOLINISKA ŠEMA MESTA PRIKLJUČENJA MALE ELEKTRANE

U Tabeli 1 prikazane su vrednosti struja viših harmonika svedenih na snagu kratkog spoja na mestu priključenja na distributivnu mrežu, koje ne smeju da se prekorače.

TABELA 1 - DOZVOLJENE STRUJE  $\nu$ -TOG HARMONIKA I  $\mu$ -TOG INTERHARMONIKA SVEDENE NA SNAGU KRATKOG SPOJA U TAČKI PRIKLJUČENJA ME NA DS

Redni broj višeg harmonika [ $\nu$ ]	$i_{vhs,v,\mu}$ [A/MVA]			
	Niski napon	10 kV	20 kV	35 kV
2	1.5	0.058	0.029	0.0163
3	4	/	/	/
4	0.47	0.019	0.009	0.005
5	1.5	0.058	0.029	0.0163
6	0.58	0.023	0.012	0.007

TABELA 1 - DOZVOLJENE STRUJE  $v$ -TOG HARMONIKA I  $\mu$ -TOG INTERHARMONIKA SVEDENENE NA SNAGU KRATKOG SPOJA U TAČKI PRIKLJUČENJA ME NA DS

Redni broj višeg harmonika [v]	$i_{vhs,v,\mu}$ [A/MVA]			
	Niski napon	10 kV	20 kV	35 kV
7	2	0.082	0.041	0.0231
8	0.2	0.008	0.004	0.002
9	0.7	/	/	/
10	0.36	0.014	0.007	0.004
11	1.3	0.052	0.026	0.0146
12	0.27	0.011	0.005	0.002
13	1	0.038	0.019	0.0111
14	0.17	0.007	0.003	0.002
16	0.15	0.006	0.003	0.002
17	0.55	0.022	0.011	0.0600
18	0.12	0.005	0.002	0.001
19	0.45	0.018	0.009	0.0051
23	0.3	0.012	0.006	0.0034
25	0.25	0.010	0.005	0.0026
25 < v < 40*	0.25 · 25/v	0.01 · 25/v	0.005 · 25/v	0.0026 · 25/v
v = paran 18 < v	1.5/v	0.06/v	0.03/v	0.0171/v
$\mu < 40$	1.5/ $\mu$	0.06/ $\mu$	0.03/ $\mu$	0.0171/ $\mu$
$\mu > 40^{**}$	4.5/ $\mu$	0.18/ $\mu$	0.09/ $\mu$	0.0514/ $\mu$

\* neparan broj harmonika,

\*\* za opseg modulacije pri frekvenciji od 200 Hz. Mereno u skladu sa EN 61000-4-7, Anex B

U slučaju kada je nekoliko ME ili generatora priključeno na DS u istoj tački priključenja primenjuje se sledeća formula:

$$I_{vhdooz} = i_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \frac{S_i}{S_{gsum}} \quad (2)$$

gde je:

$S_i$  - snaga posmatrane ME/generatora na mestu priključenja

$S_{gsum} = \sum_{i=1}^n S_i$  - suma snaga svih ME/generatora na mestu priključenja

Kriterijum dozvoljenih vrednosti napona viših harmonika se proverava prema sledećoj tabeli (Tabela 2).

TABELA 2 - DOZVOLJENE VREDNOSTI NAPONA VIŠIH HARMONIKA KOJI SE DODATNO INJEKTIRAJU OD STRANE ME

Redni broj višeg harmonika [v]	Dozvoljene vrednosti napona viših harmonika za 10, 20 i 35 kV mrežu [% $U_n$ ]	Redni broj višeg harmonika [v]	Dozvoljene vrednosti napona viših harmonika za 10, 20 i 35 kV mrežu [% $U_n$ ]
5	0.5	23	0.5
7	1	25	0.4
11	1	25 < v < 40*	0.4
13	0.85	v =paran	0.1
17	0.65	$\mu < 40$	0.1
19	0.6	v, $\mu > 40^{**}$	0.3

Ukoliko nisu ispunjeni prethodno navedeni kriterijumi, vlasnik ME je dužan da ME priključi u tačku sa zadovoljavajuće velikom snagom kratkog spoja na mestu priključenja, ili da ugradi filtre za odgovarajući red višeg harmonika.

## 2. PRORAČUN SNAGE TROFAZNOG KRATKOG SPOJA

U poglavlju 1 je zaključeno da se, prema [1], ME može priključiti na mrežu ED ukoliko je ispunjen kriterijum (1). Da bi se zadati kriterijum proverio, potrebno je prvo izračunati stvarnu snagu kratkog spoja na mestu priključenja na mrežu ED, što je u ovom slučaju 20 kV razvodno postrojenje u ZTS "Alltech" (Slika 1).

Vrednosti snage trofaznog kratkog spoja napojne mreže ( $S_{k3M}$ ) na sabirnicama 110 kV, određene su korišćenjem formule:

$$S_{k3M} = \sqrt{3} \cdot c \cdot U_{nM} \cdot I''_{k3} \quad (3)$$

gde je:

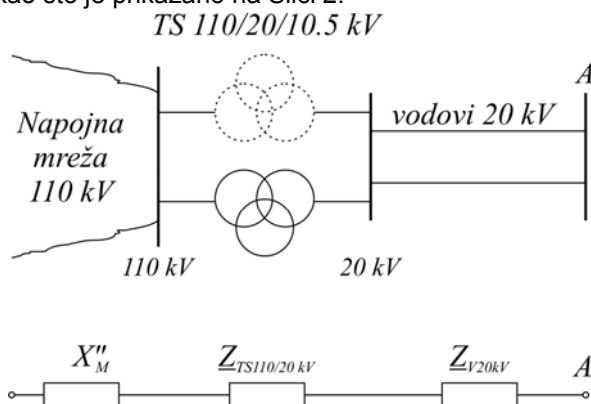
$c$  - naponski faktor,

$U_{nM}$  - nominalni međufazni napon napojne mreže,

$I''_{k3}$  - subtranzijentna struja trolnog kratkog spoja.

Naponski faktor  $c$  predstavlja odnos maksimalno dozvoljenog napona opreme i nominalnog napona za određeni naponski nivo. Ovaj faktor se razlikuje pri proračunima za maksimalno ( $c_{max}$ ) i minimalno ( $c_{min}$ ) angažovanje izvora struja kratkog spoja. Proračun snaga trolnih kratkih spojeva će biti izveden pod pretpostavkom da su izvori struja kratkog spoja maksimalno angažovani, odnosno da je  $c = c_{max}$ . Vrednost  $c_{max}$  za mreže nominalnog napona većeg od 1 kV iznosi 1.1 prema Tabeli 1 iz standarda SRPS EN 60909-0:2011, [3].

Za potrebe proračuna snage trolnog kratkog spoja na mestu priključenja ME na mrežu ED ( $S_{ks}$ ) treba formirati zamensku šemu, kao što je prikazano na Slici 2.



SLIKA 2 – ZAMENSKA ŠEMA ZA PRORAČUN SNAGE KRATKOG SPOJA

Na prethodnoj slici je sa A obeleženo mesto priključenja ME na distributivnu mrežu, odnosno tačka za koju treba odrediti snagu trolnog kratkog spoja,  $S_{ks}$ .

Napojna mreža se ekvivalentira reaktansom  $X''_M$  čija se vrednost proračunava korišćenjem izraza:

$$X''_M = \frac{c \cdot U_{nM}^2}{S_{k3M}} = \frac{U_{nM}}{\sqrt{3} \cdot I''_{k3}} \quad (4)$$

Transformatori se predstavljaju rednom granom  $\pi$  ekvivalentne šeme. Zanemaruju se grana magnećenja i regulacija napona (smatra se da je regulator napona u neutralnom položaju) a samim tim i otočne grane  $\pi$  ekvivalentne šeme. Parametri redne grane transformatora se određuju korišćenjem izraza:

$$Z_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{1n}^2}{S_n}, \quad R_T = P_{cun} \cdot \left( \frac{U_{1n}}{S_n} \right)^2 \cdot 10^{-3}, \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (5)$$

$$\underline{Z}_T = R_T + jX_T \quad (6)$$

gde je:

$Z_T$  - modul impedanse redne grane transformatora, u [ $\Omega$ ]

$u_k$  - nominalni napon kratkog spoja, u [%]

$U_{1n}$  - nominalni napon primara, u [kV]

$S_n$  - nominalna snaga transformatora, u [MVA]

$P_{Cun}$  - nominalni gubici u bakru, u [kW]

Za potrebe proračuna snage trofaznog kratkog spoja se, pri modelovanju vodova, zanemaruju otopne kapacitivnosti. Parametri redne grane  $\pi$  ekvivalentne šeme voda se određuju korišćenjem izraza:

$$R_V = r_{pod} \cdot l_V, \quad X_V = x_{pod} \cdot l_V \quad (7)$$

$$\underline{Z}_V = R_V + jX_V \quad (8)$$

gde je:

$r_{pod}$  - podužna otpornost voda, u [ $\Omega$ /km]

$x_{pod}$  - podužna reaktansa voda, u [ $\Omega$ /km]

$l_V$  - dužina voda, u [km]

Ovako proračunate vrednosti u apsolutnim jedinicama treba svesti na jedan naponski nivo (uglavnom na naponski nivo tačke za koju se proračunava snaga kratkog spoja) ili ih prevesti u sistem relativnih jedinica.

U petlji kvara, kao što je prikazano na Slici 3, deluje Tevenenov generator čija elektromotorna sila iznosi:

$$E_T = c \cdot U_{nA} \quad (9)$$

gde je:

$c$  - naponski faktor

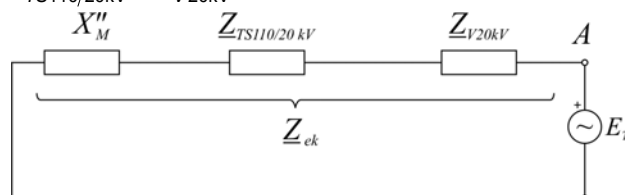
$U_{nA}$  - nominalni napon tačke A, u [kV]

Konačno, snaga trofaznog kratkog spoja u tački A se računa kao:

$$S_{ks} = \frac{E_T \cdot U_{nA}}{|Z_{ek}|} = \frac{c \cdot U_{nA}^2}{|Z_{ek}|} \quad (10)$$

gde je:

$$\underline{Z}_{ek} = jX_M'' + \underline{Z}_{TS110/20kV} + \underline{Z}_{V20kV} \quad (11)$$



SLIKA 3 - ZAMENSKA ŠEMA SA PRIKLJUČENIM TEVENENOVIM GENERATOROM

Treba napomenuti da se pri proračunu snage trofaznog kratkog spoja, za potrebe dimenzionisanja opreme, uglavnom zanemaruju aktivne otpornosti, čime se pravi otklon na stranu sigurnosti. Ukoliko bi se isti princip primenio na proveru uslova za priključenje ME na distributivnu mrežu, snaga kratkog spoja na mestu priključenja ME bila bi veća od realne, čime bi bila, u izvesnoj meri, narušena provera uslova (1). Stoga je neophodno uzeti u obzir i aktivne otpornosti petlje kvara.

Potrebno je sagledati i najkritičniji slučaj sa aspekta kriterijuma snage trofaznog kratkog spoja iz uslova (1). Na Slici 2 je prikazana mreža sa trafo stanicom koja sadrži dve transformatorske jedinice. Pri ispadu ili planiranom isključenju jednog od transformatora, snaga trofaznog kratkog spoja u tački A se smanjuje. Ukoliko bi se na tako oslabljenu mrežu priključio generator, dozvoljene vrednosti struja viših harmonika bi bile manje. Zbog toga se iz petlje kvara izuzima transformator sa manjom rednom impedansom (u sistemu relativnih jedinica ili u sistemu apsolutnih jedinica, svedeno na naponski nivo tačke u kojoj se proračunava snaga trofaznog kratkog spoja), odnosno transformator čije isključenje minimizira snagu kratkog spoja na mestu priključenja ME.

U slučaju posmatrane ME za proračun snage trofaznog kratkog spoja bilo je potrebno poznavati sledeće parametre:

- vrednost subtranzijentne struje kratkog spoja u TS 110/20/10.5 kV Senta 2,

- vrednosti parametara transformatora u TS 110/20/10.5 kV Senta 2 ukoliko je vrednost iz prethodne tačke poznata samo na 110 kV naponskom nivou,
- dužinu i parametre 20 kV kabla od TS Senta 2 do RP u ZTS "Alltech".

U određivanju subtranzijentne struje kratkog spoja u TS 110/20/10.5 kV Senta 2 kao početna vrednost uzet je podatak iz dokumentacije EMS-a [2]. Kako planirana vrednost za TS Senta 2, na 110 kV sabirnicama, za 2014. godinu iznosi  $I''_{k3} = 4 \text{ kA}$ , za postojeće prilike u mreži je usvojena vrednost koja je nešto manja i iznosi  $I''_{k3} = 3.8 \text{ kA}$  (odnosno  $S_{k3M} = 790 \text{ MVA}$  prema izrazu (3)).

Parametri transformatora u TS Senta 2 su bili poznati i oni iznose:

$$S_n = 31.5 \text{ MVA}, U_{1n} = 110 \text{ kV}, U_{2n} = 20 \text{ kV}, u_{k12} = 15.44 \%, P_{Cu} = 140 \text{ kW}$$

Kabl od TS Senta 2 do mesta priključenja ME je dvostruki, tipa EHP48  $3 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2)$  i dužine 1250 m. Za podužne parametre ovog kabla usvojene su sledeće vrednosti:

$$r_{pod} = 0.265 \Omega/\text{km} \text{ i } x_{pod} = 0.11 \Omega/\text{km}.$$

Na osnovu ovih podataka i proračuna datih u prethodnom poglavlju (izrazi (4)-(11)), za posmatranu ME dobijena je vrednost stvarne snage trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja i ona iznosi  $S_{ks} = 170 \text{ MVA}$ . Uzevši u obzir ovu vrednost, izračunate su najviše dozvoljene vrednosti struja viših harmonika prema Tehničkoj preporuci br. 16.

### 3. ANALIZA VIŠIH HARMONIKA NAPONA I STRUJA INJEKTIRANIH OD STRANE ME

Ispitivanja su vršena savremenim mrežnim analizatorima, pri relevantnim atmosferskim uslovima koji garantuju tačnost merenja, a kao merna metoda su korišćene preporuke iz standarda SPRS EN 50160:2008 [4]. Kako bi bili prikupljeni svi neophodni podaci određena su dva merna mesta na kojima je istovremeno vršeno merenje:

I merno mesto – kontejner sa generatorima, na pragu generatora (0.4 kV naponski nivo)

II merno mesto – TS "Prečistač", ispred spojnog prekidača (20 kV naponski nivo)

Tokom ispitivanja nisu postojale tehničke mogućnosti da se oba gasna generatora puste u rad, pa su merenja u TS "Prečistač" izvršena su tokom dva različita režima – bez ijednog gasnog generatora priključenog na mrežu i sa jednim generatorom na mreži.

U Tabelama 3 i 4 prikazani su osnovni električni parametri izmereni u TS "Prečistač" u oba posmatrana režima.

TABELA 3 - PREGLED OSNOVNIH ELEKTRIČNIH PARAMETARA NA II MERNOM MESTU U REŽIMU KADA GENERATOR NIJE BIO PRIKLJUČEN NA DISTRIBUTIVNU MREŽU

Veličina	Opis	Min	Max	Srednje
$f$ [Hz]	Frekvencija napona napajanja	49.97	50.01	49.99
$U_1$ [V]	Međufazni napon faza 1-2	20500	20620	20556
$U_2$ [V]	Međufazni napon faza 2-3	20500	20640	20557
$U_3$ [V]	Međufazni napon faza 1-3	20480	20600	20540
$V_1$ [V]	Fazni napon prve faze	11840	11900	11864
$V_2$ [V]	Fazni napon druge faze	11820	11920	11866
$V_3$ [V]	Fazni napon treće faze	11820	11900	11862
$THD_U$ [%]	Faktor izobličenja međufaznog napona	0.0	1.0	0.563
$THD_V$ [%]	Faktor izobličenja faznog napona	0.0	1.0	0.285
$V_{unb}$ [%]	Debalans napona	0.0	0.2	0.028
$Pst_1$	Koeficijent flikera prve faze	0.0	0.0	0.0
$Pst_2$	Koeficijent flikera druge faze	0.0	0.0	0.0
$Pst_3$	Koeficijent flikera treće faze	0.0	0.0	0.0

TABELA 4 - PREGLED OSNOVNIH ELEKTRIČNIH PARAMETARA NA II MERNOM MESTU U REŽIMU KADA JE GENERATOR BIO PRIKLJUČEN NA DISTRIBUTIVNU MREŽU

Veličina	Opis	Min	Max	Srednje
$f$ [Hz]	Frekvencija napona napajanja	49.98	50.02	50.00
$U_1$ [V]	Međufazni napon faza 1-2	20560	20660	20606
$U_2$ [V]	Međufazni napon faza 2-3	20540	20660	20597
$U_3$ [V]	Međufazni napon faza 1-3	20500	20620	20571
$V_1$ [V]	Fazni napon prve faze	11860	11920	11889
$V_2$ [V]	Fazni napon druge faze	11860	11940	11895
$V_3$ [V]	Fazni napon treće faze	11860	11900	11879
$I_1$ [A]	Struja opterećenja prve faze	1.0	13.45	9.29
$I_2$ [A]	Struja opterećenja druge faze	1.1	14.10	9.82
$I_3$ [A]	Struja opterećenja treće faze	1.1	13.60	9.61
$P$ [kW]	Aktivna snaga	-9.3	-483.35	-333.45
$Q$ [kVAr]	Reaktivna snaga	28.89	87.67	71.88
$S$ [kVA]	Prividna snaga	37.73	490.31	342.19
$THD_I$ [%]	Faktor izobličenja struje	4.5	41.6	7.96
$THD_U$ [%]	Faktor izobličenja međufaznog napona	0.0	0.8	0.729
$THD_V$ [%]	Faktor izobličenja faznog napona	0.0	1.2	0.538
$V_{unb}$ [%]	Debalans napona	0.0	5.4	0.098
$Pst_1$	Koeficijent flikera prve faze	0.0	0.21	0.010
$Pst_2$	Koeficijent flikera druge faze	0.0	0.27	0.012
$Pst_3$	Koeficijent flikera treće faze	0.0	0.20	0.013

Harmonici struja koji su izmereni u režimu kada je generator bio priključen na mrežu prikazani su u narednoj tabeli. Vrednosti dozvoljenih struja koje generator injektira u mrežu izračunati su u skladu sa prethodno izračunatom stvarnom snagom trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja  $S_{ks} = 170$  MVA i izrazima (1) i (2). Vrednosti za harmonike reda većeg od  $\nu = 20$  nisu prikazane, jer su izmerene vrednosti struja za te harmonike jednake nuli.

TABELA 5 - DOZVOLJENE VREDNOSTI STRUJA VIŠIH HARMONIKA I IZMERENE VREDNOSTI

Redni broj višeg harmonika [ $\nu$ ]	Dozvoljena struja za ME [A]	Dozvoljena struja za jedan generator [A]	Izmerene vrednosti struja [A]
2	4.93	2.465	0.01
4	1.53	0.765	0.24
5	4.93	2.465	1.62
6	2.04	1.02	0.00
7	6.97	3.485	0.54
8	0.68	0.34	0.00
10	1.19	0.595	0.00
11	4.42	2.21	0.18
12	0.85	0.425	0.00
13	3.23	1.615	0.07
14	0.51	0.255	0.00
16	0.51	0.255	0.00
17	1.87	0.935	0.06
18	0.34	0.17	0.00
19	1.53	0.765	0.04
20	0.26	0.1275	0.00

Vrednosti harmonika napona merene su u oba režima, kako bi se pokazalo koliki je doprinos harmonika od samog generatora. U Tabeli 6 prikazane su zabeležene vrednosti, kao i vrednosti koje su propisane Tehničkom preporukom. Iako su merene vrednosti napona harmonika sve do 49. reda, vrednosti napona harmonika reda  $\nu > 13$  nisu prikazane jer su bile jednake nuli.

TABELA 6 - DOZVOLJENE VREDNOSTI NAPONA VIŠIH HARMONIKA I IZMERENE VREDNOSTI

Redni broj višeg harmonika [v]	Dozvoljene vrednosti napona viših harmonika za 10, 20 i 35 kV mrežu [% $U_n$ ]	Vrednosti izmerene u režimu kada generator nije bio priključen na distributivnu mrežu [% $U_n$ ]	Vrednosti izmerene u režimu kada je generator bio priključen na distributivnu mrežu [% $U_n$ ]
5	0.5	0.535*	1.008*
7	1	0	0
11	1	0	0
13	0.85	0	0

\* maksimalne srednje desetominutne vrednosti, prema SRPS EN 50160:2008

S obzirom da su sve merene vrednosti napona viših harmonika bile jednake nuli, osim za peti harmonik, jedino je u tom slučaju bilo potrebno poređenje sa vrednostima definisanim u Tabeli 2. Kako je vrednost napona petog harmonika u distributivnoj mreži bez priključenog generatora iznosila 0.535%  $U_n$ , a nakon priključenja 1.008%  $U_n$ , vrednost napona koji injektira sam generator iznosi 0.473%  $U_n$ .

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana metodologija za analizu mogućnosti priključenja male elektrane sa obnovljivim izvorom energije na distributivnu mrežu. Prilikom ispitivanja obavljenih tokom funkcionalnih proba pri priključenju generatora na distributivnu mrežu izvršena su odgovarajuća merenja i analize. Zbog značaja, u radu su samo prikazani rezultati analize sadržaja viših harmonika. Posebno je ukazano na šta treba obratiti pažnju pri izračunavanju pojedinih parametara koji mogu da utiču na izvođenje određenih zaključaka u vezi mogućnosti ili nemogućnosti priključenja male elektrane na distributivnu mrežu. Krajnji cilj rada je da se izradi metodologija zasnovana na kombinaciji proračuna i merenja u skladu sa važećim standardima i preporukama koja treba da pomogne kako distributivnom preduzeću pri donošenju odluke o priključenju male elektrane, tako i investitorima u obnovljive izvore energije.

#### LITERATURA

1. "Tehnička preporuka br. 16 - Osnovni tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na distributivni sistem", JP EPS Direkcija za distribuciju električne energije Srbije, II izdanje, 2011.
2. "Petogodišnji plan razvoja mreže do 2014. godine, Prilog 2 – Struje kratkih spojeva u 2014", JP EMS, 2009.
3. Standard SRPS EN 60909-0:2011, "Struje kratkog spoja u trofaznim sistemima naizmenične struje - Deo 0: Proračun struja", Institut za Standardizaciju Srbije
4. Standard SRPS EN 50160:2008, "Karakteristike napona isporučene električne energije iz javnih distributivnih mreža", Institut za Standardizaciju Srbije
5. "Technical Guideline - Generating Plants Connected to the Medium-Voltage Network", BDEW Bundesverband der Energie - und Wasserwirtschaft e.V., 2008.