

ANALIZA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE I MEĐUSOBNOG UTICAJA PRENOSNOG I DISTRIBUTIVNOG SISTEMA U TAČKI PRIMOPREDAJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

N. ZLATKOVIĆ, JP EPS, DIREKCIJA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE, SRBIJA
Ž. MARKOVIĆ, JP EPS, DIREKCIJA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE, SRBIJA
N. MRAKOVIĆ, JP EPS, DIREKCIJA ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE, SRBIJA

UVOD

Deregulacijom tržišta električne energije pojam kvalitet električne energije dobija sve više na značaju, jer se električna energija posmatra kao roba sa svojim kvalitetom i cenom. To su prepoznali nacionalni regulatori, pa praćenje kvaliteta električne energije uvode kao obavezu. S obzirom da kvalitet napona utiče na kvalitet struje i obrnuto, parametri kvaliteta napona i struje se obično posmatraju integralno i definišu kvalitet električne energije. Uslovi na tržištu diktiraju da se jasno definiše odgovornost kako za narušavanje kvaliteta električne energije tako i za održavanje nivoa kvaliteta električne energije u određenim granicama. Održavanje propisanog nivoa kvaliteta napona u svakoj tački prenosne i distributivne mreže obaveza je operatora prenosnog sistema (OPS) i operatora distributivnog sistema (ODS). Navedena obaveza sprovodi se ograničavanjem negativnog povratnog uticaja opreme svih korisnika na mrežu. Kvalitet napona u pojedinim tačkama mreže zavisi od ukupnog međusobnog delovanja proizvodnih jedinica, prenosnih i distributivnih elemenata mreže te potrošača, koji su spojeni na elektroenergetsku mrežu, a opisana je harmonizacijom normi, Pravilima o radu prenosnog sistema i Pravilima o radu distributivnog sistema.

Poslednjih godina OPS je započeo ograničavanje negativnog uticaja na kvalitet električne energije objekata priključenih na prenosni sistem kroz ugovore o povezivanju tih objekata na prenosni sistem. Ovakvim ugovorima, ODS-ovi su uslovljeni da poštuju uslove o dozvoljenim granicama, u kojima se mogu naći parametri kvaliteta električne energije. Ugovorom definisane dozvoljene granice, u kojima se mogu nalaziti parametri kvaliteta električne energije, OPS je preuzeo iz Pravila o radu prenosnog sistema.

Na osnovu ukazane potrebe za permanentnim praćenjem kvaliteta električne energije, kako u pogledu obaveza korisnika distributivnog sistema prema ODS, tako i u pogledu obaveza ODS prema OPS, u JP EPS se započelo sa nizom aktivnosti, usmerenih ka uspostavljanju sistema za praćenje kvaliteta električne energije. S toga je i ovaj rad nastao kao rezultat pilot merenja, koja su se koristila tokom istraživanja. Operatori sistema u zemljama u okruženju već učestvuju u projektima, koji podrazumevaju monitoring kvaliteta električne energije [1].

Cilj ovog rada je da prikaže rezultate merenja kvaliteta električne energije na mestu primopredaje električne energije na 110 kV, i da na osnovu rezultata merenja utvrdi kvalitet električne energije u prenosnoj mreži. Mereni rezultati su upoređeni sa zahtevima iz Pravila o radu prenosnog sistema i standarda SRPS EN 50160.

Objekat na kojem je vršeno merenje je trafostanica (TS) 110/35/20/10 kV Arandelovac. Ova trafostanica napaja konzum grada Arandelovca. U njoj se nalaze dva transformatora, TR1 110/20 kV snage 31,5 MVA i TR2

110/35 kV snage 31,5 MVA. Ukupna odobrena snaga objekta je 36,496 MW. Transformator TR1 napaja kombinovano i domaćinstva u gradu i industriju, dok TR2 napaja pretežno industrijske kupce i vangradska naselja.

MESTA MERENJA I METODA MERENJA

Kako bi se izvršila što bolja analiza kvaliteta električne energije, vršena su merenja sledećih parametara:

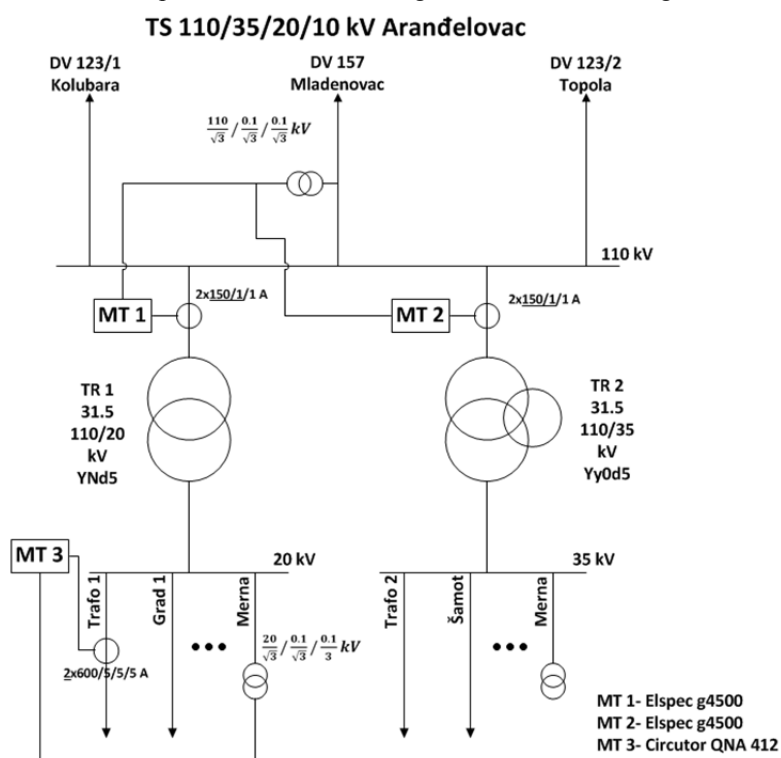
- Efektivne vrednosti linijskih napona,
- Efektivne vrednosti faznih struja,
- Faktor totalnog izobličenja napona i struja (THD_u , THD_i),
- Nesimetrija napona,
- Jačina flikera (P_{st} , P_{lt}),
- Frekvencija,
- Vrednosti harmonika napona i struja,
- Aktivna, prividna i reaktivna snaga,
- Faktor snage,
- Naponski događaji (propadi napona, prenaponi...).

Trend u svetu je da se izvrši optimizacija sistema za merenje kvaliteta električne energije, tj. da se utvrdi optimalan broj mernih tačaka kako bi se izvršila kvalitetna analiza [2].

Merenja su vršena u tri tačke (slika 1): dve u prenosnoj elektroenergetskoj mreži i jedna u distributivnoj elektroenergetskoj mreži. Merne tačke su:

- MT1 - naponski priključci vezani na naponski merni transformator u dalekovodnom polju Mladenovac 110 kV, a strujni na strujne merne transformatore u trafo polju Trafo 1,
- MT2 - naponski priključci vezani na naponski merni transformator u dalekovodnom polju Mladenovac 110 kV, a strujni na strujne merne transformatore u trafo polju Trafo 2,
- MT3 – naponski priključci vezani na naponski merni transformator u mernom polju 20 kV, a strujni na strujne merne transformatore u trafo polju Trafo 1 (na 20 kV strani).

Za merenje ovih parametara korišćeni su najsavremeniji mrežni analizatori klase A prema standardu IEC 61000-4-30. Merenje u tački MT2 vršeno od 03.01.2014. godine do 08.02.2014. godine, dok su merenja u tačkama MT1 i MT3 vršena istovremeno u periodu od 22.02.2014. godine do 08.03.2014. godine.



VAŽEĆI PROPISI KOJI REGULIŠU GRANICE PARAMETARA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U REPUBLICI SRBIJI

U Republici Srbiji, dozvoljene granice u kojima se mogu naći parametri koji definišu kvalitet električne energije u prenosnoj mreži propisane su Pravilima o radu prenosnog sistema. OPS se upravo pozvao na pojedine članove ovog dokumenta prilikom pravljenja ugovora o povezivanju objekata sa prenosnim sistemom. Parametri koji se odnose na kvalitet isporučene električne energije koji su propisani ovim dokumentom su:

- Efektivna vrednost napona,
- Frekvencija,
- Nesimetrija,
- Viši harmonici,
- Flikeri.

Granice u kojima se mogu naći efektivna vrednost napona i frekvencija definisane su normom SRPS EN 50160. Vrednosti napona i frekvencije su takođe bitne jer određuju za koje vrednosti objekat mora trajno ostati u pogonu povezan sa prenosnom mrežom. Da bi objekat ostao trajno priključen na prenosnu mrežu 110 kV, efektivna vrednost napona u mestu priključenja mora biti u granicama od 99 kV do 121 kV, frekvencije od 49,5 Hz do 50,5 Hz. Uticaj objekta na kvalitet naponskog talasa u prenosnoj mreži, opisan je preko: strujne nesimetrije koju izaziva objekat, struje viših harmonika koje izaziva objekat u mestu priključenja i flikera koji se preko objekta emituju u prenosni sistem [3,4].

Jedan od najčešće upotrebljivanih standarda koji se bavi kvalitetom električne energije je standard EN 50160, kod nas SRPS EN 50160 [5]. Ovaj standard, sa malim izmenama je relativno dugo u upotrebi, a svoju dugotrajnost može da zahvali činjenici, da predstavlja kompromis između interesa isporučilaca i korisnika električne energije. Prvi insistiraju na što širim granicama i tolerancijama parametara mrežnog napona, a drugi insistiraju na što užim. Upravo ta delikatna teza je i uzrok stabilnosti ove norme [6]. Standard definiše i opisuje karakteristike naizmennog napona na mestima priključenja korisnika na mrežu napajanja u javnim niskonaponskim, sredjenaponskim i visokonaponskim naizmennim, električnim mrežama u normalnim uslovima rada. Ovim standardom utvrđuju se granice ili vrednosti u okviru kojih se očekuje ostvarenje utvrđenih karakteristika napona na bilo kom mestu priključenja korisnika u javnim evropskim električnim mrežama. Opisane su karakteristike napona napajanja u pogledu na:

- Efektivnu vrednost,
- Frekvenciju,
- Talasni oblik,
- Simetriju.

Razlika najnovije verzije ovog standarda u odnosu na prethodne je što su dodate karakteristike napona u visokonaponskim mrežama.

REZULTATI MERENJA

Uređaji, kojima je vršena analiza rade u skladu sa standardom IEC 61000-4-30. Ovim standardom je definisano da se mereni parametri uzimaju na svakih 200 ms, što predstavlja osnovni interval merenja [7]. Za potrebe ove analize, vršena su usrednjavanja merenih parametara u skladu sa zahtevima iz standarda SRPS EN 50160. Usrednjavanjem na 10 s je obuhvaćeno 50 osnovnih intervala na 200 ms, a usrednjavanjem na 10 minuta je obuhvaćeno 3000 osnovnih intervala na 200 ms. U tabeli 1, prikazani su zahtevi opisani u Pravilima o radu prenosnog sistema kao i izmerene vrednosti u mernim tačkama MT1 i MT2. Kod parametara: efektivna vrednost napona, nesimetrija struje, fliker P_{st} , faktor totalnog izobličenja napona THD_u , merene vrednosti su usrednjavane na 10 minuta, dok je za frekvenciju usrednjavanje vršeno na 10 sekundi i fliker P_{it} na 2 časa. Vrednosti prikazane u zagradama predstavljaju granice u kojima se nalaze izmerene vrednosti u određenim procentima mernog intervala. Merni interval u mernoj tački MT1 trajao je od 22.02.2014. 12:00h do 08.03.2014. 12:00h, dok je u mernoj tački MT2 trajao od 03.01.2014. 10:00h do 08.02.2014. 10:00h. Kao što se može videti, intervali merenja su trajali duže od standardom predviđenih najčešće 7 dana, da bi se dobila što bolja slika o kvalitetu električne energije na mestu priključenja ovog objekta.

Tabela 1 - Prikaz zahteva iz pravila o radu prenosnog sistema, kao i izmerenih vrednosti u MT1 i MT2

Parametar	Dozvoljene granice	Izmerene srednje vrednosti za MT1 (vrednosti u 95% vremena za sve parametre osim frekvencije/99,5% vremena za frekvenciju)			Zahtev ispunjen	Izmerene srednje vrednosti za MT2 (vrednosti u 95% vremena za sve parametre osim frekvencije/99,5% vremena za frekvenciju)			Zahtev ispunjen
		L ₁₂	L ₃₁	L ₂₃		L ₁₂	L ₃₁	L ₂₃	
Efektivna vrednost napona [kV]	99 – 121*	110,92 (108,10-113,75)	110,93 (108,14-113,72)	111,24 (108,44-114,05)	Da	111,44 (108,49-114,40)	111,10 (108,16-114,04)	111,07 (108,02-114,12)	Da
Frekvencija [Hz]	49,5 - 50,5*	50,01 (49,95 - 50,07)			Da	50,01 (49,95 - 50,07)			Da
Nesimetrija struje[%]	< 1	0,87 (0,20 - 1,55)			Ne	Nije merena			-
Flikeri	P _{st} ≤ 0,8	0,18 (≤ 0,36)	0,18 (≤ 0,34)	0,18 (≤ 0,36)	Da	0,19 (≤ 0,53)	0,19 (≤ 0,46)	0,19 (≤ 0,42)	Da
	P _{it} ≤ 0,6	0,21 (≤ 0,39)	0,20 (≤ 0,35)	0,20 (≤ 0,39)	Da	0,22 (≤ 0,60)	0,22 (≤ 0,53)	0,22 (≤ 0,46)	Da
THD _u [%]	-	0,72 (0,27 – 1,18)	0,79 (0,29 – 1,28)	0,74 (0,27 - 1,22)	-	0,76 (0,38 – 1,13)	0,80 (0,43 – 1,18)	0,76 (0,41 – 1,10)	-

* odnosi se na vrednosti pod kojima objekat mora trajno ostati u pogonu povezan sa prenosnim sistemom,

** procenat vremena u kome su merene vrednosti strujne nesimetrije bile manje od 1%.

U tabelama 2 i 3 prikazane su izmerene vrednosti strujnih harmonika, koje objekat injektuje u prenosnu mrežu kao i maksimalne dozvoljene vrednosti koje su date u ugovoru o povezivanju ovog objekta sa prenosnim sistemom. Pošto u Pravilima o radu prenosnog sistema nije precizirano na kom intervalu se vrši usrednjavanje izmerenih strujnih harmonika, dat je pregled kada su merene vrednosti uzimane nad osnovnim intervalom (200ms) i kada su merene vrednosti usrednjavane na 10 minuta.

Tabela 2 - Prikaz vrednosti injektovanih strujnih harmonika odabiranih na 200 ms, prema IEC 61000-4-30

Redni broj harmonika	Maksimalne dozvoljene vrednosti strujnih harmonika prema Pravilima o radu prenosnog sistema I _{hm} max [A]	Izmerene maksimalne vrednosti na mestu MT1 [A]			Izmerene maksimalne vrednosti na mestu MT2 [A]		
		Usrednjavanje na 200 ms					
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
2	5,39	10,40	15,92	17,72	7,41	7,24	8,62
3	11,63	10,05	9,73	19,72	3,62	3,03	3,78
4	2,68	4,75	5,60	6,10	1,95	1,39	2,34
5	14,32	4,15	4,87	5,89	2,61	2,34	2,57
6	1,79	3,24	3,53	5,39	0,96	0,87	0,81
7	14,32	2,60	1,71	3,15	0,96	1,10	1,06
8	1,79	1,99	2,55	4,45	0,47	0,56	0,70
9	5,37	1,47	2,73	3,75	0,65	0,46	0,53
10	1,79	0,95	1,46	1,85	0,38	0,37	0,37
11	8,95	1,94	1,87	2,84	0,46	0,67	0,66
12	1,79	1,58	1,45	2,75	0,48	0,34	0,23
13	8,95	0,63	1,12	1,46	0,46	0,48	0,46
14	1,79	1,03	1,49	2,13	0,40	0,32	0,23
15	5,37	1,06	0,97	1,92	0,48	0,29	0,25

Tabela 3- Prikaz vrednosti injektovanih strujnih harmonika usrednjenih na 10 min, prema IEC 61000-4-30

redni broj harmonika	Maksimalne dozvoljene vrednosti strujnih harmonika prema Pravilima o radu prenosnog sistema I_{hnmax} [A]	Izmerene maksimalne vrednosti na mestu MT1 [A]			Izmerene maksimalne vrednosti na mestu MT2 [A]		
		Usrednjavanje na 10 min					
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
2	5,39	0,35	0,47	0,53	0,16	0,19	0,17
3	11,63	0,43	0,44	0,50	0,37	0,27	0,36
4	2,68	0,15	0,14	0,18	0,10	0,08	0,09
5	14,32	3,70	4,36	3,74	2,02	1,99	1,90
6	1,79	0,08	0,08	0,12	0,22	0,19	0,20
7	14,32	1,61	1,57	1,47	0,92	0,98	0,98
8	1,79	0,05	0,06	0,10	0,13	0,13	0,12
9	5,37	0,08	0,06	0,09	0,02	0,06	0,07
10	1,79	0,02	0,03	0,05	0,01	0,01	0,01
11	8,95	0,47	0,54	0,59	0,25	0,30	0,27
12	1,79	0,04	0,03	0,07	0,01	0,01	0,01
13	8,95	0,35	0,19	0,15	0,05	0,20	0,17
14	1,79	0,02	0,03	0,05	0,01	0,01	0,01
15	5,37	0,06	0,04	0,05	0,01	0,04	0,05

U tabelama 4 i 5 date su vrednosti izmerenih parametara u skladu sa normom SRPS EN 50160, u delu koji se odnosi na naponski nivo 110 kV.

Tabela 4 - Granične vrednosti parametara kvaliteta napona napajanja u visokonaponskim mrežama

Parametar	Granične vrednosti	Osnovna veličina	Interval usrednjavanja	Granice [%]		merenje u MT1	merenje u MT2
Frekvencija	50 Hz \pm 1%	srednja vrednost	10 s	99,5	f [Hz]	49,95-50,07	49,95-50,07
	50 Hz + 4%/-6%			100	f [Hz]	49,89-50,12	49,89-50,12
Spore promene napona	nisu definisane ovim standardom za naposki nivo 110 kV			99	L12 [kV]	106,68-115,16	107,00-115,87
					L23 [kV]	107,03-115,46	106,49-115,64
					L31 [kV]	106,74-115,11	106,69-115,50
Flikeri	Plt < 1	algoritam flikera	2 h	95	L12 [kV]	\leq 0,39	\leq 0,60
					L23 [kV]	\leq 0,39	\leq 0,46
					L31 [kV]	\leq 0,35	\leq 0,53
Nesimetrija napona	< 2%	efektivna vrednost	10 min	95	Ui/Ud [%]	0,13-0,27	nije mereno
Harmonici napona	THDu- pod razmatranjem	efektivna vrednost	10 min	95	L12 [%]	0,27-1,18	0,38-1,13
					L23 [%]	0,27-1,22	0,41-1,10
					L31 [%]	0,29-1,28	0,43-1,18

Tabela 5 - Granične vrednosti harmonika napona napajanja u visokonaponskim mrežama

Harmonik napona	Granice [%]	Merenje u MT1			Merenje u MT2		
		L12 [%]	L23 [%]	L31 [%]	L12 [%]	L23 [%]	L31 [%]
3	3,00	0,45	0,20	0,40	0,26	0,53	0,31
5	5,00	0,95	1,02	1,10	1,15	1,08	1,19
7	4,00	0,48	0,42	0,45	0,48	0,56	0,51
9	1,30	0,18	0,09	0,09	0,06	0,12	0,06
11	3,00	0,30	0,20	0,20	0,23	0,34	0,20
13	2,50	0,32	0,18	0,15	0,24	0,37	0,22
15	0,50	0,21	0,11	0,11	0,18	0,37	0,20
17	u.r.*	0,25	0,13	0,12	0,15	0,31	0,16
19	u.r.*	0,37	0,19	0,19	0,16	0,32	0,16
21	0,50	0,31	0,15	0,16	0,34	0,69	0,35
23	u.r.*	0,21	0,12	0,10	0,18	0,39	0,20
25	u.r.*	0,20	0,10	0,12	0,17	0,26	0,14

* u.r. u razmatranju.

U tabeli 5 date su samo izmerene vrednosti neparnih naponskih harmonika, jer su parni i po nekoliko desetina puta manji od dozvoljenih vrednosti, pa ih i nema potrebe razmatrati.

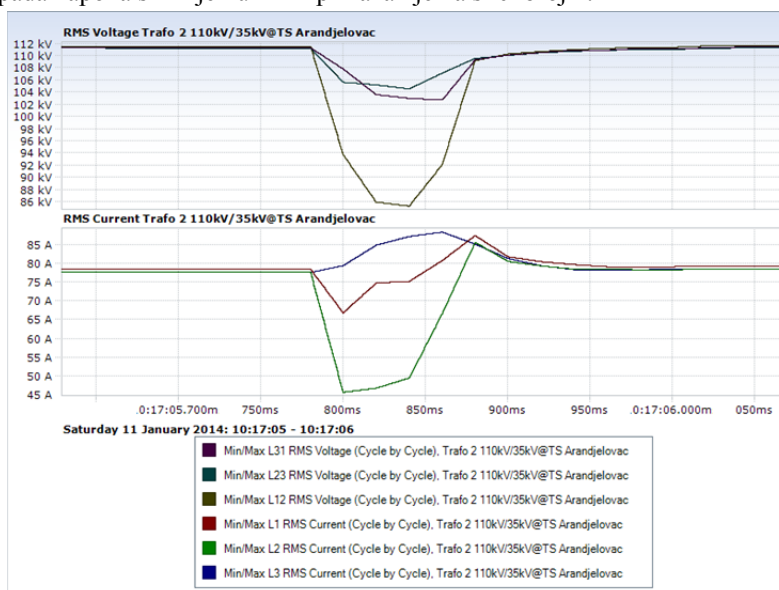
REGISTROVANI NAPONSKI DOGAĐAJI

Ovom analizom praćeni su događaji na naponu (propadi, prenaponi). Analizator u tački MT3 je stavljen na naponski nivo 20 kV iz razloga što transformator TR1 napaja kombinovano industrijske kupce i kupce iz kategorije domaćinstva, i jer su na njemu češći kvarovi (ispadi) nego u delu koji se napaja sa transformatora TR2. Prilikom ove analize registrovani su propadi napona napajanja, koji su prikazani u tabeli 6.

Tabela 6 - Registrovani propadi na 110 kV naponskom nivou u mernim tačkama MT1 i MT2

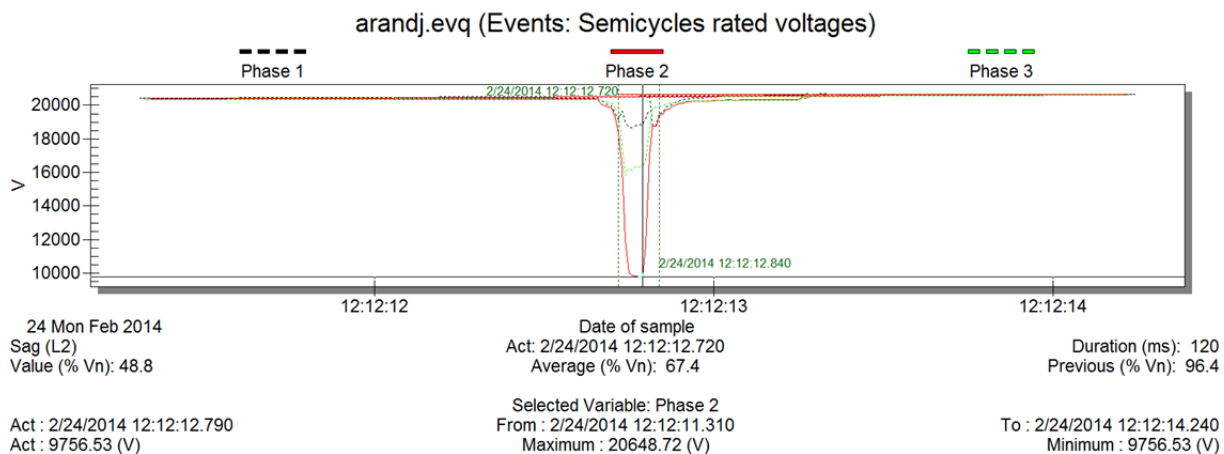
Vrednost napona u u odnosu na U_n [%]	Broj propada u mernoj tački MT1	Trajanje propada u MT1 [s]	Broj propada u mernoj tački MT2	Trajanje propada u MT2 [s]
$90 \geq u \geq 80$	0	-	10	$0,01 \leq t \leq 0,2$
$80 \geq u \geq 70$	0	-	1	$0,01 \leq t \leq 0,2$

Izgled tipičnog propada napona snimljen u MT2 prikazan je na slici broj 2.

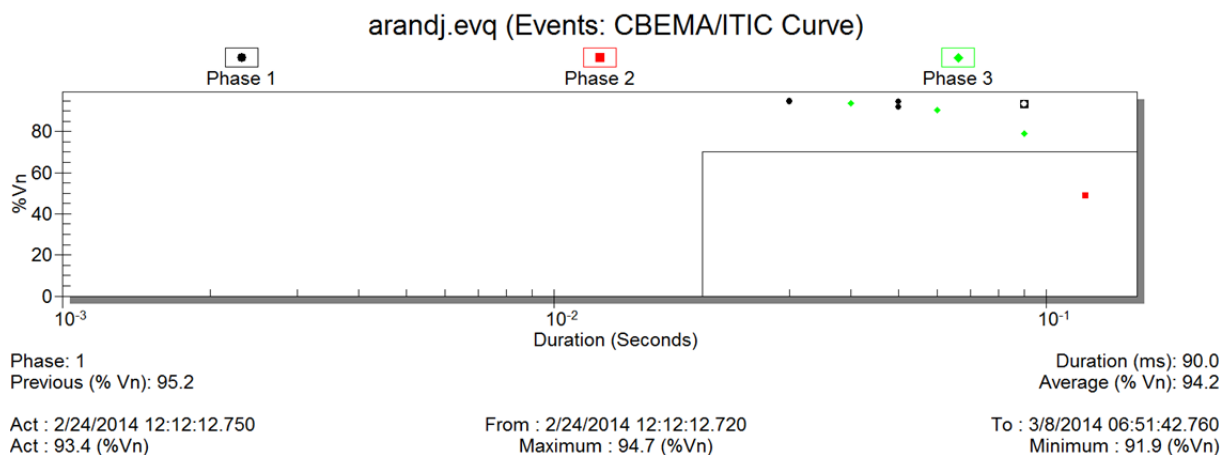


Slika 2 - Tipičan propad napona napajanja snimljen u MT2

Analizator koji je bio postavljen u MT3 na 20 kV naponu zabeležio je propade napona napajanja, koji se nisu videli na 110 kV, od kojih je jedan po svojoj dubini propada i trajanju propada, prema CBEMA/ITIC krivoj i standardu IEC 61000-4-34, mogao izazvati prekid rada uređaja energetske elektronike.



Slika 3 - Prikaz propada napona napajanja koji je mogao izazvati prekid rada uređaja energetske elektronike



Slika 4- Razvrstavanje propada napona napajanja u MT3 prema CBEMA/ITIC krivoj

ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA PARAMETARA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ako se pažljivo pogledaju rezultati iz tabele 1, može se videti da su svi, osim strujne nesimetrije u okviru granica predviđenih Pravilima o radu prenosnog sistema. Efektivne vrednosti napona su duboko unutar granice od 99 kV do 121 kV. Ova granica definisana u Pravilima o radu prenosnog sistema ne predstavlja granicu u okviru koje se može menjati napon, već konstantnu vrednost napona, pri kojoj objekat priključen na prenosni sistem mora ostati povezan sa sistemom. Što se tiče promena napona, Pravila o radu prenosnog sistema se pozivaju na zahteve iz standarda SRPS EN 50160, ali ih on ne definiše za naponski nivo 110 kV. Granica od $U_n \pm 10\%$, što za naponski nivo 110 kV predstavlja od 99 kV do 121 kV je uzeta analogno granicama definisanim za niže naponske nivoe u SRPS EN 50160. Frekvencija, kao sistemska veličina sa srednjom vrednosti 50,01 Hz je prilično stabilna i u 99,5% mernog intervala se nalazi u granicama od 49,95 Hz do 50,07 Hz. Strujna nesimetrija je prosečno bila 0,87%, dok se u 95% intervala merenja kretala u granicama 0,20% do 1,55%. Detaljnijom analizom, utvrđeno je da su u samo oko 33% mernog intervala, izmerene vrednosti strujne nesimetrije bile manje od 1%. Na osnovu rezultata nesimetrije, može se izvesti zaključak da ona ne zadovoljava uslov $< 1\%$ dat u Pravilima o radu prenosnog sistema, a i u ugovoru o povezivanju objekta sa prenosnim sistemom, mada se mora napomenuti da je ovaj uslov nerealan nizak i da ne bi bio ispunjen u većini objekata TS 110/x kV. Srednja vrednost jačine flikera dugog trajanja P_{It} je iznosila oko 0,20. Kada se pogledaju granice u kojima su se nalazile ove vrednosti u 95% intervala merenja, može se zaključiti da je ovaj parametar u potpunosti u skladu sa zahtevima. Granice u kojima

bi se nalazile vrednosti faktora totalnog izobličenja napona THD_u , nisu definisane u ovim Pravilima, već su u radu date čisto ilustrativno, da se kroz brojke sagleda talasni oblik napona na mestu priključenja ovog objekta na prenosni sistem. Na osnovu tih rezultata može se reći da je talasni oblik napona sasvim zadovoljavajući. Treba istaći nepreciznost zahtevima OPS za objekte priključene na prenosni sistem, po pitanju ograničenja dozvoljenih granica struje viših harmonika koju izaziva objekat povezan sa prenosnim sistemom. Prvi problem koji se javlja je način merenja ove struje. Ne postoji tehnička mogućnost da se ova struja izmeri, jer ona predstavlja zbir struje transformatora TR1 i struje transformatora TR2 u kompleksnom domenu. Dakle, potrebno je meriti sinhronizovano struje sa TR1 i TR2, i vrednost njihovog zbira uporediti sa vrednostima dobijenim u ugovorima o povezivanju objekata sa prenosnim sistemom. Kao drugi problem nameće se to, da nigde nije definisano na kom vremenskom intervalu se vrši usrednjavanje izmerenih vrednosti. U tabeli 2 su prikazane vrednosti strujnih harmonika uzetih na 200 ms, a u tabeli 3 su prikazane vrednosti usrednjene na 10 minuta. Oba intervala su u skladu sa standardom IEC 61000-4-30. Vidi se velika razlika u tim vrednostima. U tabelama 4 i 5 upoređivane su merene vrednosti sa parametrima definisanim u standardu SRPS EN 50160. Pošto je najnovija verzija ove norme uključila i visoke naponske nivoe, može se videti da za mnoge parametre kvaliteta napona, granice još nisu definisane. Pogledom na izmerene rezultate u mernim tačkama MT1 i MT2 može se zaključiti, da su ti parametri u potpunosti u skladu sa zahtevima ovog standarda. Vrednosti onih parametara, čije granice još uvek nisu određene ovim standardom date su čisto radi boljeg pregleda kvaliteta napona na mestu priključenja ovog objekta.

Kada se pogledaju rezultati naponskih događaja, može se videti da se tokom merenja u MT2 dogodilo 11 propada napona. Propadi su relativno niskog intenziteta i male dužine trajanja. S obzirom da tokom trajanja propada nije zabeležena prelazna pojava (rast) u struji konzuma, niti je zabeleženo reagovanje zaštitne opreme, može se zaključiti da propadi nisu došli iz distributivne mreže (slika 2). Snimanjem naponskih prilika u MT3 na 20 kV, zabeleženi su događaji na naponu 20 kV, koji su pre svega posledica kvara na distributivnoj mreži. Uočen je jedan propad dubine 51,2% i trajanja 120 ms koji je prema CBEMA/ITIC krivoj i standardu IEC 61000-4-34 mogao izazvati prekid rada uređaja energetske elektronike.

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih analiza, dolazi se do zaključka da objekat TS 110/35/20/10 kV Arandelovac ispunjava uslove propisane Pravilima o radu prenosnog sistema i ugovorom o povezivanju objekta sa prenosnim sistemom po pitanju:

- Efektivnih vrednosti napona,
- Frekvencije,
- Flikera.

Napon na mestu priključenja objekta na prenosni sistem je u potpunosti u skladu sa normom SRPS EN 50160. Takođe uočavamo, da uslov u vezi sa strujnom nesimetrijom nije ispunjen, mada autori smatraju, da je uslov $< 1\%$ izuzetno zahtevan i nedovoljno definisan, jer nije preciziran interval nad kojim se vrši usrednjavanje merenih vrednosti. Stoga autori predlažu da se kroz izmene Pravila o radu prenosnog sistema ostvari kompromis i da se ovaj zahtev relaksira, ili ukine, a da se umesto njega propiše zahtev za naponsku nesimetriju, što je u skladu sa normom SRPS EN 50160. Autori takođe smatraju da u postojećim Pravilima o radu prenosnog sistema, nisu dobro propisani uslovi koji se tiču struja viših harmonika. Naime Pravila o radu prenosnog sistema definišu dozvoljene vrednosti strujnih harmonika koje objekat (u ovom slučaju trafostanica) injektuje u prenosnu mrežu, a u svim TS 110/x kV je merenje struja moguće vršiti samo na nivou transformatora, a ne na nivou trafostanice. Stoga autori predlažu da se u izmenama Pravila o radu prenosnog sistema, propiše granice dozvoljenih vrednosti injektovanja strujnih harmonika za svaki transformator 110/x kV u objektima TS 110/x kV, a ne samo za objekte TS 110/x kV.

Na osnovu izvršenih analiza, autori dolaze do zaključka da bi trebalo razmišljati o jedinstvenom sistemu za praćenje parametara kvaliteta električne energije, koji bi omogućio da se prate događaji koji se iz distributivnog sistema prenose u prenosni i obratno. Time bi se na osnovu realnih pokazatelja, omogućilo propisivanje pravila, kojima bi se ograničilo dejstvo kupaca kako na distributivni, tako i na prenosni sistem. Stoga će se u daljem profesionalnom radu dati predlog da se realizuje zajednički sistem za praćenje parametara kvaliteta električne

energije, dok će se autori posvetiti algoritmima za što efikasniju procenu mernih tačaka zajedničkog sistema, u kojima će biti postavljeni mrežni analizatori.

LITERATURA

1. Nikolovski S, Klaic Z, Kraus Z, Slipac G, 2008, "Online power quality measurements and voltage sags analysis", Universities Power Engineering Conference, 43rd International, vol., no., pp.1, 5, 1-4
2. Cebrian J.C, Almeida C.F.M, Kagan N, 2010, "Genetic algorithms applied for the optimal allocation of power quality monitors in distribution networks", Harmonics and Quality of Power, 14th International conference on, vol., no., pp.1, 10, 26-29
3. JP EMS, "Pravila o radu prenosnog sistema", Službeni glasnik RS 55/2012
4. JP EMS, "Izmene i dopune Pravila o radu prenosnog sistema", Službeni glasnik RS 3/2012
5. SRPS EN 50160:2012, "Karakteristike napona isporučene električne energije iz javnih električnih mreža"
6. Zlatković N, Vujičić V, 2013, "Predlog monitoringa kvaliteta električne energije na 0,4 kV", 31. savetovanje CIGRE, Zlatibor
7. IEC 61000-4-30, "Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods"

Nenad Zlatković, JP EPS, Direkcija za distribuciju električne energije, Vojvode Stepe 412, 11000 Beograd, 011/3952385, nenad.zlatkovic@eps.rs

Željko Marković, JP EPS, Direkcija za distribuciju električne energije, Vojvode Stepe 412, 11000 Beograd, 011/3952370, zeljko.markovic@eps.rs

Nenad Mraković, JP EPS, Direkcija za distribuciju električne energije, Vojvode Stepe 412, 11000 Beograd, 011/3952383, nenad.mrakovic@eps.rs