

PRAVI PROBLEMI KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODRUČJU VOJVODINE

Jovan ČARNIĆ, EPS ODS Novi Sad, Srbija
Radislav MILANKOV, EPS ODS Ogranak Zrenjanin Pogon Kikinda, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Rad je rezultat sedmogodišnjeg merenja kvaliteta električne energije na području Vojvodine u 80 tačaka na srednjem naponu distributivnog elektroenergetskog sistema. Merenja su rađena iz dva razloga: prvi, zbog žalbi korisnika distributivnog sistema radi identifikacije i rešenja problema i drugi, zbog kvantifikovanja unošenja zagađenja naponskog talasa od strane novih korisnika DS - izvora električne energije (malih elektrana). U zavisnosti od kompleksnosti problematike, merenja se obavljaju najmanje u dve tačke po dubini i širini mreže. Savremenim tehnologijama osnovne probleme pričinjava dubina propada napona koja dolazi od rada same mreže, bilo distributivne ili prenosne, u režimima kvara, što je stvar operatora. U nekim slučajevima uzrok problema su elektromagnetni procesi unutar pogona, kojih korisnik DS nije svestan, a u nekim slučajevima je u pitanju loše podešenje zaštite korisnika ili loša oprema. Korisnik na problem standardno prst upire u operatora distributivnog sistema (ODS).

Ključne reči: kvalitet naponskog talasa, korisnik distributivnog sistema, operator distributivnog sistema(ODS)

SUMMARY

These papers are the result of a seven-year power quality measurements in the area of Vojvodina in 80 points on the middle voltage level of the distribution power system. The measurements were made for two reasons: first, due to the complaints of the distribution system users for identification and problem solving, and others, due to the quantification of the introduction of voltage waves pollution by new users of the DS - source of electricity (small power plants). Depending on the complexity of the problem, the measurements are performed at least two points in depth and the width of the network. By modern technologies, the basic problems are the depth of the voltage dropping that comes from the work of the network itself, whether distributive or transmission lines, in the failure modes, which is the operator's matter. In some cases, the cause of the problem is electromagnetic processes inside drives, which the user of the DS is not aware of, and in some cases it is a wrongly setting for user protection or poor quality of the equipment. The user point his finger always to the Distribution System Operator (ODS).

Key words: voltage quality, customer in power distribution, power distribution operator.

jovan.carnic@epsdistribucija.rs; radislav.milankov@epsdistribucija.rs

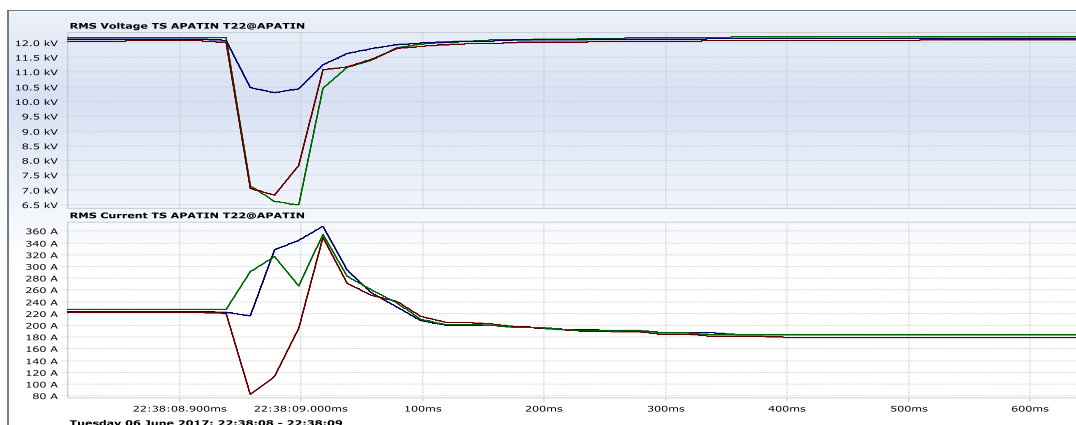
UVOD

U radu je predstavljeno mali broj događaja koji su narušili kvalitet električne energije kojisu prouzrokovali zastoj u proizvodnji industrijskih korisnika. Komisija za merenje kvaliteta električne energije Regionalnog centra Novi Sad, obavila je merenje kvaliteta električne energije u više od 80 tačaka distributivnog sistema, uglavnom na 20 kV distributivnoj mreži svom sedmogodišnjem periodu rada. Žalbe korisnika distributivnog sistema slede uglavnom nakon pretrpljene štete u proizvodnji nastale zbog problema sa kvalitetom električne energije. Operator sistema se svaki put odazvao na svaku žalbu i obavio neophodna merenja. Merenja su trajala duže od 7 dana, obično 30-60 dana, ako je moguće do ponavljanja događaja. Obradeni podaci se u formi izveštaja, u zavisnosti od načina žalbe, prosleđuju ili prezentujemo korisniku, operatoru distributivnog dela – nadležnoj distribuciji i ostalim

zainteresovanim. Dosadašnja merenja su potvrdila da na kvalitet električne energije pored objekata operatora distributivnog sistema imaju uticaja i drugi subjekti, operator prenosnog sistema, tuđi objekti potrošnje ili proizvodnje, treća lica, viša sila itd. Događaji su nepredvidivi, neravnomerno raspoređeni tokom godine sa ekstremom u letnjim mesecima.

KVAROVI NA PRENOSNOM SISTEMU 400,220 i 110 kV

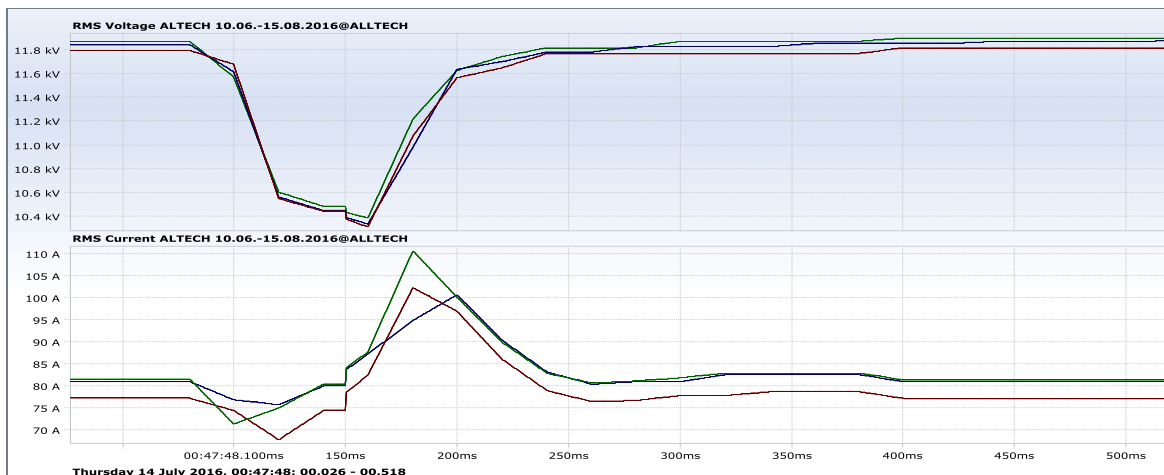
Merenje kvaliteta električne energije u TS 110/20 kV „Apatin” i Apatinskoj pivari uradio je operator distributivnog sistema EPS, regionalni ogranak Novi Sad. Apatinska pivara je uputila žalbu ED „Sombor” koja se obratila nadležnoj komisiji za merenje kvaliteta električne energije. Apatinska pivara se električnom energijom snabdeva iz distributivne TS 110/20 kV „Apatin” preko jednog od dva 20 kV izvoda „Pivara 1” ili „Pivara 2”, uglavnom preko izvoda „Pivara 2” dok je izvod „Pivara 1” u praznom hodu. TS 110/20 kV „Apatin” je rekonstruisana TS sa „H” šemom, proširena je tako da ima tri dalekovodna i dva transformatorska polja. Električno je vezana u prsten preko TS 110/20 kV „Sombor 1” i TS 110/20 kV „Sombor 2” na prenosnu TS 400/110 kV „Sombor 3”. Mrežni analizatori su postavljeni u dve tačke distributivnog sistema: trafo polju T22 u TS 110/20 kV „Apatin” i mestu primopredaje električne energije korisniku DS – apatinskoj pivari u RP 20 kV „Miloš Obilić” u Apatinu. Analizator u TS 110/20 kV „Apatin” priključen je na zaštitno jezgro sekundara SMT 1000/5 i NMT 20/0,1 kV u RP 20 kV „Miloš Obilić”, odnosno, na mernom mestu na merno jezgro SMT 150/5 i NMT 20/0,1 kV. U toku neprekidnog 47. dnevnog monitoringa apatinska pivara je imala jedan zastoj u proizvodnji i to 06.06.2017. godine u 22:38 časova. Kvar je prouzrokovao zastoj pogona, odnosno četiri linije proizvodnje: I linija punjenja boca je bila van pogona 195 minuta, II linija punjenja limenki 232 minuta, III linija duvanja pet ambalaže 188 minuta i IV linija punjenja buradi 188 minuta. Monitoring u T22 u TS 110/20 kV „Apatin” je neprekidno trajao od 27.04.-13.06.2017. godine, odnosno 7 puta duže od perioda propisan standardom. Monitoring u RP 20 kV „Miloš Obilić” na mestu primopredaje je trajao kraće, odnosno od 27.04.-01.06.2017. godine. Prekinut je zbog kvara mrežnog analizatora. Period monitoringa je iznosio 35 dana, odnosno 5 puta duže od vremena propisanog standardom SRPS EN 50160. Mrežni analizatori su radili vremenski nesinhronizovani, te su jednovremeni događaji ručno podešavani zbog razlike vremena. U periodu monitoringa u RP 20 kV „Miloš Obilić” na 20 kV mreži TS 110/20 kV „Apatin” od ukupnog broja kvarova trajni kvarovi su 4,54 %, odnosno prolazni kvarovi su 95,46 %. Zemljospojnim prekidačem je eliminisano 81,81 % kvarova, zemljospojnom zaštitom u beznaponskoj pauzi brzog APU do 300 ms eliminisano je 7,27% kvarova i u beznaponskoj pauzi sporog APU do 3 min, eliminisano je 9,1 % kvarova, ostali kvarovi su eliminisali sami od sebe. Broj propada napona je uvek veći od broja kvarova, jer se kvarovi ne eliminišu u prvom delovanju zaštite, odnosno zemljospojnog prekidača. Kvarovina prenosnoj mreži se prenose galvanski i induktivno na širem području u zavisnosti od naponskog nivoa. Najugroženija faza u zemnosedistributivne mreže je vršna faza sa rasporedom provodnika u trougao, najčešće je to faza „4” sa 71,4% kvarova, zatim faza „8” sa 15,2% i faza „0” sa 13,3%.



Slika 1. Zumiran propad napona snimljen u TS 110/20 kV „Apatin”

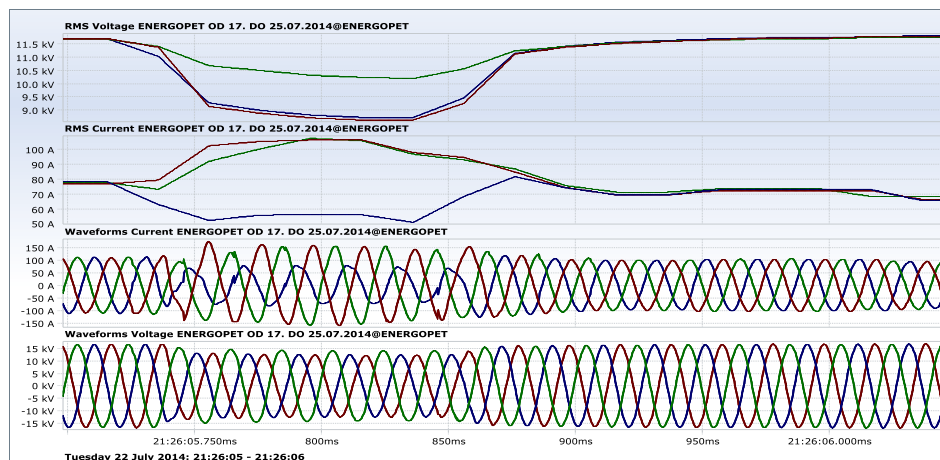
Propad je generisan kvarom na dalekovodu 110 kV br. 1012/1 (TS 110/20 kV „Bajmok” – TS 400/110 kV „Sombor 3”). Kvar je nastao 06.06.2017. godine u 22:38 časova, kvar faze „0” i „4”, prvi stepen na oba kraja, APU uspešan na oba kraja, trole polno isključenje, lokator kvara u TS „Sombor 3” je izmerio rastojanje kvara na 11 km. Galvanski po 110 kV mreži mesto kvara, od TS „Apatin”, je udaljeno 42 km. Uzrok kvara dalekovoda je atmosfersko pražnjenje,

odnosno udar groma u dalekovod. Kvar je prolazni. Kvar se na distributivnoj mreži 20 kV TS 110/20 kV „Apatin” manifestovao propadom napona u sve tri faze, u fazi „0” na 7 kV ili 57,8 %, fazi „4” na 6,5 kV ili 53,7 % i fazi „8” na 10,3 kV ili 15,58 %, vreme trajanje propada je 100 ms. Dubok propad napona, veći od 50% u dve faze, prouzrokovao je ispad Apatinske pivare. Struja trafo polja 20 kV T 22 u TS 110/20 kV „Apatin” je opala za 50 A, odnosno za 1,8 MVA što ukazuje da je deo konzuma pivare ili cela pivara van pogona. U TS 110/20 kV „Apatin” kvar je registrovan kao zemljospoj dve faze, trajanja 150 ms. Iste večeri, pored ovog kvara nevrete je prouzrokovalo još tri udaljenija kvara na 110 kV prenosnoj mreži i to: u 23:27 časova kvar dalekovoda 110 kV br. 1173, kvar faze „0” i „4”, u 23:28 časova kvar dalekovoda 110 kV br. 1101, kvar faze „4” i u 23:39 časova kvar dalekovoda 110 kV br. 135/2+ 135/3, kvar faze „4”. Propadi su se dogodili u vreme kada je Apatinska pivara bila van pogona.



Slika 2. Propad napona izmeren u ZTS 20/0,4 kV „Altech”

Propad je nastao dana 14.07.2016. godine u 00:05 časova. Generisan je od kvara na dalekovodu 110 kV br. 1012/1 (TS 110/20 kV „Bajmok” – TS 400/110 kV „Sombor 3”). Kvar je teži od kvara na slici 1. U pitanju je isti dalekovod, samo vreme nastanka kvara je godinu dana ranije, udaljenost mesta kvara od TS 400/110 kV „Sombor 3” je na 10 km. Delovala je distantna zaštita, kvarfaze „0” u TS 110/20 kV „Bajmok” i faze „0” i „4” u TS 400/110 kV „Sombor 3”, I stepen na oba kraja, APU neuspešan. Pad četiri stuba dalekovoda. Kvar je prouzrokovao trofazni propad napona dubine 1,5 kV, odnosno 12,6%, vreme trajanja propada je 110 ms. Propad napona nije uticao na pogon u fabrici „Alltech” u Senti. Kvar je galvanski udaljen od TS 110/20 kV „Senta 2” 92 km. Dubina propada napona zavisi od blizine kvara i krutosti mreže, pogubna je za nesmetan rad osetljive opreme i pogona u fabrici. Merenje je usledilo nakon žalbe fabrike „Altech” Ogranku „Subotica” odnosno Pogonu Senta.



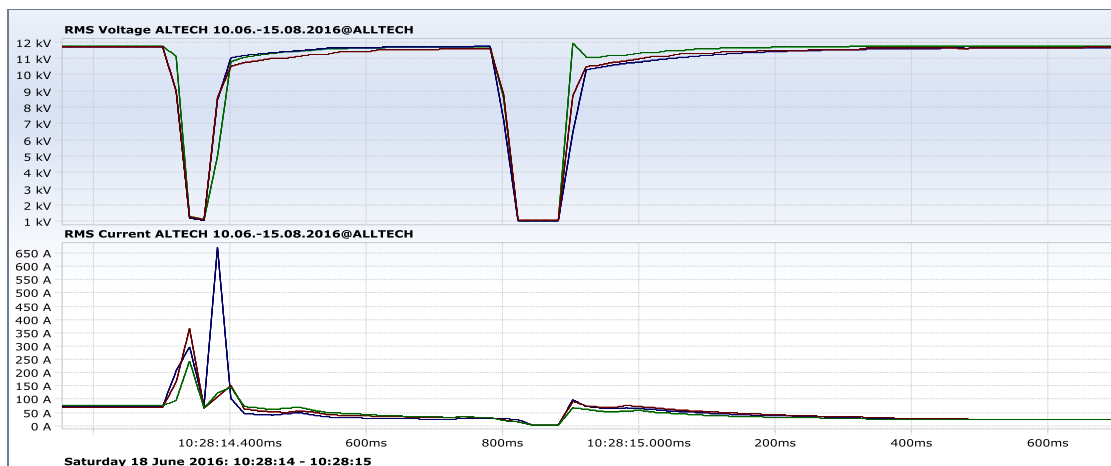
Slika 3. Zumiran propad napona registrovan u MBTS 20/0,4 kV „EnergoPET” u Krnješevcima

Propad napona se dogodio u 20:25 časova, dana 22.07.2014. godine. Uzrok propada napona je kvar na prenosnom dalekovodu 110 kV br. 104/6 (TS 110/20 kV „Indija” – TS 110/20 kV „Novi Sad 6”), kvar faze „4” i „8”,

zemljospoj, prvi stepen na oba kraja, prolazan kvar prouzrokovan je udarom groma. Kvar je galvanski udaljen od korisnika 31 km. Napon propada u fazi „8“ je 8,5 kV ili 27,6 % u fazi „4“ je 8,7 kV ili 26 %, trajanja 110 ms. Propad napona je prouzrokovao ispad tehnološkog procesa sa zastojem mašina, hlađenjem i očvrćavanjem plastike. Zastoj obično traje po nekoliko časova do dovođenja opreme na početnu poziciju. Trpe veliku štetu zbog zastoja.

KVAROVI NA DISTRIBUTIVNOM SISTEMU NAPONSKOG NIVOVA 10, 20 i 35 kV

Sedište fabrike „Altech” –Serbia” je u Senti, delatnost fabrike je proizvodnja pekarskog kvasca. Fabrika se napaja električnom energijom iz TS 110/20 kV „Senta2” preko tri kablovska 20 kV izvoda, „Melasa 1“, „Melasa 2“ i „Kudeljara“. Napajanje je radijalno, preko jednog od tri izvoda, ostala dva izvodi su rezerva i u praznom hodu. Monitoring kvaliteta električne energije je obavljen u tački primopredaje električne energije, odnosno na mernom mestu korisnika distributivnog sistema u RP 20 kV „Altech” – Serbia“ u Senti. Monitoring je trajao od 10.06.-15.08.2016. godine, odnosno 65 dana.



Slika 4. Zumiran 3f propad napona u „Altech“

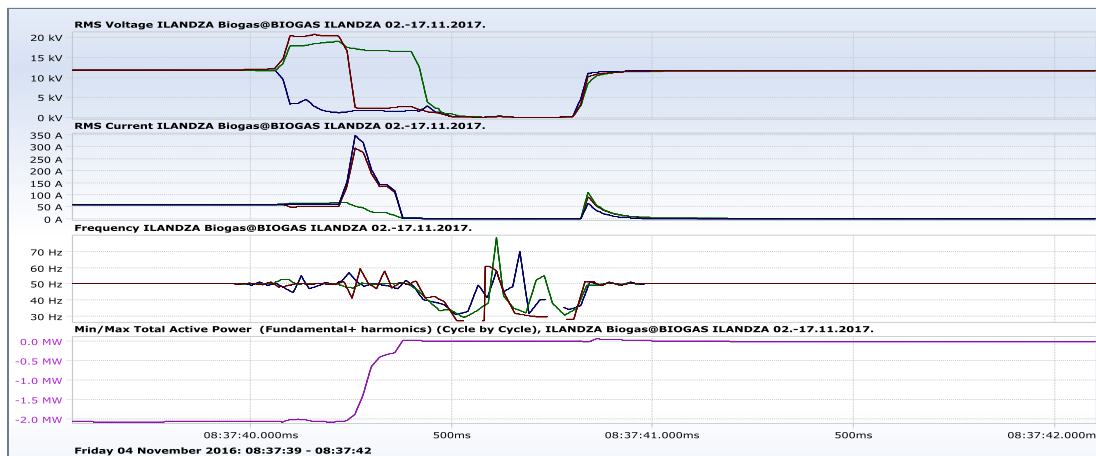
Propad je nastao 18.06.2016. godine u 10:28 časova. Propad napona u trenutku kvara: 1 kV, odnosno 90,5 % U_n , trajanja 70 ms. Propad je posledica kvara na izvodu 20 kV „Melasa 2“ koji napaja „Altech“ iz TS 110/20 kV „Senta 2“. Pobuđena je kratkospojna zaštita koja isključuje kvarza 60 ms, delovao je brzi APU u vremenu 400 ms, kvar nije eliminisan, definitivni ispad. Posle 3 min i 43 sec daljinski je uspešno uključen prekidač. Kvar je prouzrokovao ispad dela pogona. Opterećenje je opalo sa 75 A na 25 A, odnosno snaga je sa 2,62 MVA opala na 0,87 MVA.



Slika 5. Zumiran 3f propad napona u „Altech-Serbia“

Propad jenastao 14.07.2016. godine u 02:25 časova. Dubina propada napona u trenutku kvara iznosi 2 kV, odnosno 83,05 % Un, trajanja 90 ms. Događaj je registrovala SCADA u TS 110/20 kV „Senta 2“. Pobuđena je prekostrujna i kratkospojna zaštita na 20 kV izvodu „Livnica Čoka“. U vreme beznaponske pauze brzog APU u trajanju 400 ms kvar je eliminisan, brzi APU uspešan. Propad napona je uticao na pogon fabrike. Efektivna vrednost struje je opala sa 87 A na 50 A, odnosno ispala snaga je 1,3 MVA.

Propad (Slika 6.) je nastao dana 04.11.2016. godine u 08:37 časova. Uzrok propada napona je zemljospoj i kratak spoj na 20 kV izvodu „Seleuš“. Kvar je prouzrokovao propad napona u fazi u zemljospoju dubine 8 kV i prenapon u drugoj fazi 21 kV i trećoj 18 kV. Jednofazni kvar je trajao 195 ms odnosno 10 perioda, usledio je međufazni kvar koji traje 156 ms odnosno 8 perioda. Ukupno trajanje kvara je 347 ms. Delovao je brzi APU u vremenu 395 ms i uspešno eliminisao kvar. Kratak spoj sa zemljom prouzrokovao je strujni udar generatora tako da je struja ME sa 50 A porasla na 350 A. U beznaponskoj pauzi prisutno je naponsko stanje sa sniženim naponom koje potiče od akumulisane elektromagnetne energije u RP 20 kV ME. Proizvodnja ME u trenutku kvara je 2,1 MW. ME je bila van pogona 18 min do ponovnog sinhronizovanja sa mrežom.



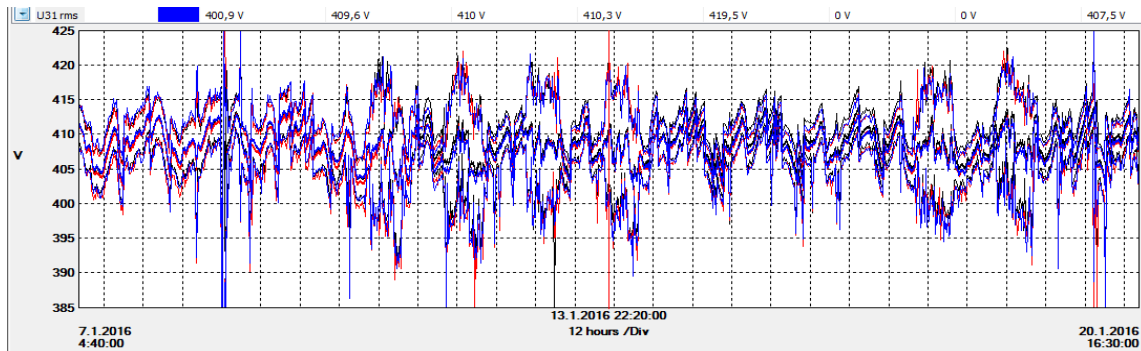
Slika 6. Zumiran propad napona u biogasnoj elektrani u Ilandži

UTICAJ KORISNIKA DISTRIBUTIVNOG SISTEMA NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE



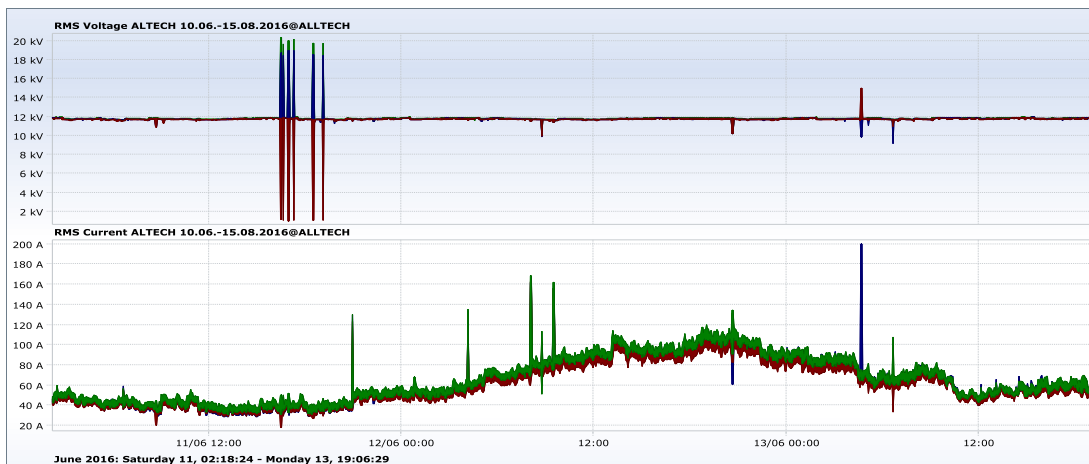
Slika 7. Propad napona – merno mesto „Uljara“ Šid

Kvar kabel glave u TS 110/20 kV „Uljara 1“ koji se dogodio 08.01.2016. godine u 22: 40 časova, prouzrokovao je propad napona faze pogođenoj kvarom, dubine 6 kV, odnosno 50%, trajanje propada je 500 ms. Zemljospojni prekidač je radio u vremenu od 150 ms, uzemljio fazu u kvaru u trajanju 150 ms, kvar nije eliminisan. Zemljospojna zaštita deluje nakon rada zemljospojnog prekidača za 200 ms i isključuje izvod. Napon u uljari ne opada naglo na nulu, rekuperativni rad elektromotora u trajanju od 560 ms, odnosno 28 perioda napon postepeno pada na nulu.



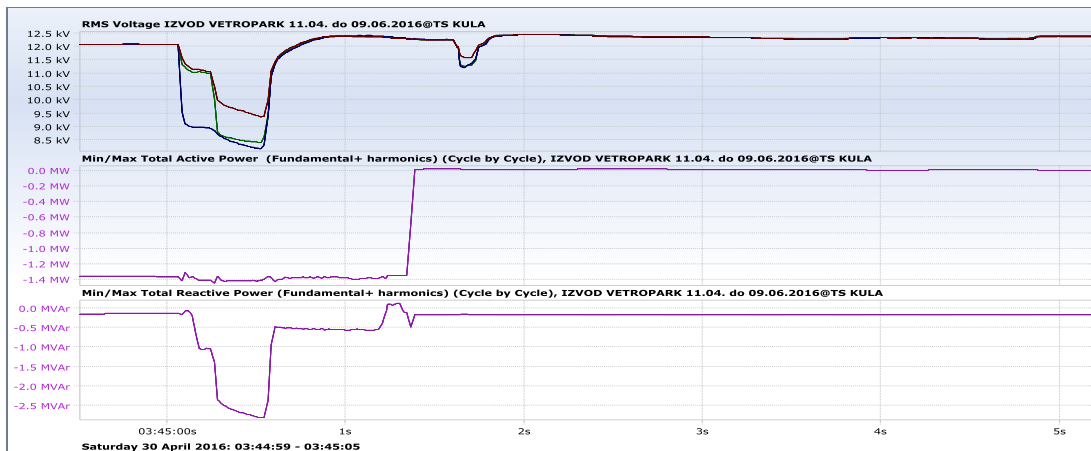
Slika 8. Fluktuacija napona 0.4 kV TS 20/0.4 kV Presaona – Uljara, Šid

Brze varijacije napona u opsegu $\pm 3\%$ nastale od elektrolučne pećtopionice „Sirmijum steel“ u Sr. Mitrovici.



Slika 9. U, I – „Altech Serbia“

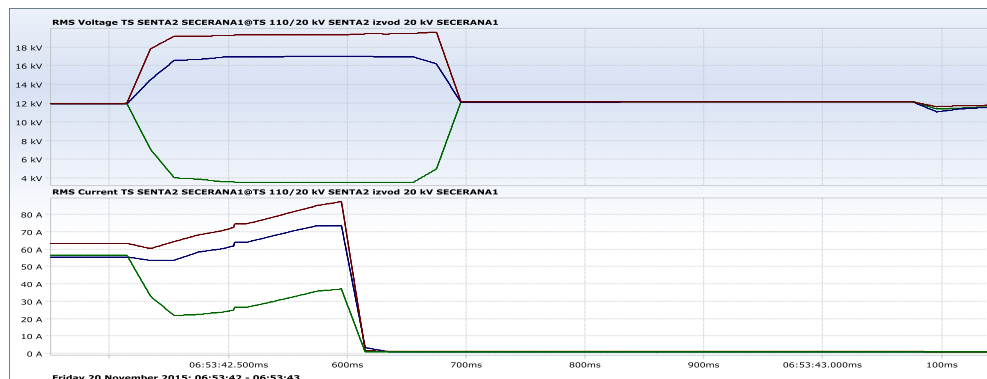
Fabrika “Altech” se napaja električnom energijom iz TS 110/20 kV „Senta 2”. Prikazan je period od nepuna tri dana, odnosno od 02 časa 11.06. do 17 časova 13.06.2016. godine. Na dijagramu se uočava više propada napona različite dubine. Prvi propad napona dubine oko 1 kV je posledica zemljospoja na 20 kV izvodu „Bogaraš” u TS 110/20 kV „Senta 1” koji se preslikao preko prenosne mreže, odnosno dalekovoda 1103/1 i transformacije 110/20 kV u TS „Senta 2”. Više propada napona dubine 11 kV su posledica kvara na 20 kV izvodu „Alveg”. Propadi su se dogodili 11.06.2016. u periodu od 16:11 časova do 18:50 časova. Propadi napona koji su se dogodili 12.06.2016. u 08:24 časova i 19:30 časova, dubine oko 2 kV, posledica su kvara na 20 kV izvodu „Halas Jožef” u TS 110/20 kV „Ada”. Propadi su se preneli preko prenosne mreže, odnosno dalekovoda 1103/2, delovala je izvodna zemljospojna i kratkospojna zaštita, prolazni kvar eliminisan brzim APU. Drugi propad napona je od kvara na 20 kV izvodu „Topart” u TS 110/20 kV „Senta 1”, delovala je zemljospojna zaštita, prolazni kvar eliminisan brzim APU. Dana 13.06.2016. godine dogodila su se dva propada napona, prvi u 04:45 časova dubine oko 2 kV i drugi u 06:17 časova dubine oko 3 kV, posledica su rezonancijenastale od viših harmonika od kompenzacije, frekventnih regulatora ili nelinearnih potrošača, kratkotrajni trostruki porast struje. Neposredno pre nastanka pojave, harmonijska distorzija struje THDI u jednoj fazi se kreće oko 8,2%, u drugoj fazi oko 10,1%, dok je u trećoj fazi zanemariva i iznosi 0,2%. Kada nastane rezonancija, THDI raste na 15% u trajanju 40 ms, zatim THDI opada na 3%, struja počinje da opada i nakon 800 ms proces se stabilizuje i nastavlja da se odvija kao pre nastanka pojave. Pik struje dovodi do propada napona od 0,3 kV odnosno 2,4%. Pojava se događa u jutarnjim ili noćnim satima. Korisnik distributivnog sistema generiše harmonike i „prlja” distributivnu mrežu višim harmonicima. Vrednost harmonika je iznad dozvoljenog nivoa, potrebna je eliminacija do propisane granice.



Slika 10. Propad, vetropark Kula

Propad napona i prelazna pojava prekida aktivne i reaktivne snage prilikom isključenja prekidača 20 kV izvoda „Vetropark” u vetroelektrani u Kuli dana 30.04.2016. godine u 03:45 časova. U trenutku isključenja vetroelektrana je generisala u distributivni sistem 1,4 MW i 0,17 MVar. U trenutku isključenja izvoda, propad napona u fazi „8” iznosi 3,85 kV ili 32,8% u fazi „4” 3,5 kV ili 29% i fazi „0” 2,5 kV ili 20,6%. Vreme isključenja prekidača iznosi 550 ms.

UZROKPROBLEMAJE SAM KORISNIK DS

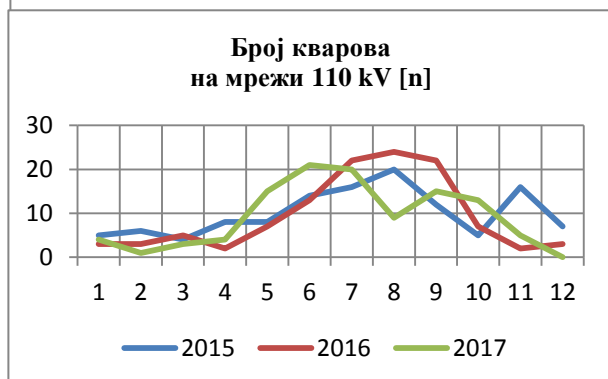
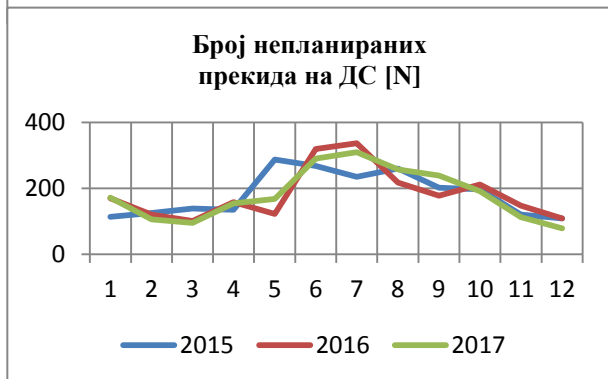
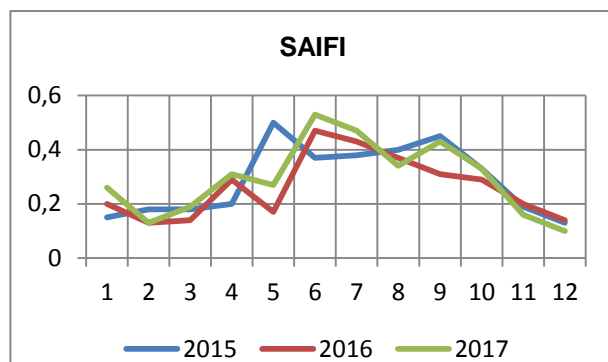
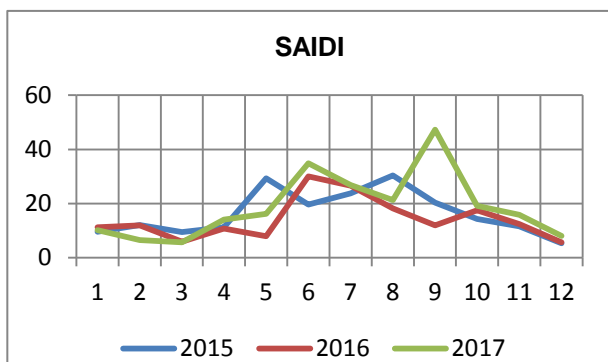


Slika 11. Propad – TS 110/20 kV „Senta”

Propad napona nastao 20.11.2015. godine u 06:53 časova, generisan je od kvara na 20 kV izvodu „Čoka” u TS 110/20 kV „Senta 2”. Dubina propada napona faze pogođene kvarom je 6,8 kV, vreme trajanja propada je 280 ms. Zemljospojni prekidač nije bio u funkciji. Napon druge dve faze je sa 12 kV porastao na 17 kV, odnosno 19,4 kV. Struja na izvodu je sa 60 A opala na 0 A, ispad izvoda u šećerani. Generator je u šećerani ostao u pogonu u ostrvskom režimu rada. Kvar na drugom izvodu nesmetajući na rad generatora u šećerani koji je odvojen od mreže. Potrošnja šećerane se podmiruje iz generatora iz mreže, ME je u paralelnom radu sa distributivnim sistemom. Loše podešene zaštite u šećerani, optužen ODS.

Tabela 1. Pokazatelji pouzdanosti SAIDI i SAIFI, neplanirani prekid na DS, broj kvarova na mreži 110 kV za 2015., 2016. i 2017. godinu

Месец	2015				2016				2017			
	SAIDI	SAIFI	Број непланираних прекида на ДС [N]	Број кварова на мрежи 110 kV [n]	SAIDI	SAIFI	Број непланираних прекида на ДС [N]	Број кварова на мрежи 110 kV [n]	SAIDI	SAIFI	Број непланираних прекида на ДС [N]	Број кварова на мрежи 110 kV [n]
јан	9,6	0,15	114	5	11,23	0,2	170	3	10,17	0,26	172	4
феб	12,08	0,18	126	6	11,96	0,13	121	3	6,52	0,13	106	1
мар	9,48	0,18	139	4	5,99	0,14	101	5	5,72	0,19	95	3
апр	11,26	0,2	135	8	10,77	0,29	159	2	14,1	0,31	155	4
мај	29,3	0,5	288	8	7,95	0,17	123	7	16,18	0,27	168	15
јун	19,66	0,37	268	14	30,01	0,47	320	13	34,83	0,53	291	21
јул	23,78	0,38	235	16	26,64	0,43	337	22	26,88	0,47	310	20
авг	30,34	0,4	260	20	18,25	0,37	218	24	21,31	0,34	258	9
сеп	20,34	0,45	202	12	12,01	0,31	178	22	47,33	0,43	239	15
окт	14,36	0,33	197	5	17,48	0,29	212	7	19,13	0,33	192	13
нов	11,62	0,19	121	16	12,41	0,2	148	2	15,88	0,16	113	5
дец	5,35	0,13	109	7	5,67	0,14	109	3	8,02	0,1	79	0
□	197,17	3,46	2194	121	170,37	3,14	2196	113	226,07	3,52	2178	110



ZAKLJUČAK

Žalbe korisnika distributivnog sistema upućuju se operatoru distributivnog sistema usmeno ili pismeno uglavnom nakon pretrpljene štete, nastale zbog problema sa kvalitetom električne energije. Nadležno lice korisnika DS se najčešće obraća direktoru distribucije usmeno ili pismeno. Direktor distribucije prosledi žalbu bivšoj Upravi Elektrovojvodine, odnosno Komisiji za kvalitet koja odradi merenje. Uvid u kvalitet električne energije se može jedino dobiti električnim merenjem. Teorijski nije moguće dobiti sliku stanja u distributivnom sistemu. Merenje se obavlja mrežnim analizatorima PQ. U zavisnosti od problematike, merni instrumenti se postavljaju od tačke prijema električne energije iz prenosnog sistema do korisnika na 0,4 kV. Kad je u pitanju industrijski korisnik na 20 kV mreži mrežni analizatori se postavljaju na dva mesta, mestu primopredaje odnosno mernom mestu i u TS 110/20 kV na 20 kV izvodu iz koje se korisnik snabdeva električnom energijom. Električna merenja su trofazna, indirektna preko SMT i NMT za visoki i srednji napon. Električna energija je specifična, nematerijalna roba predmet je trgovine, kvalitet je definisan standardom SRPS EN 50160. Neispravnu električnu energiju kupac nije u mogućnosti vratiti trgovcu odnosno snabdevaču od kojeg je kupuje kao što je slučaj sa drugom robom. Kupac ima pravo reklamacije neispravnosti. Međusobna prava i obaveze između snabdevača i kupca definisane su u ugovoru o isporuci električne energije. Snabdevač jedino meri kvantitet a kvalitet isporučene energije ne kontroliše. Odgovornost za kvalitet električne energije pripada operatoru prenosnog i distributivnog sistema. I jedan i drugi operator su vlasnici mreže, prenosnici električne energije, sa jedne strane primaju a sa druge strane je isporučuju. Systemske elektrane na prenosnoj mrežisu kvalitetni proizvođači, njihov rad se planira, prave se vozni redovi, pouzdane su iz njihovih generatora izlazi kvalitetna sinusna prostoperiodična električna energija. Rad distribuiranih izvora se ne planira, nemaju vozne redove, nepouzdanost su i nestabilne u radu sa čestim ulascima i izlascima iz pogona, kvalitet električne energije nije kao kod sistemskih elektrana, posebno kod vetro i solarnih elektrana koji naizmeničnu prostoperiodičnu struju dobijaju iz jednosmerne. Poseban problem pričinjava nestabilan rad distribuiranih izvora veće snage čiji česti ispadi prouzrokuju propade napona. Elektroenergetski sistem je redna, paralelna, galvanska i induktivna veza elemenata raspoređena prostorno. Priroda naizmenične struje i međusobna povezanost elemenata čine uzročnu posledičnu vezu prostiranja pojave po dubini i širini sistema. U elektroenergetskom sistemu je stalno prisutna interakcija sistema i korisnika, odnosno proizvođača i potrošača sistema. Svi korisnici elektroenergetskog sistema učestvuju u narušavanju pouzdanosti i kvaliteta električne energije. Naponski talas ako nije sinusoidalni sadži harmonike. Izobličen naponski talas nastaje od nelinearnih potrošača. Dinamički posmatrano rad mreže se može uslovno podeliti na dva stanja, aktivno i pasivno stanje. Pasivnom stanju odgovara miran period od prvog oktobra do 31. marta i aktivnom stanju odgovara period od 1. aprila do 30. septembra. Pasivno stanje karakteriše mali broj isključenja, mali broj radova na mreži, mali broj kvarova. Aktivnom stanju, česta isključenja, česti ili stalni radovi, česte promene konfiguracije velik broj kvarova. Pokazatelj pouzdanosti za distributivni sistem, SAIDI i SAIFI za zimski šestomesečni period iznose $\approx 1/3$ godišnje vrednosti, odnosno za letnji šestomesečni period SAIDI i SAIFI iznosi $\approx 2/3$ godišnje vrednosti. Što se tiče neplaniranih prekida, u zimskom periodu njihov procenat je 36,9 % a u letnjem 63,1%. Operator distributivnog sistema na području Vojvodine je vlasnik 90% distributivne mreže od koje je 78% nadzemna i 22% kablovska. Većinu žalbi korisnika distributivnog sistema se upućuju letnjem periodu april-septembar, period sa najviše kvarova i prekida, što potvrđuje tabela 1. odnosno slika 12. Dominantna je nadzemna mreža koja je izložena čestim jednofaznim kvarovima. Distributivna 20 kV mreža radi uzemljena preko metalnog otpornika od 40Ω sa ograničenom strujom zemljospoja od 300 A. Operator distributivnog sistema da bi izbegao prekide kod eliminacije kvarova na nadzemnoj mreži 20 kV, problem prekida je rešio zemljospojnim prekidačem koji uzemljuje fazu u kvaru, obara napon na nulu, gasi električni luk, sistem radi na dve faze, korisnik na niskom naponu ovo stanje ni ne primećuje zahvaljujući spregi transformacije Δy prenosnog odnosa 20/0,4 kV. Zemljospojnim prekidačem smo uspeli eliminisati 80 % kvarova. Kvarove koje nije eliminisao zemljospojni prekidač eliminiše zemljospojna zaštita tropskim isključenjem u trajanju od 300 ms 3 min, vreme brzog i sporog APU. Prekid u zavisnosti od tehnološkog procesa zna da pričinjava ozbiljan problem, procenat ovakvih kvarova je 15% od ukupnog broja kvarova. Ozbiljan problem su međufazni kvarovi u distributivnom sistemu, generišu dubok propad napona dve ili tri faze, eliminišu tropskim isključenjem kratkospojnom zaštitom sa beznaponskom pauzom brzog ili sporog APU. Kvarove na kablovskim izvodima eliminiše zemljospojna i kratkospojna zaštita sa definitivnim tropskim isključenjem. Procenat međufaznih kvarova je 4-5% od ukupnog broja kvarova. Procena je da je godišnji broj kvarova na distributivnoj mreži Vojvodine 55500 sa 770 izvoda što je 72 po izvodu. Broj propada je veći od broja kvarova i procena je da iznosi 90000. U letnjem periodu se dogodi $\approx 2/3$ kvarova što je dvostruko veća frekvencija nego zimi. Na pojedinim izvodima u toku dana se dogodi 5-10 kvarova što je ozbiljan problem. Takvo stanje ponekad potraje nekoliko dana. Postoje područja gde ovi problemi uopšte ne postoje kao što su gradovi sa kablovskom mrežom. Propadi napona nisu samo od kvarova na distributivnoj mreži, već oni potiču od kvarova na prenosnoj mreži, tuđoj mreži, tuđim objektima, od kvarova pričinjenih od trećih lica našim objektima, od više sile, itd. Najveće probleme

elektroenergetskom sistemu stvara nevreme i atmosferska pražnjenja. Iskustveno nam je poznato da jednofazni propadi dubine do 15 % ne priličinjavaju problem. Dublji propadi, dvofazni i trofazni priličinjavaju problem. Prenosni i distributivni sistem tokom godine radi u različitoj konfiguraciji, bez pojedinih čvorova i grana. Promene konfiguracije su posledica radova na EES, izgradnje i proširenja mreže. Svaka nagla promena impedanse u električnoj mreži, kvar, isključenje ili uključenje dovodi do propada napona. Tačka razgraničenja distributivnog sistema od prenosnog sistema je TS 110/x kV. Na distributivnom sistemu na srednjem naponu na području Vojvodine priključeno je 1800 korisnika. Daleko češći poremećaji od prekida napajanja su propadi napona, oni kod osetljive opreme kao što je PLC dovode do zastoja i prekida rada.

Na prenosnoj mreži Vojvodine naponskog nivoa 110 kV u zimskom periodu oktobar-mart dogodi se u proseku $\approx 1/4$ kvarova, u letnjem periodu april-septembar se dogodi $\approx 3/4$ kvarova godišnjeg broja. Prenosna mreža radi u režimu direktno uzemljena. Propadi napona nastali od kvarova u prenosnom sistemu zahvataju veće područje prostiranja zbog veće snage kratkog spoja. Karakteristike kvara su velike struje i snage kratkog spoja, koje stvaraju duboke propade napona koji se prenose na distributivni sistem preko sprege transformatora Yy prenosnog odnosa 110/x kV. Trajanja propada zavisi od brzine eliminacije kvara koja je od 100 do 400 ms. Najveći broj kvarova je trajanja 100 ms. Broj dalekovoda 110 kV na području Vojvodine je 114, ukupne dužine 1930 km odnosno prosečne dužine 17 km. Prosečan godišnji broj kvarova u poslednje tri godine je 114, u proseku jedan kvar po dalekovodu. U poslednje tri godine prosek uspešnih APU na mreži 110 kV iznosi 82,5 %, neuspešnih 11,5% i trajnih kvarova 6 %. Jednofaznih kvarova je 95,5 %, dvofaznih 3,5 % i trofaznih 1%. Neravnomerno je događanje kvarova na dalekovodima, u proseku kvarovi se događaju na 45 dalekovoda ili 40 % dalekovoda sa ravnomernom zastupljenošću faza. Na 12 dalekovoda ili 11 % ukupnog broja dalekovoda, dogodi se preko 50 % kvarova, od 3 do 10 kvarova po dalekovodu. Najveći broj kvarova je na području severa i istoka pokrajine, zona koju najčešće zahvata nevreme.

LITERATURA

1. Nacionalni standard SRPS EN 50160:2012