

Dragan Mučić
HEP-ODS d.o.o. Elektrodalmacija Split
dragan.mucic@hep.hr

Irena Šagovac
HEP-ODS d.o.o. Elektra Zagreb
irena.sagovac@hep.hr

Ana Tomasović Teklić
Končar – Institut za elektrotehniku d.d.
at.teklic@koncar-institut.hr

KONCEPT MARKIRANJA (FLAGGING)

SAŽETAK

U slučaju da tijekom mjerenja kvalitete električne energije dođe do naponskog događaja (propada, prekida ili prenapona) vjerojatno će mjerenja pojedinih parametara, kao što su flikeri, frekvencija ili harmonici, biti izvan tolerancije. Da li te rezultate uzimati u obzir za statističku procjenu, budući su njihova odstupanja uzrokovana drugim parametrom?

Neki stručnjaci smatraju da norme poput EN 50160 moraju biti zadovoljene bez obzira na poremećaje. S druge strane, prilikom analize negativnog utjecaja novopriključenog postrojenja, koje se provodi po principu usporedbe mjerenja prije i nakon priključenja, prevladava mišljenje da se trebaju eliminirati podaci koji su uzrokovani propadima napona i sličnim smetnjama.

Koncept markiranja (flagging) onemogućuje da se i jedan takav događaj uključuje u statistiku raznih parametara. Mjerni rezultati svih parametara za taj se period markiraju, te tako označavaju kao nepouzdana za analize, no kako ovo markiranje prikazati i koristiti s ostalim podacima ostaje otvoreno i nije definirano normama.

Ključne riječi: koncept markiranja, naponski događaji, statistička obrada

FLAGGING CONCEPT

SUMMARY

If during power quality monitoring a voltage event occurs (dip, swell, interruption), values of some parameters such as flickers, frequency or harmonics could cross tolerance levels. Should those values be used for statistical evaluation, if they are caused by other parameters?

Some experts think that demands made by normative documents such as EN 50160 must be met at all times regardless of disturbances. On the other hand, when analyzing the influence of a newly connected customer based on comparison of measuring results before and after the customer is connected to the network, general opinion is that data caused by voltage disturbances (dips, swells, etc.) should be not be used.

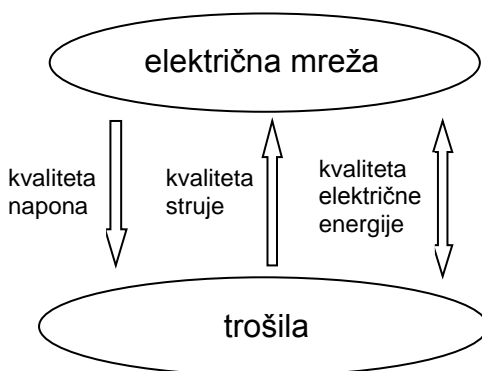
Flagging concept makes it possible to exclude such data from statistical analysis. All measuring data from the same aggregation period is flagged, and as such marked unreliable for analysis. But how to represent flagging and use it with rest of the data remains unclear and is not defined by norms.

Key words: flagging concept, voltage disturbance, statistical evaluation

1. UVOD

Za kvalitetu električne energije (KEE) u nekoj točki mreže odgovorni su i distributer električne energije i korisnik mreže. Održavanje određene razine kvalitete napona u nekoj točki mreže u prvom redu je obveza operatora distribucijskog sustava.

Parametri kvalitete električne energije su u većoj mjeri definirani u HRN EN 50160 [1]. Distributer električne energije ovaj zadatak izvršava ograničavanjem negativnog povratnog djelovanja trošila na mrežu. Svaki korisnik mreže je dužan negativna povratna djelovanja svojih trošila (injektiranje viših harmonika, uzimanje jalove snage, emisija flikera i nesimetrije opterećenja) svesti na propisane granične vrijednosti iz „Mrežnih pravila elektroenergetskog sustava“ [2] u kojima su određene granice negativnog povratnog djelovanja na mrežu. Odgovarajuće mjerne metode i tumačenje rezultata mjerenja parametara kvalitete električne energije u energetske sustavima izmjeničnog napona su definirani u IEC 61000-4-30 [3]. Koncept održavanja kvalitete električne energije prikazan je na slici 1.



Slika 1. Koncept kvalitete električne energije

Mjerenja u energetske mreži mogu se podijeliti u različite kategorije ovisno o svrsi. Najčešće se radi o mjerenju snage i energije (obračunsko mjerenje), zatim mjerenjima za otkrivanje poremećaja, statističkim mjerenjima u električnoj mreži (broj propada, prenapona, prekida napajanja), mjerenjima prema raznim standardima (EN 50160 itd.) i mjerenjima u svrhu dobivanja podataka potrebnih za projektiranje energetske komponente poput transformatora, kondenzatorskih baterija, filtera itd.

Različite kategorije mjerenja zahtijevaju različite instrumente. S porastom potreba za mjerenjem KEE raste i potreba za standardizacijom. Standard IEC 61000-4-30 definira mjerne metode i tumačenje rezultata mjerenja parametara KEE i važan je za korisnike i za proizvođače instrumenata.

Može se dogoditi da rezultati mjerenja prikazuju odstupanje vrijednosti nekog parametra, a uzrok čega je neki drugi parametar. Stručnjaci su postavili pitanje: ako se dogodi naponski propad, prekid ili prenapon, vjerojatnost je da će mjerenja statičkih parametara kao npr. frekvencije ili harmonika biti izvan tolerancije. Da li takve rezultate uzimati u obzir, budući su uzrokovani drugim parametrom?

2. VAŽEĆE NORME I PRAVILA

2.1. HRN EN 50160

U ovoj normi su definirani osnovni pojmovi i značajke napona u javnim razdjelnim mrežama niskog i srednjeg napona pri normalnim pogonskim uvjetima čije su vrijednosti prikazane u tablici 1.

U normi se navode granice, odnosno vrijednosti unutar kojih se, kod bilo kojeg potrošača, očekuje održavanje značajki napona (frekvencija, flikeri, nesimetrija, harmonici).

Tablica 1. Granične vrijednosti parametara kvalitete napona prema normi HRN EN 50160:2012

Parametar	Granične vrijednosti		Mjerni i vrijednosni parametri			
	NN	SN	Osnovna veličina	Interval usrednjavanja	Promatrano razdoblje	Granice (%)
Frekvencija	49,5 do 50,5 Hz 47 – 52 Hz		Prosječna vrijednost	10 s	1 godina	99,5 100
Spore promjene napona	$U_n \pm 10\%$ $U_n +10/-15\%$	$U_n \pm 10\%$ $U_n \pm 15\%$	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	95 100
Flikeri	$Plt \leq 1$		Algoritam flikera	2 h	1 tjedan	95
Nesimetrija napona	$< 2\%$		Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	95
Viši harmonici napona	THD $\leq 8\%$ (tablica do 40. harm.)		Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	95
Signalni napon	do 500 Hz: $\leq 9\%$ 1-10 kHz: $\leq 5\%$		Efektivna vrijednost	3 s	1 dan	99

2.2. Mrežna pravila elektroenergetskog sustava

Mrežnim pravilima određene su granice vrijednosti parametara kvalitete napona i granice negativnog povratnog djelovanja na mrežu prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Granične vrijednosti parametara kvalitete napona za postrojenja niskog napona (0,4 kV)

Parametar	Granične vrijednosti	Napomena
Odstupanje frekvencije	49,95 do 50,05 Hz	Normalni pogonski uvjeti
Odstupanje napona	$U_n \pm 10\%$	95 % prosjeka tijekom tjedan dana
	$U_n +10\% / -15\%$	100 % prosjeka tijekom tjedan dana
Ukupno harmonijsko izobličenje – THD	$\leq 2,5\%^*$	(*) vrijednosti se odnose na doprinos priključenjem korisnika
Indeks jačine flikera	$Pst \leq 0,7^*$	
	$Plt \leq 0,5^*$	
Nesimetrija napona	$\leq 1,3\% U_n^*$	

2.3. IEC 61000-4-30

Pri pojavi potrebe za mjerenjem kvalitete električne energije, prvo pitanje koje se postavlja je kojim instrumentom vršiti mjerenja. Norma IEC 61000-4-30 definira mjerne metode za mjerenje i interpretaciju mjerenja kvalitete električne energije u izmjeničnim elektroenergetskim mrežama nazivne frekvencije 50/60 Hz, te definira klase instrumenata za tu namjenu: klasu A namijenjenu za mjerenja u ugovornim primjenama i klasu S za mjerenja u statističkim primjenama gdje nema ugovorne obaveze.

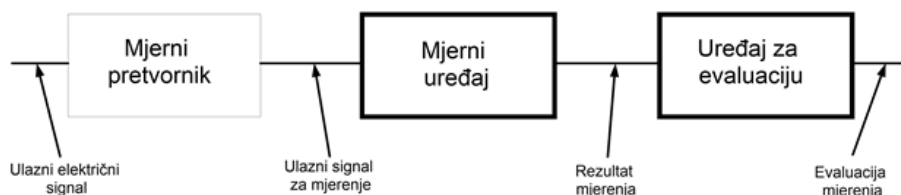
Metode mjerenja i interpretacije rezultata svih parametara po kojima se definira kvaliteta električne energije je potrebno definirati, kako bi se njihovim korištenjem dobili pouzdani, ponovljivi i usporedivi rezultati, bez obzira na to koji se tip instrumenta koristi. Npr. za instrumente klase A mjerena mora biti RMS vrijednost u osnovnom intervalu od 200 ms. Svaki slijedeći osnovni interval mora biti bez prekida i preklapanja. Unutar definiranog područja utjecajnih veličina, mjerna nesigurnost ne smije biti veća od $\pm 0,1\%$ od mjernog opsega.

Ukoliko instrument mjeri i struje, postavljaju se zahtjevi i na mjerenje strujnih parametara. Ako se mjeri kvaliteta električne energije, mjerenje struje je uvijek korisno, posebno kod određivanja uzroka događaja kao što su naponski propadi, prekidi i nesimetrija. Strujni valni oblici vrlo su važni ako se snimaju karakteristike zaleta motora ili uključivanja transformatora. Također, strujni harmonici omogućavaju definiranje priključenog tereta.

Postoje mnogi akreditirani laboratoriji, ali su oni certificirani za mjernu nesigurnost parametara kao što su napon, struja, snaga i energija. Ispitujući prema ovoj normi, ne testiraju se samo mjerne nesigurnosti nego i mjerne metode. Ako tražite na tržištu uređaje koji su sukladni ovom standardu, naći ćete na mnoštvo izjava i tehničkih specifikacija koje nisu u skladu s ovom normom. U tom slučaju se teško odlučiti koji je instrument stvarno klase A. [4]

2.4. Definiranje mjernog sustava

Norma IEC 61000-4-30 definira na koji se zapravo mjerni sustav odnosi. Mjerenje električnih parametara može biti direktno na niskom naponu, s tim da i tada postoje mjerni pretvornici u samom uređaju. Ali na visokom naponu uvijek postoje mjerni pretvornici, te je osnovno pitanje što sa njima? Oni jesu u mjernom lancu i direktno utječu na rezultat mjerenja, a s druge strane, nisu pod kontrolom instrumenta, dijelom i iz sigurnosnih razloga. Kompletni mjerni sustav prikazan je na slici 2.



Slika 2. Koncept mjernog sustava

Mjerni sustav koji obuhvaća ova norma sačinjava modul mjerenja i modul za obradu. Iz gore navedenih razloga mjerni pretvornici nisu uključeni, što znači da proizvođač može deklarirati sukladnost s ovom normom uzimajući u obzir samo mjerni sustav nakon ulaznih priključaka u mjerni uređaj.

3. KONCEPT MARKIRANJA (FLAGGING)

Moguće je da neki od izmjerenih parametara imaju nevjerodostojne iznose za neki parametar, a uzrokovani su promjenom nekog drugog parametra. Postavlja se pitanje: ako naponski propad, prekid ili prenapon uzrokuju skok vrijednosti mjerenja statičkih parametara, kao npr. frekvencije ili harmonika, izvan granica tolerancije, da li ih uzimati u obzir u svrhu analize, budući su uzrokovani drugim parametrom?

Koncept markiranja (flagging) sprečava da se i jedan takav događaj uključuje u statistiku raznih parametara. Mjerni rezultati svih parametara za taj se združeni period markiraju, te tako označavaju kao nepouzdati za analize. Pragove za propade, prenapone i prekide određuje korisnik, pa će tako on neposredno određivati i koji podaci će biti markirani. Ovaj koncept se primjenjuje na mjerne rezultate frekvencije, napona, flikera, nesimetrije, harmonika i međuharmonika, signalnih napona te +/- naponske otklone.

Ako je za vrijeme danog vremenskog intervala samo jedna vrijednost markirana, zbirna vrijednost za čitavi period će također biti markirana. Kako ovo markiranje prikazati i koristiti s ostalim podacima ostaje otvoreno i nije definirano normama.

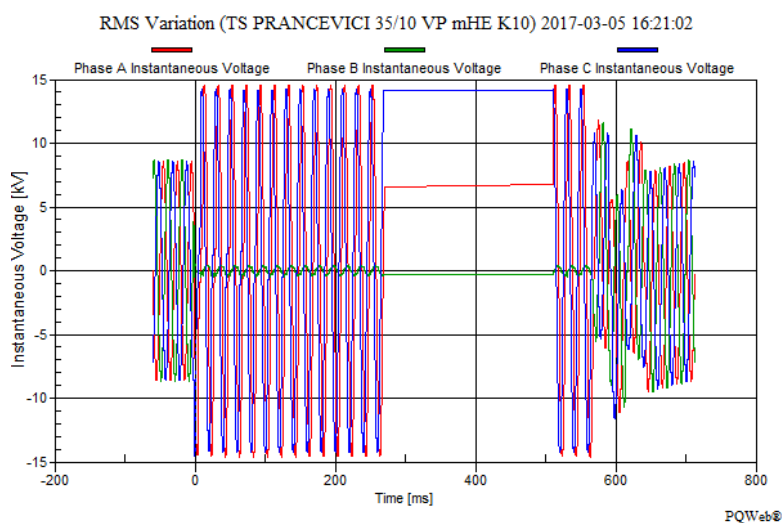
3.1. Primjer iz prakse

Kao primjer iz prakse prikazuje se 7-dnevno mjerenje parametara kvalitete električne energije na maloj HE „Prančević“ u razdoblju od 26. 02. do 05. 03. 2017. g. U mjerenom periodu registrirana su 52 događaja. Dio ih je prikazan u tablici 3. Za svaki događaj iz tablice dostupni su oscilogrami napona i struja pomoću kojih se mogu analizirati snimljeni propadi napona ili neke druge RMS promjene.

Tablica 3. Popis naponskih događaja

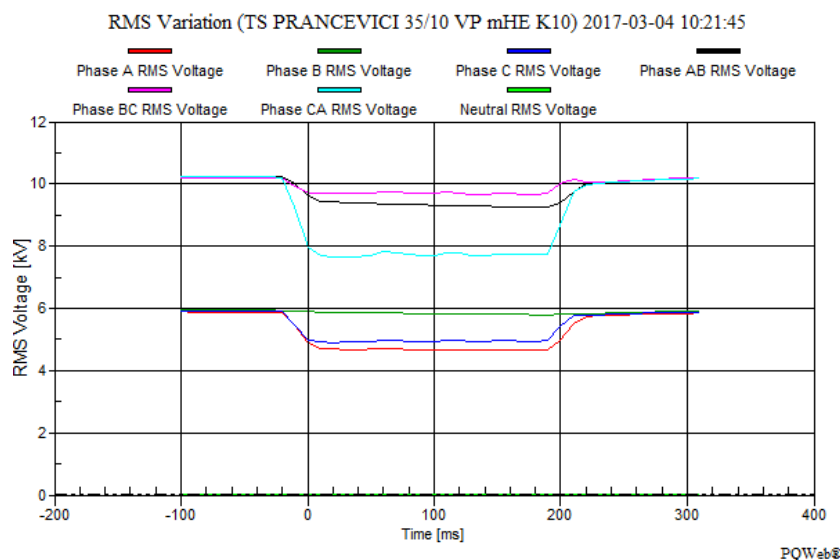
.Site Name	Time Stamp	Event Type	Voltage Magnitude
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-05 16:21:23.921	RMS Variation	94.79%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-05 16:21:03.311	RMS Variation	201.91%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-05 16:21:02.321	RMS Variation	4.38%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-04 13:42:42.538	RMS Variation	81.17%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-04 13:42:42.328	RMS Variation	81.17%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-04 13:42:40.669	RMS Variation	82.25%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-04 12:39:14.307	RMS Variation	104.46%
TS PRANCEVICI 35/10 VP mHE K10	2017-03-04 12:36:14.533	RMS Variation	81.38%

U nastavku na su prikazana dva karakteristična događaja koja su uobičajena u distribucijskoj mreži. Na slici 3 prikazan je oscilogram napona prilikom dozemnog spoja u 10 kV mreži, iz kojeg je vidljivo da dva fazna napona rastu do linijskih vrijednosti, a napon treće faze pada na nulu.



Slika 3. Oscilogram napona pri dozemnom spoju u distribucijskoj SN mreži

Na slici 4 je prikazan propad napona koji je uzrokovan kvarom u prijenosnoj 110 kV mreži koji je korigiran proradom jednofaznog APU uređaja. Općenito, vrijeme prorade zaštitnih uređaja u prijenosnoj mreži je od 50 do 200 ms, a u distribucijskoj mreži od 0,5 s do preko 1 s što može pomoći pri analizi uzroka propada napona (kvar u prijenosnoj ili distribucijskoj mreži).



Slika 4. Efektivne vrijednosti propada napona uzrokovanog 1p kvarom u prijenosnoj mreži

Analizom izvješća o mjerenju kvalitete električne energije za mHE „Prančevići“ može se primjetiti da razina izmjerenih flikera ne zadovoljava dozvoljene granice - prema normi HRN EN 5160 iznos dugotrajnih flikera mora biti $Plt < 1$.

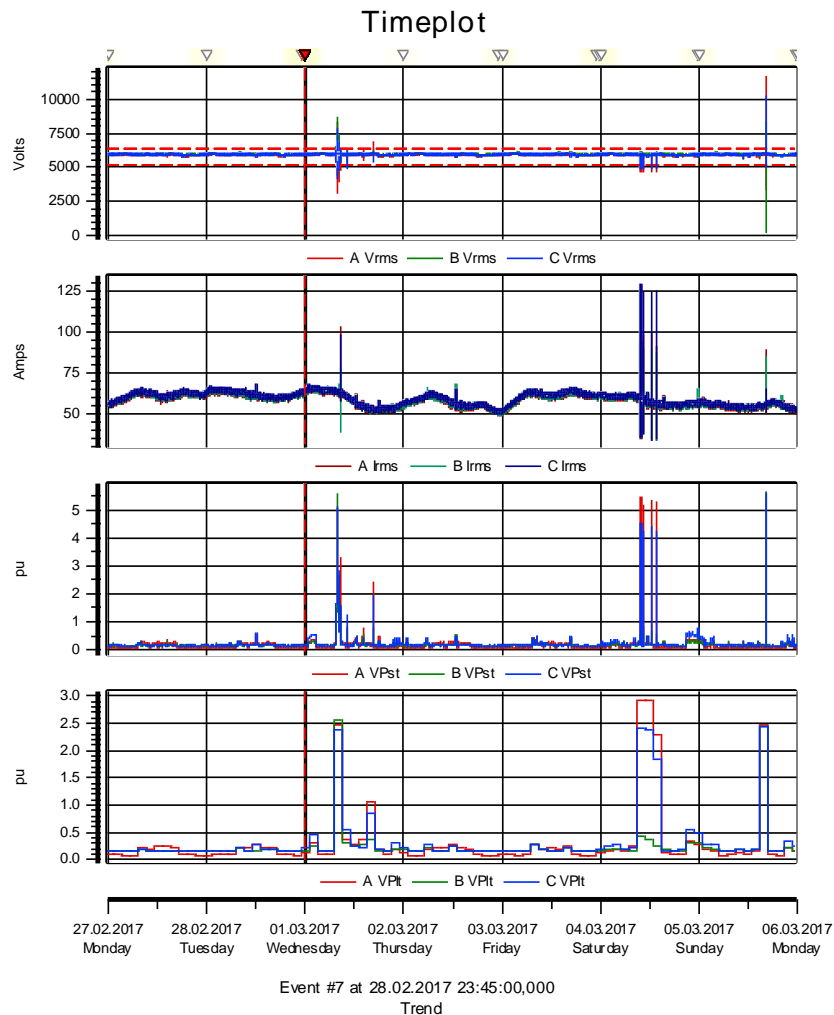
Za analizu izmjerenih podataka korištena je originalna programska podrška mjernog uređaja koja je dala rezultate prikazane u tablici 4.

Tablica 4. Izvještaj o sukladnosti flikera prema EN 50160

Mjerno mjesto: TS PRANCEVICI_10kV VP mHE K10 , Week #1 (27.02.2017 00:00:00,0 to 06.03.2017 00:00:00,0)

Flicker	Range	Threshold	CHA	CHB	CHC	FAILED
	<1	95.0%	92.8%	97.6%	94.0%	FAILED

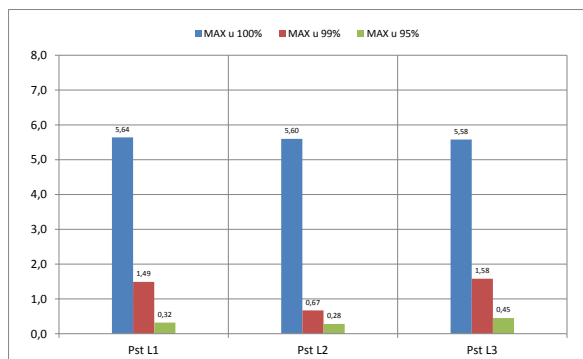
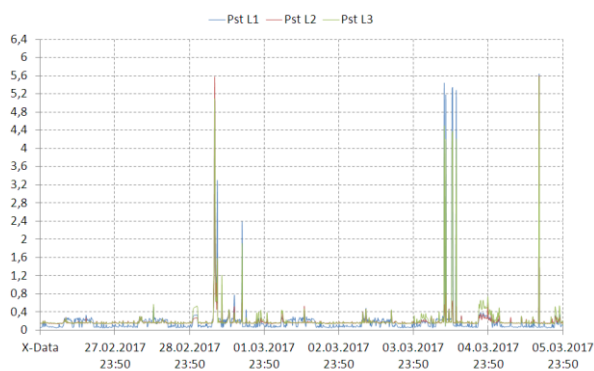
Ostali parametri su bili u dozvoljenim granicama. S obzirom na relativno veliki broj od 52 poremećaja napona i nezadovoljavajući rezultat za flikere, analizirana je međusobna ovisnost poremećaja napona s dijagramima struja i flikera. Kao što je prikazano na slici 5, vidljiva je direktna povezanost zabilježenih propada napona s povećanim vrijednostima flikera.



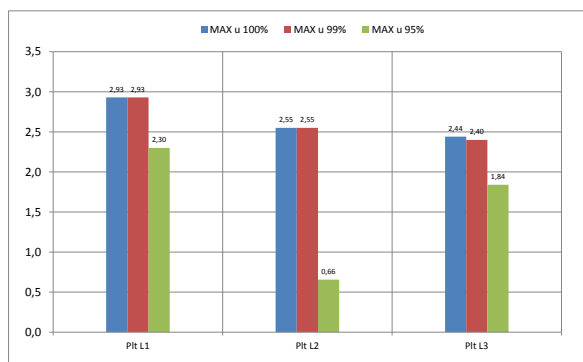
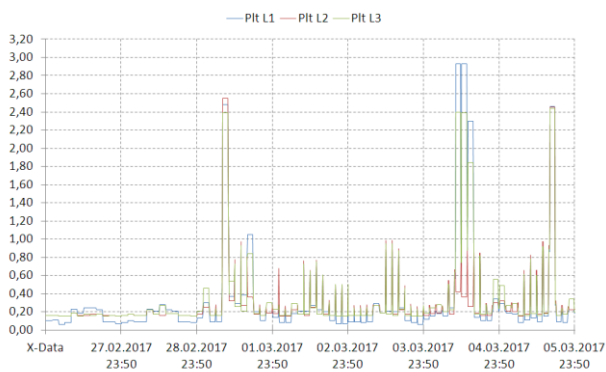
Slika 5. Međusobna ovisnost poremećaja napona s dijagramima struja i flikera

Uzimajući u obzir normu IEC 61000-4-30 i koncept markiranja, potrebno je izuzeti snimljene podatke koji definiraju flikere u periodima u kojima su se dogodili poremećaji napona. S obzirom da originalni softver nema mogućnost analize prema konceptu markiranja, to se pokušalo ručno napraviti.

Prvi korak je bio izvlačenje snimljenih podataka u MS Excel, te kreiranje odgovarajućih dijagrama. Kao što je na slikama 6 i 7 prikazano, značajne razine flikera uvjetovane brojnim propadima napona prelaze dozvoljenu granicu prema EN 50160 ($Plt > 1$).

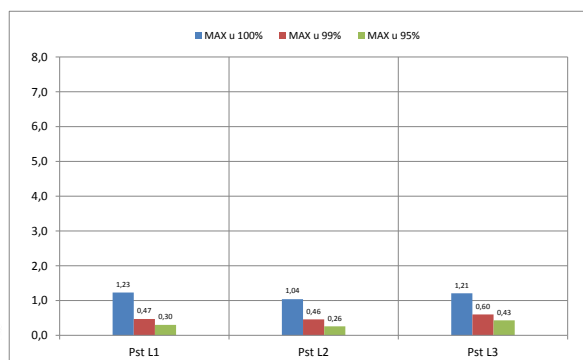
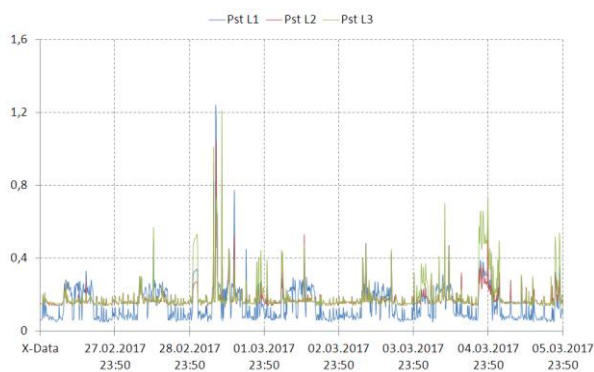


Slika 6. Dijagram kratkotrajnih flikera s odgovarajućom statistikom prije markiranja

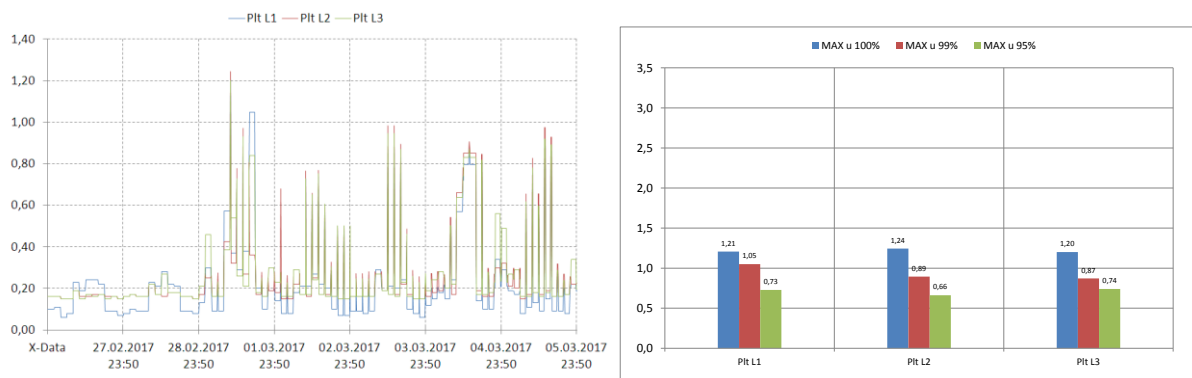


Slika 7. Dijagram dugotrajnih flikera s odgovarajućom statistikom prije markiranja

Nakon ručno izbrisanih zapisa flikera koji su posljedica poremećaja napona dobiveni su bitno drugačiji rezultati koji su u skladu s граниčnim vrijednostima dozvoljenima normom EN 50160 (slika 8 i 9).



Slika 8. Dijagram kratkotrajnih flikera s odgovarajućom statistikom nakon markiranja



Slika 9. Dijagram dugotrajnih flikera s odgovarajućom statistikom nakon markiranja

Kako ubuduće provoditi analize i statističku obradu podataka u slučajevima kada se tijekom mjerenja dogodio neki naponski poremećaj je predmet za raspravu.

4. ZAKLJUČAK

Naponski poremećaji do kojih može doći tijekom mjerenja KEE mogu uzrokovati nemjerodavne vrijednosti nekih statičkih parametara (flikera, frekvencije, viših harmonika i sl.) koji se koriste za statističku obradu. Mjerne intervale u kojima je došlo do naponskog poremećaja je moguće isključiti iz statističke obrade koristeći koncept markiranja (flagging), što baš i nije u skladu s fiziozofijom IEC 61000-4-30 po kojoj bi sva mjerenja trebala biti uniformna. Naime, u normi se navodi da mjerni algoritam može period označiti i isključiti iz analize. To isključenje tijekom obrade je svojevoljno, pa se tako rezultati analize mijenjaju ovisno o markiranju.

Stoga je iznimno važno primijeniti dobru inženjersku praksu kako rezultati mjerenja ne bi doveli u zabludu onoga kojem su namijenjeni.

5. LITERATURA

- [1] HRN EN 50160:2012 "Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems"
- [2] „Mrežna pravila elektroenergetskog sustava", Narodne novine 36/2006
- [3] IEC 61000-4-30:2015, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods
- [4] I. Vlahović, „Važnost usklađenosti analizatora kvalitete električne energije sa trećim izdanjem norme IEC 61000-3-40“, CIRED, Osijek, 15.-18. svibnja 2016. g.