

Mjerenje parametara kvalitete električne energije i analiza sukladno Mrežnim pravilima prijenosnog sustava

Beretić, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:621666>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

STRUČNI STUDIJ

**MJERENJE PARAMETARA KVALITETE ELEKTRIČNE
ENERGIJE I ANALIZA SUKLADNO MREŽNIM
PRAVILIMA PRIJENOSNOG SUSTAVA**

Završni rad

Mario Beretić

Osijek, 2019.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Teorijski uvod | 2 |
| 2.1. Parametri kvalitete električne energije | 2 |
| 2.2. Zakonska regulativa vezana za parametre kvalitete | 3 |
| 3. Praktični primjer | 5 |
| 3.1. Mjerna metoda i oprema | 5 |
| 3.2. Rezultati mjerenja i analiza rezultata | 9 |
| 3.3. Primjer izvješća o mjerenju parametara kvalitete električne energije | 11 |
| 4. Zaključak | 14 |
| 5. Literatura | 15 |
| 6. Sažetak | 16 |
| 7. Životopis..... | 17 |

1. Uvod

Osnovna zadaća elektroenergetskog sustava je isporuka dovoljne količine električne energije u određenom trenutku na određeno mjesto. U današnje vrijeme postoji još nekoliko zadataka, a jedan od njih je očuvanje parametara kvalitete električne energije u skladu s propisanim tehničkim i zakonskim granicama. Prijenosna mreža možda je i najvažniji segment u elektroenergetskom sustavu za rješavanje ovog zadatka. Sve elektrane spojene su na istu prienosnu mrežu pomoću koje se električna energija prenosi i u distribucijsku mrežu. Zbog toga što je otvorena izložena je poremećajima i kvarovima. Zbog toga parametri kvalitete električne energije prate se pomoću posebnih trajno spojenih uređaja koji služe za snimanje tih veličina. Takvi uređaji se najčešće spajaju na sučelje prienosne i distribucijske mreže kao jedno od ključnih mjesta prienosne mreže. Osim trajno spojenih uređaja koriste se i prenosivi uređaji za izvanredna mjerenja.

2. Teorijski uvod

2.1. Parametri kvalitete električne energije

Analiza kvalitete električne energije se vrši za navedene parametre:

- mrežna frekvencija
- nazivni napon
- promjene napona
- treperenje napona
- propadi napona
- flikeri
- privremeni mrežni prenaponi
- impulsni prenaponi
- nesimetrija napona
- naponi viših harmonika
- naponi međuharmonika
- signalni naponi [1].

Električni napon U je razlika električnih potencijala između dvije točke električnog polja. Mjerna jedinica je volt [V]. Nazivni naponi postrojenja u Hrvatskoj su 10kV, 20kV i 35kV za srednjenaponska postrojenja i 110kV, 220kV, i 400kV za visokonaponska postrojenja. Za analizu parametara bitna nam je efektivna vrijednost napona. Frekvencija je fizikalna veličina koja iskazuje broj ponavljanja periode u jedinici vremena, mjerna jedinica je herc [Hz]. U Europi nazivna frekvencija je 50Hz. Ukupno harmonijsko izobličenje i flikeri čine valni oblik napona. Valna distorzija je pojam koji opisuje odstupanje napona od sinusnog oblika. Do valne distorzije dolazi zbog utjecaja viših harmonika. Viši harmonici su idealne sinusoide čije su frekvencije cjelobrojni višekratnici osnovne frekvencije (50Hz) [2]. Ukupno harmonijsko izobličenje računa se prema jednadžbi:

$$THDU = \frac{100}{U_1} \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2} \quad (2-1)$$

gdje je: U_1 nazivni napon, a U_h napon h -tog harmonika.

U mreži potrošači velike snage uzrokuju brze promjene napona što može uzrokovati treperenje svjetlosti ili može uzrokovati nestabilnost električnih uređaja. Te male promjene amplitude nazivamo flikeri. Postoje kratkotrajni i dugotrajni flikeri. Flikeri su pojave koje može primijeti i ljudsko oko pri promjeni osvjetljenja rasvjetnog tijela, npr. žarulje.

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}} \quad (2-2)$$

Također još je bitno napomenuti razlike između normalnog pogona i poremećenog pogona. Normalni pogon je pogon u kojem su svi kupci napajani, gdje su sve vrijednosti parametara unutar granica i pogoni u kojima je (n-1) kriterij zadovoljen. S druge strane poremećeni pogon je održan ako su svi kupci i dalje zadovoljeni, ali vrijednosti parametara nisu u dozvoljenim granicama i moguća su preopterećenja proizvodnih jedinica ili jedinica mreže [3].

2.2.Zakonska regulativa vezana za parametre kvalitete električne energije

Aktualna mrežna pravila hrvatskog elektroenergetskog sustava donesena su od strane Hrvatskog operatora prijenosnog sustava uz prethodnu suglasnost Hrvatske energetske regulatorne agencije 29. lipnja 2019.godine. Mrežna pravila su obvezujući dokument za operatora prijenosnog sustava te zahtijevaju trajno praćenje i zadovoljavanje minimalnih tehničkih uvjeta [4].

Dopušteno odstupanje izmjerenog napona možemo podijeliti u dva slučaja: u normalnom pogonu i u poremećenom pogonu. U normalnom pogonu dozvoljeno odstupanje izmjerenog napona od nazivne vrijednosti napona je $\pm 10\%$, dok je u poremećenom pogonu granica $\pm 15\%$.

Frekvencijsko odstupanje je osjetljivije od naponskog pa je odstupanje frekvencije pri normalnim pogonskim uvjetima $\pm 0.1\%$, u izoliranim sustavima je 1% , a u poremećenom pogonu granične vrijednosti su od -5% do $+3\%$.

Ukupno harmonijsko izobličenje je bitan pokazatelj kvalitete električne energije. Prema mrežnim pravilima u normalnim pogonskim uvjetima tijekom 1008 desetominutnih perioda 95% prosjeka efektivne vrijednosti faktora ukupnog harmonijskog izobličenja može biti maksimalno 3% . Kratkotrajni flikeri mjere se tijekom desetominutnih perioda,

dok se dugotrajni računaju kao prosjek kratkotrajnih flikera unutar perioda od 2 sata. U niskonaponskim mrežama vrijednost flikera iznosi od 5% do 10% vrijednosti nazivnog napona [5, 6]. Kod srednjenaponskih mreža iznos flikera iznosi od 4% do 6% nazivnoga napona. Za kratkotrajne flikere vrijednost jačine flikera ne smije biti veća od 0.8, a za dugotrajne vrijednost ne smije biti veća od 0.6.

Propadi napona najčešće traju manje od 1 s. Uobičajeni propadi napona u niskonaponskim mrežama su od 10% do 50% nazivnog napona, a od 10% do 15% u srednjenaponskim mrežama.

Nesimetričnost napona mora biti do 2% tijekom 95% 1008 desetominutnih perioda. Pri otočnom radu ili sličnim lokacijama vrijednosti smiju iznositi do 3%.

3. Praktični primjer

3.1. Mjerna metoda i oprema

Korišteni mjerni instrument je PowerXplorer 5 proizvođača DRANTZ – BMI. To je osmerokanalni prijenosni instrument za mjerenje parametara kvalitete električne energije. Ima LCD zaslon i upravlja se pomoću „touch“ tehnologije. Ima veliku brzinu skupljanja podataka i veliku preciznost. Može nadzirati, snimati i prikazivati podatke za četiri naponske i četiri strujne grane. Prilagodljiv je i za IEEE 1159 i za IEC 61000-4-30 Class A standard. Osmišljen je statističkim paketom zvanim Kvaliteta opskrbe, s postavljenim protokolima za nadzor i postavljenim protokolima za određivanje napona usklađenim prema normi EN50160. Europski standard EN50160 zahtijeva da su izmjereni parametri unutar 95% vremena. PX5 uređaj može pratiti kvalitetu električne energije za rješavanje problema ili sukladnosti. Osigurava snimanje svih relevantnih veličina i podataka za dodatne analize nakon mjerenja te omogućuje pisanja izvještaja i arhiviranje podataka pomoću kompatibilnih aplikacija [7].

Na gornjem dijelu uređaja nalaze se četiri strujne i četiri naponske priključnice. Na prednjem djelu instrumenta nalazi se LCD zaslon s „touchscreen“ tehnologijom koja služi za korištenje instrumenta i odabir željene funkcije.



Slika 1. PowerXplorer 5

Na poledini se nalazi polje s punjivim zamjenjivim baterijama. S donje strana instrumenta nalazi se memorijska kartica, tri LED diode i prekidač te utor za punjenje baterija. Memorijska kartica služi za pohranjivanje podataka pri nadzoru parametara. Za PX5 mora se koristiti memorijska kartica proizvođača DRANTZ – BMI zbog brzine pohrane podataka. Odjednom može sadržavati više memorijskih kartica ali mogu raditi samo jedna po jedna. Gledajući s lijeva na desno, prva LED dioda nam govori o stanju baterije. Ako mirno svijetli znači da se baterija puni, a ako titra znači da je baterija puna. Srednja LED dioda ne svijetli instrument radi normalno, no ako se utvrdi abnormalno stanje ova LED dioda će se upaliti. Zadnja LED dioda pri normalnom radu titra jednom po sekundi. Početni zaslon možemo podijeliti na četiri dijela. Na vrhu zaslona nalaze se informacije o stanju što uključuje stanje nadzora, stanje memorijske kartice, ime i oznaku datoteke te vrijeme i datum. Prvi red ikona povezan je s trenutnim mjerenjima i pokazuje trenutne veličine parametara. Drugi red ikona služi za prikaz pohranjenih datoteka (kao grafikone ili kao valne oblike) te izvješća o podacima norme EN50160. Također se u drugom redu nalaze i postavke instrumenta. Na dnu zaslona nalazi se tipka START koja omogućuje pokretanje nadzora električne energije [7].

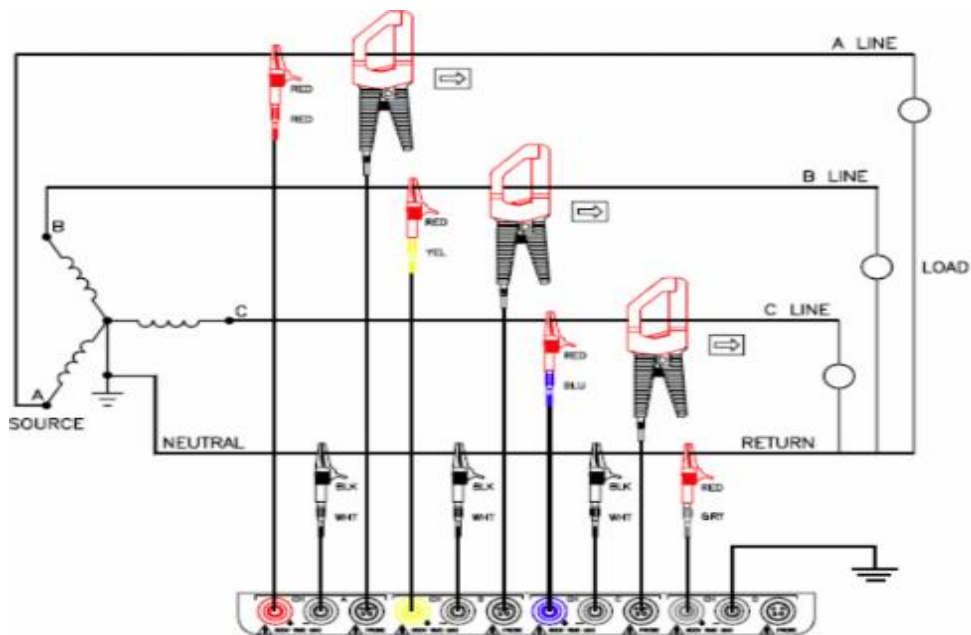


Slika 2. Zaslona Power Xplorer 5 uređaja

Postoje dvije vrste izvješća, EN50160 koja nam govore o kvaliteti opskrbe električnom energijom i ploča s obavijestima na kojoj si korisnik može odabrati potrebne parametre (može biti od 4 do 16 parametara). Kod EN50160 izvještaja ako je parametar ispod granice od 95% graf će pocrveniti. Za neke parametre možemo dobiti više informacija pritiskom na naziv parametra.

PX5 omogućava korisnicima praćenje događaja u različitim kategorijama postavka, kao što su: standardna kvaliteta snage, snimanje pogrešaka i smetnji, dugotrajno snimanje i snimanje kvalitete električne energije prema normi EN50160.

Mjerenje se provodilo u transformatorskoj stanici TS 110/35 kV Osijek 1, u ormaru Odjela za mjerenja gdje su izvedeni sekundari mjernih transformatora. Spoj je bio izveden s tri voda, po jedan za svaku fazu, preko kojih smo motrili napone i pomoću troje strujnih kliješta s kojima smo mjerili struje po fazama (Slike 4 i 5). Također smo imali jedan dodatni vod kojim smo mjerili napon uzemljenja što je vrlo bitno, ali ne i obavezno [7].



Slika 3. Shema spajanja uređaja



Slika 4. Spoj naponskih stezaljki u mjernom ormaru



Slika 5. Spoj strujnih kliješta u strujnom ormaru

3.2.Rezultati mjerenja i analiza rezultata

Rezultati mjerenja moraju se prebaciti s uređaja za mjerenje u neki drugi oblik kako bi ih mogli obraditi. To se vrši tako da se mjereni rezultati exportaju s uređaja u obliku excel tablice s odabranim varijablama. Za mjerenje parametara kvalitete električne energije potrebni su nam srednji naponi svih triju faza u desetominutnom periodu, srednja frekvencija u desetominutnom periodu, srednje vrijednosti ukupnog harmonijskog izobličenja po sve tri faze u desetominutnom periodu, te vrijednosti kratkotrajnih i dugotrajnih flikera po fazama. Analiza se vrši usporedbom dobivenih vrijednosti s nazivnim vrijednostima odnosno postotak odstupanja pojedinog perioda s dozvoljenim postotnim odstupanjem.

| AVrmsAvg[V] | Odstupanje [%] | BVrmsAvg[V] | Odstupanje [%] | CVrmsAvg | Odstupanje [%] | TOTFreqAvg | Odstupanje [%] | AVTHDRssAvg | Odstupanje | BVTHDRssAvg[V] | Odstupanje [%] | CVTHDRssAvg[Volts] | Odstupanje [%] |
|-------------|----------------|-------------|----------------|----------|----------------|------------|----------------|-------------|------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| 20358 | 0,75 | 20386 | 0,88 | 20342 | 0,67 | 50,02 | 0,04 | 186,45 | 0,92 | 206,08 | 1,02 | 209,13 | 1,02 |
| 20350 | 0,71 | 20381 | 0,86 | 20333 | 0,62 | 50,02 | 0,04 | 191,66 | 0,95 | 211,87 | 1,05 | 210,45 | 1,04 |
| 20345 | 0,68 | 20375 | 0,83 | 20327 | 0,59 | 50 | 0 | 192,96 | 0,95 | 217,49 | 1,08 | 214,33 | 1,06 |
| 20351 | 0,71 | 20384 | 0,87 | 20335 | 0,63 | 50,02 | 0,04 | 207,17 | 1,03 | 231,27 | 1,14 | 225,62 | 1,12 |
| 20358 | 0,75 | 20391 | 0,91 | 20347 | 0,69 | 50,02 | 0,04 | 199,36 | 0,99 | 219,66 | 1,09 | 217,21 | 1,07 |
| 20350 | 0,71 | 20381 | 0,86 | 20339 | 0,65 | 49,98 | -0,04 | 199,34 | 0,99 | 217,43 | 1,08 | 218,31 | 1,08 |
| 20367 | 0,79 | 20402 | 0,96 | 20349 | 0,70 | 50 | 0 | 201,37 | 1,00 | 222,94 | 1,10 | 218,79 | 1,08 |
| 20380 | 0,85 | 20405 | 0,98 | 20358 | 0,75 | 50 | 0 | 199,89 | 0,99 | 221,85 | 1,10 | 219,07 | 1,08 |
| 20381 | 0,86 | 20406 | 0,98 | 20363 | 0,77 | 49,98 | -0,04 | 192,8 | 0,95 | 213,63 | 1,06 | 209,64 | 1,04 |
| 20391 | 0,91 | 20419 | 1,05 | 20376 | 0,84 | 49,99 | -0,02 | 186,57 | 0,92 | 208,14 | 1,03 | 205,25 | 1,02 |
| 20413 | 1,02 | 20442 | 1,16 | 20392 | 0,91 | 50,02 | 0,04 | 193,75 | 0,96 | 213,53 | 1,06 | 208,59 | 1,03 |
| 20383 | 0,87 | 20402 | 0,96 | 20354 | 0,73 | 50,01 | 0,02 | 196,31 | 0,97 | 216,77 | 1,07 | 212,59 | 1,05 |
| 20385 | 0,88 | 20406 | 0,98 | 20383 | 0,77 | 49,99 | -0,02 | 203,25 | 1,01 | 224,84 | 1,11 | 221,19 | 1,09 |
| 20393 | 0,92 | 20415 | 1,03 | 20374 | 0,83 | 50 | 0 | 208,26 | 1,03 | 224,07 | 1,11 | 224,12 | 1,11 |
| 20399 | 0,95 | 20425 | 1,08 | 20384 | 0,87 | 49,98 | -0,04 | 203,76 | 1,01 | 217,62 | 1,08 | 216,62 | 1,07 |
| 20411 | 1,01 | 20438 | 1,14 | 20392 | 0,91 | 50 | 0 | 213,5 | 1,06 | 228,39 | 1,13 | 225,32 | 1,12 |
| 20419 | 1,05 | 20451 | 1,21 | 20400 | 0,95 | 50 | 0 | 209,72 | 1,04 | 229 | 1,13 | 222,57 | 1,10 |
| 20433 | 1,12 | 20486 | 1,28 | 20410 | 1,00 | 50,02 | 0,04 | 204,69 | 1,01 | 222,95 | 1,10 | 216,34 | 1,07 |
| 20442 | 1,16 | 20474 | 1,32 | 20418 | 1,04 | 50 | 0 | 205,7 | 1,02 | 224,46 | 1,11 | 217,53 | 1,08 |
| 20439 | 1,15 | 20464 | 1,27 | 20418 | 1,04 | 49,99 | -0,02 | 206,12 | 1,02 | 226,76 | 1,12 | 219,4 | 1,09 |
| 20440 | 1,15 | 20465 | 1,28 | 20426 | 1,08 | 50 | 0 | 197,77 | 0,98 | 222,47 | 1,10 | 211,37 | 1,05 |
| 20425 | 1,08 | 20453 | 1,22 | 20407 | 0,99 | 49,98 | -0,04 | 194,64 | 0,96 | 219,89 | 1,09 | 209,38 | 1,04 |
| 20428 | 1,09 | 20455 | 1,23 | 20407 | 0,99 | 50 | 0 | 197,16 | 0,98 | 222,8 | 1,10 | 218,26 | 1,08 |
| 20411 | 1,01 | 20428 | 1,09 | 20382 | 0,86 | 50,04 | 0,08 | 190,23 | 0,94 | 217,89 | 1,08 | 210,55 | 1,04 |
| 20341 | 0,66 | 20360 | 0,76 | 20321 | 0,56 | 49,99 | -0,02 | 174,84 | 0,87 | 201,87 | 1,00 | 189 | 0,94 |
| 20281 | 0,36 | 20307 | 0,49 | 20267 | 0,30 | 49,99 | -0,02 | 164,2 | 0,81 | 186,73 | 0,92 | 173,85 | 0,86 |
| 20242 | 0,17 | 20277 | 0,35 | 20233 | 0,13 | 49,98 | -0,04 | 160,31 | 0,79 | 187,52 | 0,93 | 171,64 | 0,85 |
| 20274 | 0,33 | 20305 | 0,48 | 20252 | 0,22 | 49,95 | -0,1 | 160,46 | 0,79 | 188,64 | 0,93 | 169,2 | 0,84 |
| 20286 | 0,39 | 20316 | 0,54 | 20271 | 0,32 | 49,96 | -0,08 | 162,46 | 0,80 | 187,17 | 0,93 | 169,53 | 0,84 |
| 20294 | 0,43 | 20324 | 0,58 | 20263 | 0,28 | 50,02 | 0,04 | 163,16 | 0,81 | 191,81 | 0,95 | 175,38 | 0,87 |
| 20290 | 0,41 | 20324 | 0,58 | 20271 | 0,32 | 49,99 | -0,02 | 163,55 | 0,81 | 190,7 | 0,94 | 172,84 | 0,86 |
| 20304 | 0,48 | 20335 | 0,63 | 20278 | 0,35 | 49,99 | -0,02 | 157,26 | 0,78 | 181,7 | 0,90 | 166,28 | 0,82 |
| 20315 | 0,53 | 20351 | 0,71 | 20291 | 0,41 | 50 | 0 | 162,87 | 0,81 | 186,13 | 0,92 | 171,23 | 0,85 |
| 20312 | 0,52 | 20347 | 0,69 | 20291 | 0,41 | 49,99 | -0,02 | 167,02 | 0,83 | 190,99 | 0,95 | 173,79 | 0,86 |
| 20337 | 0,64 | 20368 | 0,80 | 20309 | 0,50 | 50,01 | 0,02 | 160,45 | 0,79 | 188,31 | 0,93 | 167,48 | 0,83 |
| 20341 | 0,66 | 20379 | 0,85 | 20315 | 0,53 | 50,01 | 0,02 | 163,66 | 0,81 | 189,45 | 0,94 | 169,98 | 0,84 |
| 20343 | 0,67 | 20379 | 0,85 | 20321 | 0,56 | 50,01 | 0,02 | 164,28 | 0,81 | 189,25 | 0,94 | 172,48 | 0,85 |

Slika 6. Tablica parametara u Excelu i njihove vrijednosti u periodima (I).

Prema slici 6 prvi stupac predstavlja srednji desetominutni napon faze A. Drugi stupac predstavlja postotno odstupanje srednjeg napona od nazivne vrijednosti faze A. Za treći i četvrti stupac vrijedi isto samo za fazu B, dok su peti i šesti stupac za fazu C. Četvrti zeleni stupac pokazuje srednje vrijednosti frekvencije u periodu, a sljedeći bijeli postotno odstupanje od nazivnih 50 Hz. Ostala tri zelena stupca predstavljaju ukupno harmonijsko

izobličenje pojedine faze, a bijeli postotna odstupanja od efektivne vrijednosti faktora ukupnog harmonijskog izobličenja.

| AVPstVal | BVPstVal | CVPstVal | AVPitValue | BVPitValue | CVPitValue |
|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| 0,06106 | 0,05825 | 0,05755 | | | |
| 0,05404 | 0,05123 | 0,05334 | | | |
| 0,08352 | 0,07018 | 0,06738 | | | |
| 0,05895 | 0,05404 | 0,05825 | | | |
| 0,06948 | 0,07018 | 0,06527 | | | |
| 0,05474 | 0,05194 | 0,04913 | | | |
| 0,04913 | 0,04632 | 0,04492 | | | |
| 0,04913 | 0,04632 | 0,04562 | | | |
| 0,05053 | 0,04913 | 0,04702 | | | |
| 0,05334 | 0,05755 | 0,05123 | | | |
| 0,05264 | 0,05194 | 0,05123 | 0,05917 | 0,05577 | 0,0544 |
| 0,09615 | 0,08492 | 0,1144 | | | |
| 0,06387 | 0,06036 | 0,05685 | | | |
| 0,07159 | 0,07089 | 0,06878 | | | |
| 0,06948 | 0,06878 | 0,06808 | | | |
| 0,08633 | 0,08352 | 0,08212 | | | |
| 0,06457 | 0,06878 | 0,06176 | | | |
| 0,06597 | 0,06457 | 0,06668 | | | |
| 0,05966 | 0,05966 | 0,06036 | | | |
| 0,05404 | 0,05264 | 0,04983 | | | |
| 0,05334 | 0,05123 | 0,05194 | | | |
| 0,05123 | 0,04773 | 0,04702 | | | |
| 0,04913 | 0,04632 | 0,04562 | 0,06869 | 0,06529 | 0,07004 |
| 0,04913 | 0,04983 | 0,04843 | | | |
| 0,05194 | 0,04913 | 0,04773 | | | |
| 0,05123 | 0,04983 | 0,04843 | | | |
| 0,05404 | 0,05194 | 0,04983 | | | |
| 0,09545 | 0,11721 | 0,06808 | | | |
| 0,05966 | 0,05685 | 0,05404 | | | |
| 0,04843 | 0,04702 | 0,04562 | | | |
| 0,04913 | 0,04913 | 0,04632 | | | |
| 0,04913 | 0,04632 | 0,04702 | | | |
| 0,06738 | 0,06036 | 0,06176 | | | |
| 0,05123 | 0,04843 | 0,04843 | | | |
| 0,05264 | 0,05123 | 0,05123 | 0,05985 | 0,06325 | 0,05236 |

Slika 7. Tablica parametara u excelu i njihove vrijednosti u periodima (II).

Kod slike 7 zeleni stupci predstavljaju vrijednosti kratkotrajnih flikera u desetominutnim periodima po fazama. Bijeli stupci nam predstavljaju dugotrajne flikere po fazama u periodima. Može se primijetiti da je kod dugotrajnih flikera popunjen svaki dvanaesti red. Razlog tomu je što se dugotrajni flikeri mjere u periodu od 120 minuta.

U ovom primjeru za odstupanje napona samo je jedna perioda bila izvan dozvoljenih odstupanja (05.12.2018. u 12:40) te se poklapa za sve 3 faze. To znači da je u 99,8% desetominutnih perioda napon u granicama što je više od zadovoljavajućih 95%. Što se tiče frekvencije, odstupa u tri desetominutne periode (05.12.2018. u 17:10, 07.12.2018. u 06:10 i 07.12.2018. u 07:10) što nam govori da je u 99,7% desetominutnih perioda frekvencija u granicama, što je također zadovoljavajuće jer je postotak veći od zadovoljavajućih 95%.

Srednja vrijednost ukupnog harmonijskog izobličenja nije niti jednom izašlo izvan dozvoljenih granica.

Za razliku od ostalih parametara flikeri nemaju određenu graničnu vrijednost u postocima već ne smiju imati veću vrijednost od 0,8 za kratkotrajne flikere i 0,6 za dugotrajne flikere. U primjeru kratkotrajni flikeri faze A i faze B imaju veću vrijednost od 0,6 u tri desetominutna perioda dok kod faze C ima četiri desetominutna perioda s vrijednosti većom od 0,6. To je i dalje 99,6% što je više od zadovoljavajućih 95%. Za razliku od svih ostalih parametara dugotrajni flikeri se mjere u 84 periode od 120 minuta. U sve tri faze imamo po dvije periode u kojima je vrijednost dugotrajnih flikera veća od granične vrijednosti što je također više od 95%.

3.3. Primjer izvješća o mjerenju parametara kvalitete električne energije

Mjerenje je izvršeno u transformatorskoj stanici 110/35 kV Osijek 1 na transformatoru koji povezuje 110 kV i 35 kV mreže. Transformatorska stanica sadrži dva takva transformatora iako se najčešće koristi samo jedan transformator. Mjerenje se izvršilo u mjernom ormaru koje je u vlasništvu Hrvatskog operatora prijenosnog sustava, Prijenosno područje Osijek. Za mjerenje korišten je PowerXplorer 5 proizvođača DRANTZ – BMI kojega smo koristili i za snimanje podataka ali i za prikazivanje istih. Može snimati četiri naponske i četiri strujne grane. Vrlo je precizan i osigurava snimanje svih parametara i podataka za dodatne analize nakon mjerenja te omogućuje pisanja izvještaja [8, 9].

| Parametar | Donja granica | Nazivna vrijednost | Gornja granica | Broj perioda izvan granica | | | Postotak perioda izvan granica | | | Prošao ili nije prošao |
|-------------|---------------|--------------------|----------------|----------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|------------------------|
| | | | | Faza A | Faza B | Faza C | Faza A | Faza B | Faza C | |
| Fazni napon | 18186,5 | 20207,26 | 22227,99 | 1 | 1 | 1 | 99,8 % | 99,8 % | 99,8 % | Prošao |

Tablica 1. Prolaznost faznog napona u 1008 desetominutnih perioda

| Parametar | Donja granica | Nazivna vrijednost | Gornja granica | Broj perioda izvan granica | | | Postotak perioda izvan granica | | | Prošao ili nije prošao |
|-----------|---------------|--------------------|----------------|----------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|------------------------|
| | | | | Faza A | Faza B | Faza C | Faza A | Faza B | Faza C | |
| THD | 1454,92 | 1616,58 | 1778,24 | 0 | 0 | 0 | 100 % | 100 % | 100 % | Prošao |

Tablica 2. Prolaznost ukupnog harmonijskog izobličenja u 1008 desetominutnih perioda

| Parametar | Donja granica | Nazivna vrijednost | Gornja granica | Broj perioda izvan granica | Postotak perioda izvan granica | Prošao ili nije prošao |
|-------------|---------------|--------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Frekvencija | 49,95 | 50 | 50,05 | 3 | 99,7% | Prošao |

Tablica 3. Prolaznost frekvencije u 1008 desetominutnih perioda

| Parametar | Granična vrijednost | Broj perioda izvan granica | | | Postotak perioda izvan granica | | | Prošao ili nije prošao |
|----------------------|---------------------|----------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|------------------------|
| | | Faza A | Faza B | Faza C | Faza A | Faza B | Faza C | |
| Kratkotrajni flikeri | 0,8 | 3 | 3 | 4 | 99,7 % | 99,7 % | 99,6 % | Prošao |

Tablica 4. Prolaznost kratkotrajnih flikera u 1008 desetominutnih perioda

| Parametar | Granična vrijednost | Broj perioda izvan granica | | | Postotak perioda izvan granica | | | Prošao ili nije prošao |
|--------------------|---------------------|----------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|------------------------|
| | | Faza A | Faza B | Faza C | Faza A | Faza B | Faza C | |
| Dugotrajni flikeri | 0,6 | 2 | 2 | 2 | 99,8 % | 99,8 % | 99,8 % | Prošao |

Tablica 5.Prolaznost dugotrajnih flikera u 1008 desetominutnih perioda

Svi parametri koje zadaje zakonska regulativa nakon mjerenja su analizirani. Kao što se vidi iz tablica svi su prošli odnosno zadovoljili što znači da su svi u 1008 desetominutnih perioda bili unutar zadanih granica prema zakonskoj regulativi. Zbog toga možemo reći da je kvaliteta električne energije na izmjerenom mjestu bila na zadovoljavajućoj razini. Također da se primijetiti kako su svi parametri zadovoljili i u 99% perioda, tada možemo reći da je kvaliteta ove električne energije na visokoj razini.

4. Zaključak

Za svaki potrebiti resurs koji koristimo želimo da bude što kvalitetniji, a tako je i s električnom energijom. Analizom i usporedbom rezultata snimljenih parametara kvalitete električne energije dobivamo odgovor na pitanje je li je naša električna energija kvalitetna ili ne. Neki od parametara koji se mjere su: Odstupanje faznog napona, odstupanje frekvencije, ukupno harmonijsko izobličenje i flikeri. U radu je prikazan postupak mjerenja na sučelju prijenosne i distribucijske mreže koji je izvršen prema Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava.

Kroz rad možemo primijetiti kako je kvaliteta električne energije na mjerenom mjestu zadovoljila svaku stavku Mrežnih pravila. Osim što je zadovoljena svaka stavka, prolaznosti parametara od 99% i više nam govore da se radi o iznimno kvalitetnoj električnoj energiji..

U zadnje vrijeme povećava se broj potrošača od kojih svaki ima utjecaj na mrežu na koju su spojeni, odnosno na kvalitetu električne energije. Baš iz tog razloga velike industrije ugrađuju uređaje za analiziranje kvalitete električne energije koje olakšavaju upravljanje pogona. Zbog toga parametre kvalitete električne energije treba redovito analizirati i motriti visoko preciznim uređajima poput PowerExplorer 5 koji je korišten u ovom radu i to na sučelju prijenosne i distribucijske mreže kao jedne od osjetljivijih točaka mreže. Također uređajem za mjerenje parametara kvalitete električne te dubljom analizom tih istih parametara možemo odrediti kvarove na postrojenju ili u mreži.

5. Literatura

- [1] Sustavi za trajni nadzor kvalitete napona u distribucijskim mrežama, Tomislav Tomiša
- [2] Application guide to the European Standard EN 50160 on "voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems", 1995.
- [3] Regulation of Voltage Quality, Bart Franken, Virendra Ajodhia, Konstantin Petrov, Katja Keller, Christine Müller, 2007.
- [4] Mrežna Pravila Prijenosnog Sustava, HOPS d.o.o. , 2017.
- [5] Vrednovanje Parametara Kvalitete Električne Energije U Prijenosnoj Mreži Sukladno Odredbama Mrežnih Pravila Elektroenergetskog Sustava, Ivan Tolić, Roko Jerčić, Ivana Duraković, Vedran Angebrandt, 2013.
- [6] Power Quality Analysis on the 400 kV Interconnected Transmission Line, I. Tolić, S. Nikolovski, G. Knežević, 2012.
- [7] Quick Reference Guide for PowerXplorer / Power Guide / Power Visa, Dranetz-BMI, 2007.
- [8] <http://www.elnet.cc/en50160-sample-report/>
- [9] <https://www.depsys.ch/wp-content/uploads/2017/04/DEPsys-Applications-Power-Quality-Measurement-Report-EN50160.pdf>

6. Sažetak

Tema završnog rada je mjerenje parametara kvalitete električne energije i analiza istih prema odredbama Mrežnih pravila. Mjerenje je izvršeno u transformatorskoj stanici 110/35 kV Osijek 1 na sučelju prijenosne i distribucijske mreže. Mjerenje je izvršeno na naponskoj razini od 35kV. Zbog opasnosti od visokog napona mjerenje je izvršeno preko mjernih transformatora u mjernom ormaru. Mjerenje je trajalo tjedan dana odnosno 1008 desetominutnih perioda.

Uređaj koji je korišten za mjerenje naziva se PowerExplorer 5 kojega je proizvela tvrtka DRANTZ – BMI. Ima četiri strujne i četiri naponske grane, a upravlja se preko “touch” tehnologije. Postavljen je za rad prema normi EN50160 koja zahtijeva da su postavljeni parametri unutar granica u 95% vremena. Spoj uređaja za mjerenje bio je izveden s tri voda, preko kojih smo motrili napone svake faze zasebno i pomoću troje strujnih kliješta s kojima smo mjerili struje po fazama. Također smo koristili dodatni vod kojim smo mjerili napon uzemljenja.

Parametri koji se mjere i prate su: mrežna frekvencija, nazivni napon, promjene napona, dugotrajni i kratkotrajni flikeri, treperenje napona, propadi napona, privremeni mrežni prenaponi, impulsni prenaponi, nesimetrija napona, naponi viših harmonica, naponi međuharmonika i signalni naponi. Granice parametara određene su Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava. Radi toga što su svi parametri zadovoljili normu možemo reći da je kvaliteta električne energije na visokoj razini.

7. Životopis

Mario Beretić rođen je 9.listopada 1997. godine u Osijeku gdje je i odrastao. Prvo je pohađao Osnovnu Školu “Mladost”, a zatim 2012. upisuje Elektrotehničku i Prometnu školu Osijek koju je završio kao tehničar za računalstvo. Iste te godine upisuje stručni studij elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.