



Zvonimir Klaić, dipl. ing.
prof. dr. sc. Srete Nikolovski, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Osijek

C4 – 14

KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE – MJERENJA PREMA NORMI EN 50160

SAŽETAK

S obzirom da elektrodistributivni sustav sadrži sve veći broj elementa nelinearnih karakteristika, isti elementi generiraju više harmonike, a pored toga u mreži postoje i ostali poremećaji koji mogu narušiti pravilan rad mreže. Stoga je potrebno analizirati kvalitetu električne energije.

U ovom radu prikazan je primjer mjerenja kvalitete električne energije u elektrodistributivnom sustavu prema europskoj normi EN 50160. Korišten je suvremeni mrežni analizator MEMOBOX 800. Mjerenja su izvedena u više mjesta u trafo stanicama u HEP DP "Elektroslavonija" Osijek, u mjestu Dalj u kućanstvu, na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku te u Kliničkoj bolnici Osijek, OFMIR Bizovac.

Ključne riječi: distributivna mreža, kvaliteta električne energije, norma EN 50160, mrežni analizator

POWER QUALITY – MEASUREMENTS ACCORDING EUROPEAN NORM EN 50160

SUMMARY

Distribution power networks contain a greater number of elements with nonlinear characteristics which produce higher order harmonics. These harmonics and other disturbances can cause disorder in the work of the distribution power network, so it is necessary to analyze the electric power quality.

This paper shows a sample of the measurement of electric power quality in distribution power network according to the European Norm EN 50160. A modern power quality performance analyser MEMOBOX 800 is used. The measurements were taken in several transformer stations in DP "Elektroslavonija" Osijek, in a household in Dalj, at Faculty of electrical engineering in Osijek, and in the Clinical Hospital in Osijek, OFMIR Bizovac.

Key words: distribution network, electric power quality, European norm EN 50160, network performance analyser

1. UVOD

Kako se svaki elektrodistributivni sustav sastoji od različitih elemenata koji su sve češće aktivni elementi, u tim mrežama se javljaju viši harmonici. Osim toga javljaju se i različiti poremećaji u opskrbi električnom energijom. Razni vidovi poremećaja kao što su: padovi, skokovi, propadi i prekidi napona, naponska izobličenja (asimetrije), brze prijelazne promjene (tranzijenti) te ostale nepoželjne pojave mogu izazvati teže posljedice kod posebice osjetljivih trošila pa je proces reverzibilan. Trošila utječu na kvalitetu napona mreže, a mreža također ima negativne posljedice po trošila.

Svi ti poremećaji u mreži mogu narušiti rad mreže i utjecati na rad trošila, kao i smanjiti im korisnost i radni vijek ili ih čak ozbiljno oštetiti. Izvjesno je svakodnevno povećanje broja potrošača a sve je veći udio potrošača koji generiraju smetnje u mreži i istovremeno su osjetljivi na njih. Navedene okolnosti nameću potrebu za učestalim promatranjem mreže, stoga analiza kvalitete električne energije nije neopravdan trošak već izuzetno bitan i isplativ ulog te korak ka optimiranju pogona mreže.

U ovom radu prikazano je korištenje MEMOBOX 800, suvremenog i sofisticiranog mjernog instrumenta – mrežnog analizatora, koji uz pripadajući programski paket CODAM 800, predviđen za IBM PC kompatibilna računala, omogućava temeljitu analizu kvalitete električne energije. Isti je ponderiran i podešen da radi prema Europskoj normi EN 50160

2. KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE

2.1. Pojam kvalitete električne energije

Analiza kvalitete električne energije obično obuhvaća sljedeće osobine napona:

- naponski propadi i prekidi,
- naponska kolebanja,
- harmonici i međuharmonici,
- prijelazni prenaponi,
- valovitost,
- tranzijentni prenaponi,
- naponska nesimetrija,
- promjene osnovne frekvencije mreže,
- prisutnost DC komponente u AC komponenti,
- prisutnost signalnih napona.

Općenito nije neophodno mjerenje svih tipova poremećaja. Tipovi poremećaja mogu se podijeliti u četiri kategorije: prema amplitudi, valnom obliku, frekvenciji i simetričnosti napona.

2.2. Norma EN 50160

Europska norma za kvalitetu napona na mjestu predaje potrošaču u javnim distributivnim niskonaponskim i srednjonaponskim mrežama pri normalnim pogonskim uvjetima je EN 50160.

Nazivna frekvencija opskrbnog napona je 50 Hz. Pri normalnim pogonskim uvjetima 10 sekundna srednja vrijednost osnovne frekvencije u nekoj razdjelnoj mreži mora biti u slijedećim opsezima:

- kod mreža povezanih s elektroenergetskim sustavom: 50 Hz $\pm 1\%$ (tj. 49,5 Hz do 50,5 Hz), tijekom 95% tjedna,
- odnosno: 50 Hz +4% / -6% (tj. 47 Hz, do 52 Hz) tijekom 100% tjedna

Normirani nazivni napon U_n za niskonaponske javne mreže je:

- za trofazne mreže s četiri vodiča: $U_n = 230$ V između faznih vodiča i neutralnog vodiča;
- za trofazne mreže s tri vodiča: $U_n = 230$ V između faznih vodiča.

Pri normalnim pogonskim uvjetima, bez uzimanja u obzir prekida opskrbe, 95% 10-minutnih srednjih vrijednosti efektivne vrijednosti opskrbnog napona svakog tjednog intervala (bilo kojeg) mora biti u opsegu: $U_n \pm 10\%$. Preostalih 5% 10-minutnih srednjih vrijednosti efektivne vrijednosti opskrbnog napona svakog tjednog intervala (bilo kojeg) mora biti u opsegu: $U_n +10\% / -15\%$ (tj. max.: 253 V, a minimalno: 199,5 V).

Brze promjene napona uglavnom su izazvane promjenama tereta u postrojenjima potrošača ili sklapanjima u mreži. Pri normalnim pogonskim uvjetima brza promjena u pravilu ne prelazi 5% nazivnog napona. Međutim, pod određenim okolnostima mogu se više puta dnevno pojaviti kratkotrajne brze promjene napona do 10% U_n . Promjena napona koja dovodi do opskrbnog napona manjeg od 1% U_n , smatra se prekidom napona, tj. napajanja.

Pri normalnim pogonskim uvjetima dugotrajna jakost treperenja (flicker) zbog promjena napona ne smije tijekom bilo kojeg tjedna prelaziti vrijednost: $P_{lt} = 1$.

Očekivani godišnji broj propada napona može pri normalnim pogonskim uvjetima biti između nekoliko desetaka, do tisuću. Većina propada napona je kraća od 1 s, i dubine propada manje od 60% U_n . Međutim,

pojedini propadi mogu biti dužeg trajanja i veće dubine propada. U nekim se mrežama vrlo često, poradi sklapanja tereta u postrojenjima potrošača, mogu pojavljivati propadi napona dubine između 10% i 15% U_n .

Pri normalnim pogonskim uvjetima kratki prekidi opskrbnog napona pojavljuju se s učestalošću u opsegu od nekoliko desetaka, do više stotina godišnje. Trajanje oko 70% kratkih prekida opskrbe mora biti kraće od 1 sekunde. Pri normalnim pogonskim uvjetima 10-minuta srednja vrijednost efektivne vrijednosti inverzne komponente napona ne smije, kod 95% srednjih vrijednosti svakog tjednog intervala, prelaziti 2% odgovarajuće izravne komponente. U nekim mrežama s postrojenjima potrošača, koja su djelomično priključena jednofazno ili dvofazno, pojavljuju se na trofaznim mjestima predaje nesimetrije do oko 3%. Ova norma sadrži samo vrijednosti za inverznu komponentu, jer je samo ona od značenja za moguće smetnje aparatima priključenima na mrežu. Prijelazni (tranzijentni) prenaponi uobičajeno ne prelaze tjemenu vrijednost 6 kV. Međutim, povremeno se pojavljuju i više vrijednosti. Vremena porasta su u širokom opsegu: od milisekunda, do znatno kraće od mikrosekunde.

Pri normalnim pogonskim uvjetima 95% 10-minutnih srednjih vrijednosti efektivne vrijednosti napona svakog pojedinog višeg harmonika ne smije u nijednom tjednom intervalu prelaziti vrijednost iz tablice I.

Tablica I. Maksimalne propisane vrijednosti pojedinih harmonika

Neparni viši harmonici				Parni viši harmonici	
koji nisu višekratnik od 3		koji su višekratnik od 3			
redni br. h	U_h u % U_n	redni br. h	U_h u % U_n	redni br. h	U_h u % U_n
5	6,0	3	5,0	2	2,0
7	5,0	9	1,5	4	1,0
11	3,5	15	0,5	6 do 24	0,5
13	3,0	21	0,5		
17	2,0				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

NAPOMENA: Vrijednosti nisu navedene za više harmonike (iznad 25. višeg harmonika), jer su one obično vrlo malene.

3. ANALIZATOR MEMOBOX 800

MEMOBOX 800 je mjerni instrument za analizu kvalitete mreže i mjerenje svih električnih velična u mrežama niskih i srednjih napona. Uređaj mjeri tri napona i četiri struje i može se konfigurirati za više različitih mjernih funkcija. Izmjerene vrijednosti spremaju se u programiranim vremenskim razmacima. Povezane s PC-om one se mogu grafički ili numerički prikazati uporabom CODAM software-a.

3.1. Mjerne funkcije

Mjerna funkcija Q mjeri kvalitetu napona prema normi EN 50160. Mjerna funkcija P mjeri snagu i izabrane veličine vezane uz potrošače. Uz pomoć ove funkcije moguće je odrediti profil trošila. Mjerna funkcija S obuhvaća osnovne funkcije: mjerenje struje, napona i promjena u naponu.

Tablica II. Pregled mjernih funkcija uređaja MEMOBOX 800

Mjerna veličina	Mjerne funkcije		
	S Standardno	Q Kvaliteta	P Snaga
Napon (srednja, maksimalna i minimalna vrijednost)	•	•	•
Struja L1, L2, L3 (srednja, maksimalna i minimalna vrijednost)	•	•	•
Struja nulvodiča (srednja, maksimalna i minimalna vrijednost)	•	•	•
Promjene napona (padovi, prekoračenja, prekidi)	•	•	•
Snaga (P, P , Q, S. (srednja, maksimalna i minimalna vrijednost, faktor snage)			•
Zbroj snaga – ukupna snaga (srednja, maksimalna i minimalna vrijednost, faktor snage)			•
Energija			•
Fliker (P _{st} , P _{It})		•	•
Naponi harmonika		•	
THD U		•	•
THD I			•
Tjemeni faktor (crestfactor)		•	
Naponski međuharmonici		•	
Signalni naponi		•	
Asimetrija		•	
Frekvencija		•	

3.2. Mjerenje instrumentom MEMOBOX 800

Mjerenje se definira u programu CODAM 800 i mora sadržavati sljedeće podatke:

- Mjerne funkcije (P, Q ili S),
- mjernu periodu, vrijeme početka i kraja mjerenja,
- vremensko upravljanje ili upravljanje prekidačem (ručno),
- ulazno područje (opseg),
- nazivni napon, primarni i sekundarni napon kod mjerenja s naponskim pretvaračem,
- način mjerenja: faza-nulti vodič ili faza-faza,
- način pohranjivanja,
- duljina intervala,
- mjerni odlomci, odresci,
- međuharmonici i signalni naponi,
- granične vrijednosti i osjetljivost,
- način spremanja za osjetljivost
- mjerenje struja faza (da/ne?), mjerenje struje nultog vodiča (da/ne?),
- prijenosni omjer mjernih strujnih i naponskih transformatora.

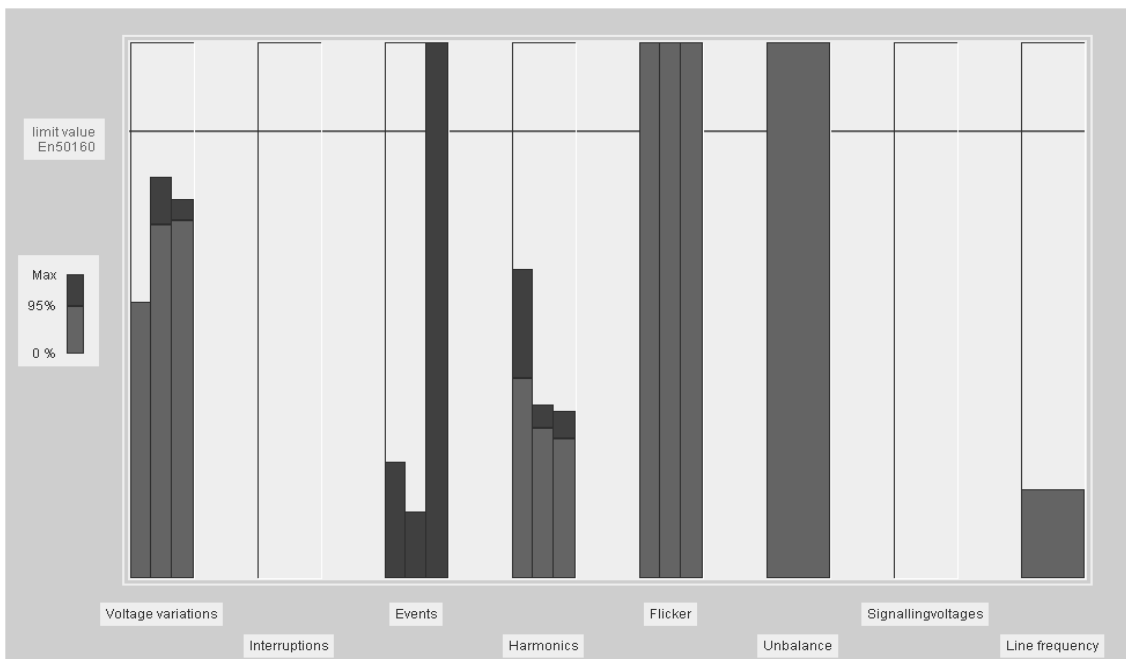
4. PRIMJER MJERENJA UREĐAJEM MEMOBOX 800

4.1. Mjerenja

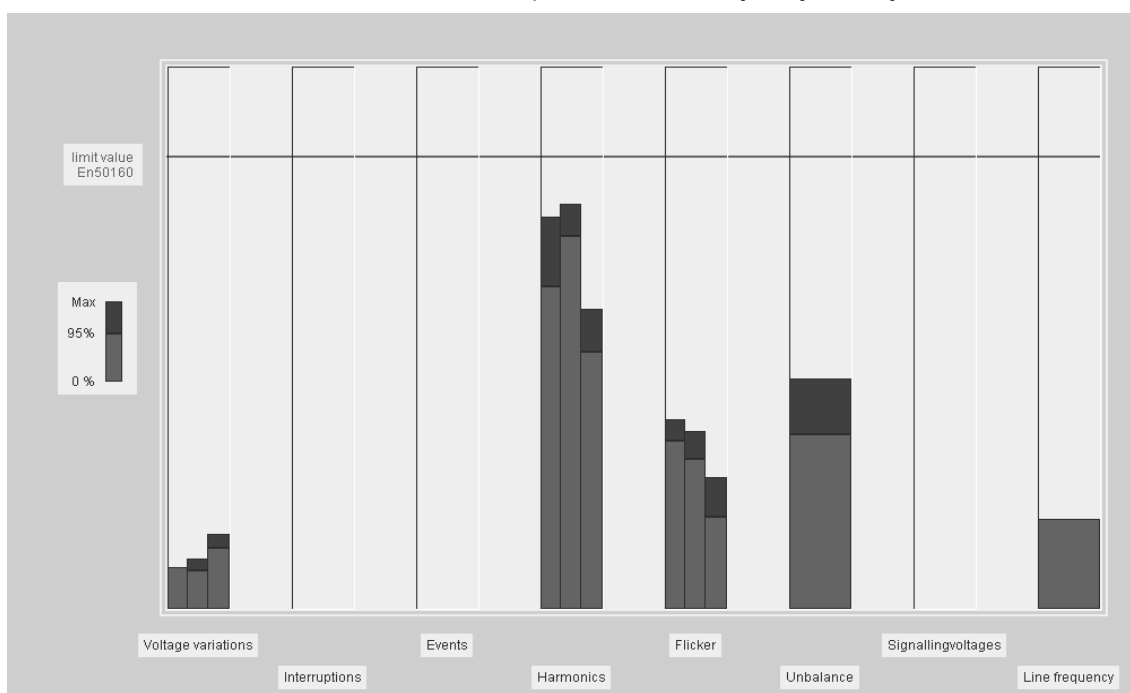
Praktično mjerenje kvalitete električne energije mjernim uređajem MEMOBOX 800 izvršeno je u više navrata (obrađen je i jedan broj TS 10/0.4 kV u HEP DP Elektroslavonija Osijek), zatim u mjestu Dalj u jednom kućanstvu, na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku te u Kliničkoj bolnici Osijek, OFMIR Bizovac. Mjerenje u Dalju je obavljeno dana 30.10.2002. godine u vremenu od 12:15 do 14:15 sati. Drugo mjerenje je obavljeno na glavnoj razdjelnici ETF-a u Osijeku i to 21.10.2002. u periodu od 13:07 do 14:31 sati. Mjerenje u OFMIR Bizovac izvedeno je u periodu tjedan dana kako to zahtijeva EN 50160. Prilikom svih mjerenja korišten je spoj i način rada mjernog uređaja koji odgovara mjernoj funkciji Q. Dobiveni podaci su prebačeni u PC te su obrađeni i prikazani uz pomoć programa CODAM 800. Kako je u okviru ovog rada praktički nemoguće prikazati sve dobivene podatke i grafikone, odabrani su samo oni najinteresantniji za ovaj rad.

4.2. Prikaz rezultata mjerenja

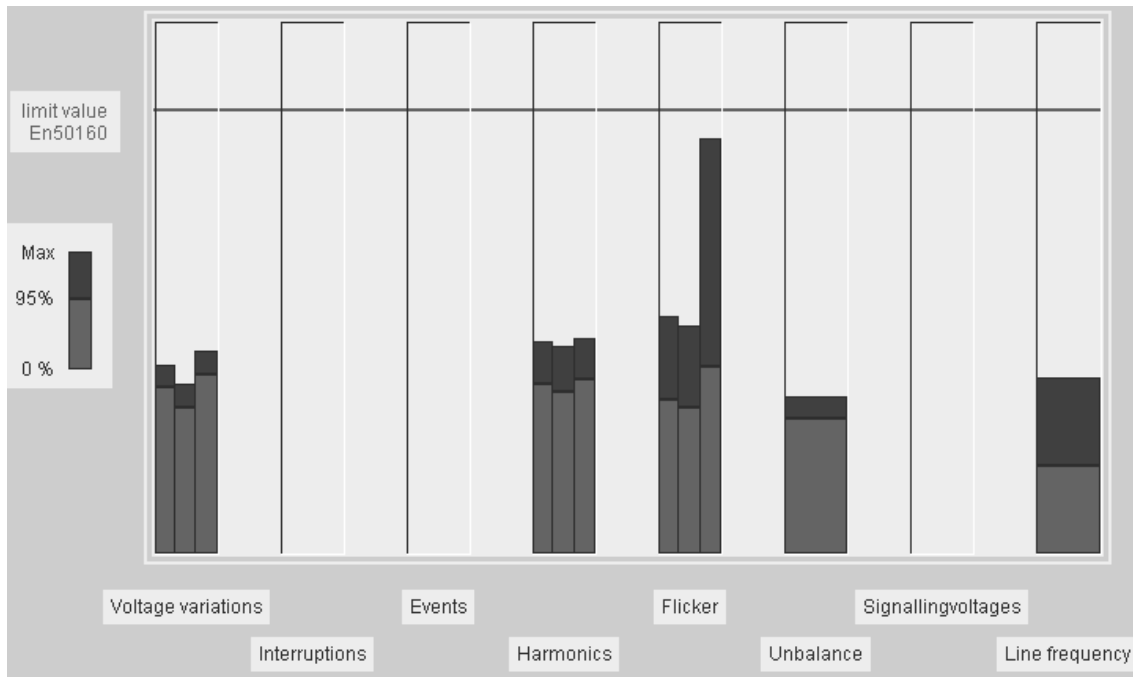
Po završetku pojedinog mjerenja dobiveni podaci s instrumenta preneseni su na PC. Nakon toga program CODAM automatski daje sumarni prikaz rezultata mjerenja prema EN 50160. Na slijedećim slikama vidi se takav prikaz rezultata mjerenja u Dalju (slika 1), na ETF Osijek (slika 2) te u OFMIR Bizovac (slika 3). Iz njega se na prvi pogled vidi zadovoljava li promatrana mreža zadanu normu ili ne. Sa slika se uočava da kvaliteta električne energije ne zadovoljava normu u obiteljskom gospodarstvu u Dalju, jer su razine pogonskih događaja, nesimetrije i flickera iznad propisanih vrijednosti. Na ETF-u Osijek situacija je drugačija i tu je kvaliteta električne energije potpuno zadovoljila normu s tim što se uporaba velikog broja računala (preko 250) u zgradi manifestirala na povećanom sadržaju harmonika i povećanom THD koeficijentu, ali još uvijek u okviru dopuštenih vrijednosti. U KTS OFMIR Bizovac razina kvalitete opskrbnog napona zadovoljava svih 8 temeljnih pokazatelja kvalitete opskrbnog napona.



Slika 1. Grafički sumarni prikaz rezultata mjerenja u Dalju



Slika 2. Grafički sumarni prikaz rezultata mjerenja na ETF Osijek.



Slika 3. Grafički sumarni prikaz rezultata mjerenja u KTS OFMIR-Bizovac.

Nakon pregleda sumarnih rezultata moguće je pregledati rezultate po pojedinim parametrima kvalitete električne energije. Na slici 4 je prikaz broja pogonskih događaja za tri faze mjerenja u kućanstvu u Dalju. Na prikazu u obliku tablice vidi se broj prenapona i broj naponskih propada koji imaju iznos veći od 10% nazivnog napona te njihovo trajanje. Ispod tablice nalazi se kratka rekapitulacija tablice iz koje se vidi se da je bilo ukupno 230 pogonskih događaja, a EN 50160 dozvoljava maksimalno 100.

Phase L1, L2, L3	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%	11	2	1	1				
Dip > 10.00%								
10...< 15 %	138	50	14	2	2		1	
15...< 30 %	3	3	1					
30...< 60 %				1				
60...< 99 %								
Interruption								

Recording as events from -10.00/+10.00% of the nominal voltage
 Dip according to UNIPEDE measurement guide

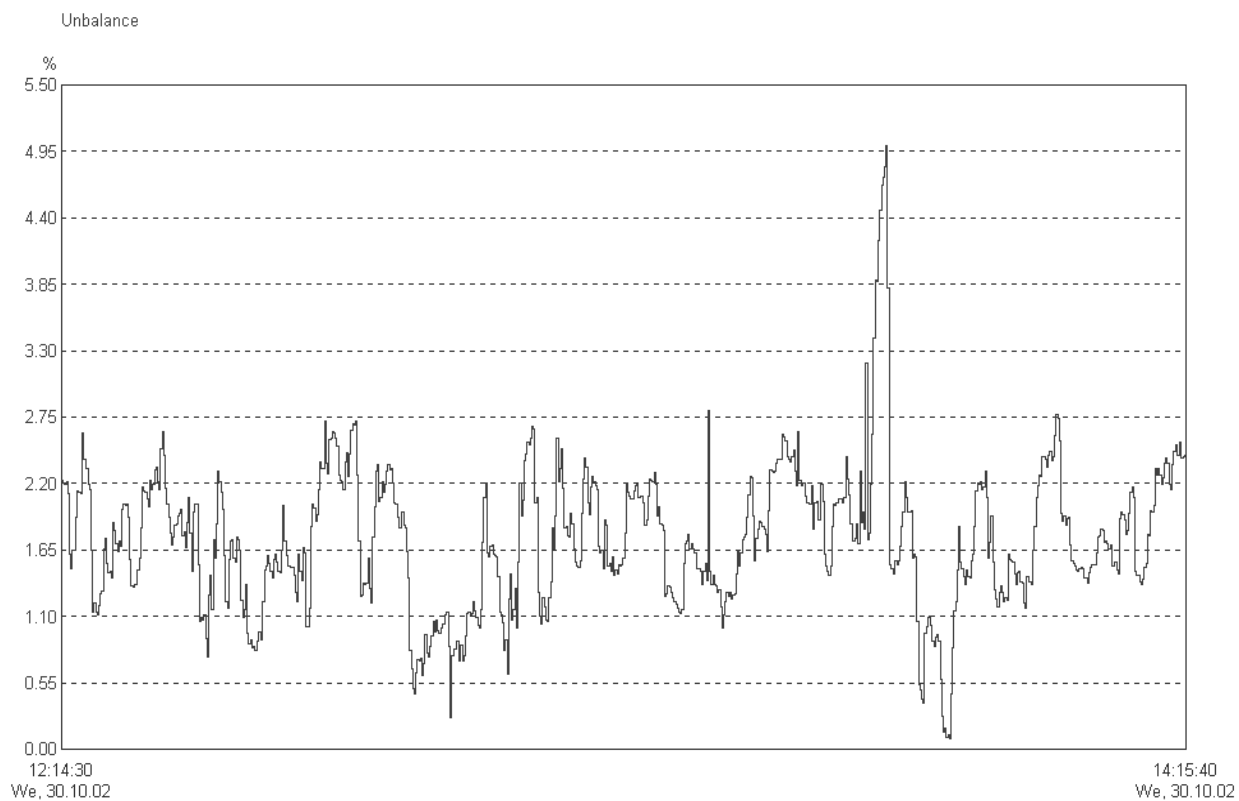
Number of surges	15
Number of Dips	215
Number of short interruptions (<3 min)	0
Number of long interruptions (>=3 min)	0
Number of interruptions	0
Total events and interruptions	230
Total number of allowed events	100
Total number of allowed interruptions	100

Slika 4. Prikaz broja pogonskih događaja – mjerenje u Dalju.

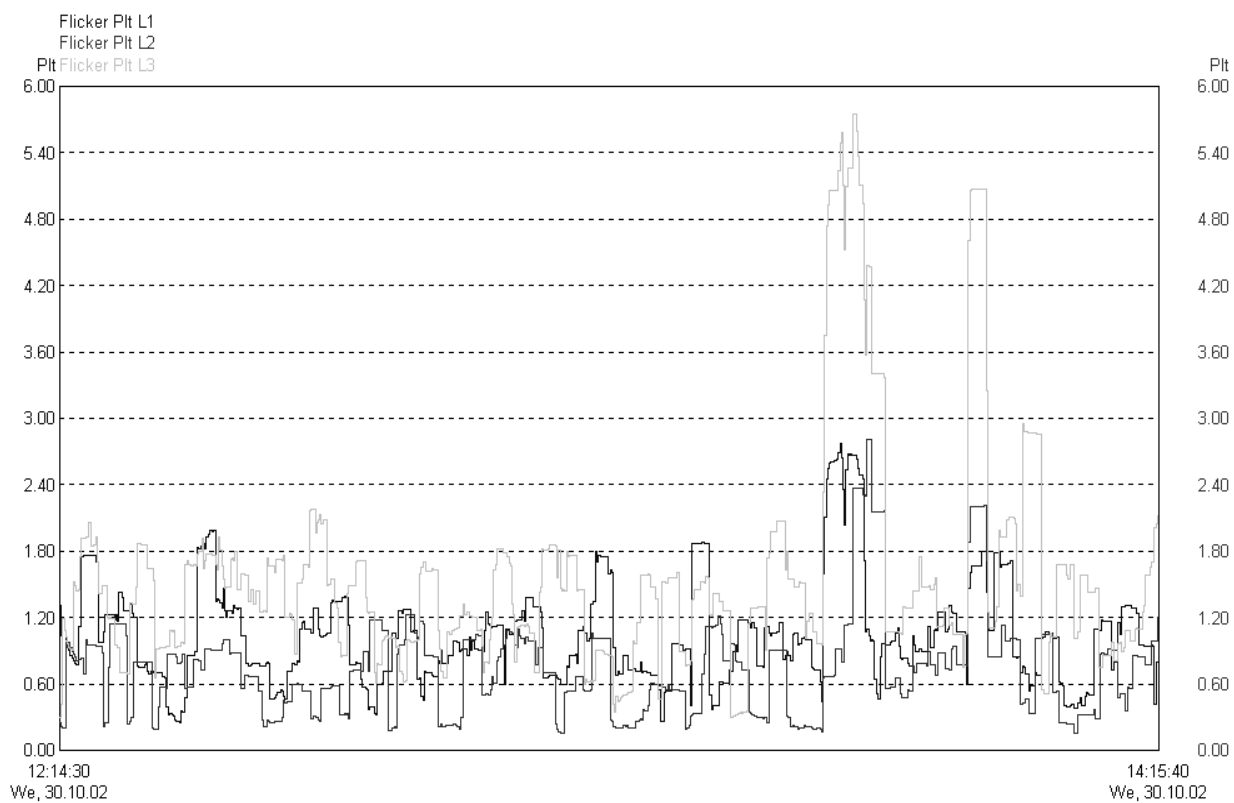
Do prikaza mjernih podataka u obliku dijagrama i grafova dolazi se prethodnim određivanjem grupe podataka koje se želi vidjeti na ekranu u CODAMU. Npr. slika 5 prikazuje nesimetriju napona mjenog u Dalju. Dopuštena vrijednost prema EN 50160 je 2%. Iz dijagrama se vidi da je iznos nesimetrije veći od dopuštene vrijednosti.

Na slici 6 prikazani su dugotrajni treptaji (flickeri) s mjerenja u Dalju. S obzirom da prema EN 50160 dugotrajna jakost treperenja poradi promjena napona ne smije prelaziti vrijednost $Plt = 1$, iz dijagrama se vidi da dugotrajni treptaji nisu u granicama dopuštenoga.

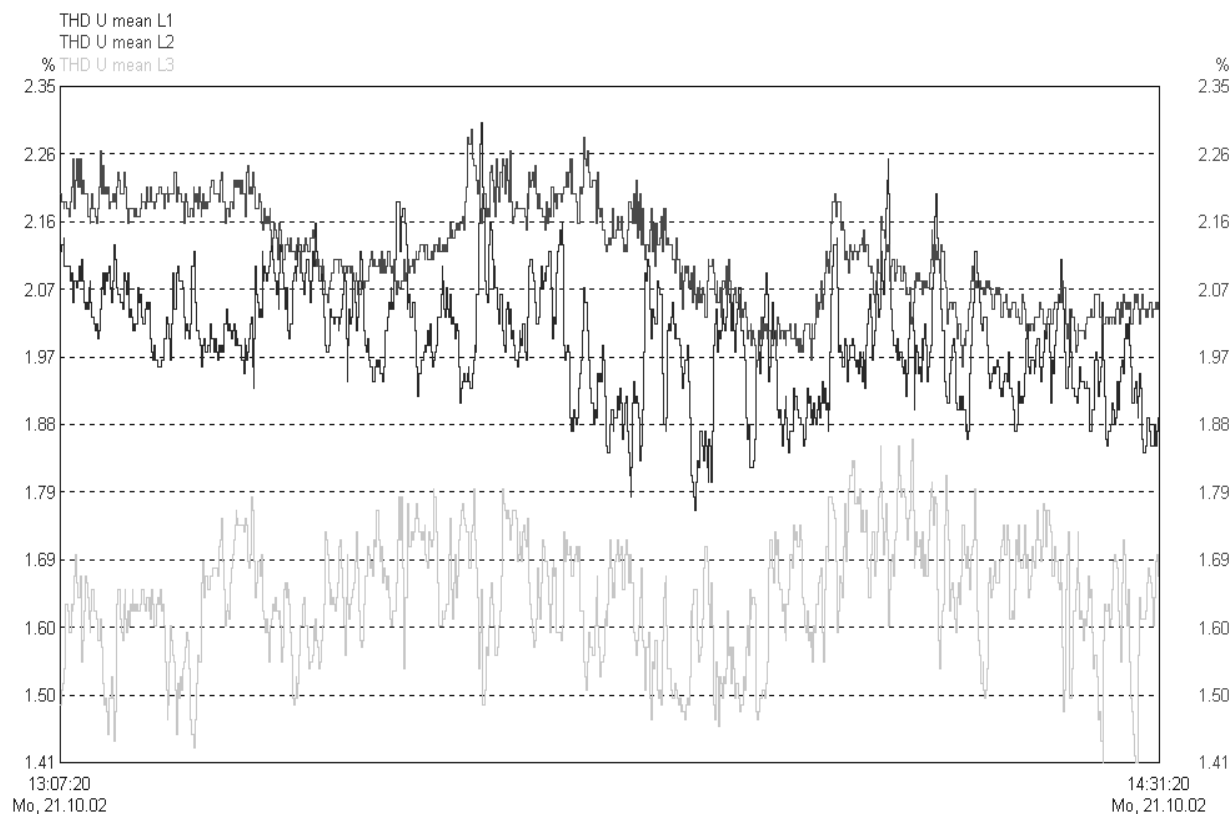
Na ETF-u Osijek je kvaliteta električne energije potpuno zadovoljila normu s tim što se uporaba velikog broja računala (preko 250) u zgradi manifestirala na povećanom sadržaju harmonika i povećanom THD koeficijentu, ali još uvijek u okviru dopuštenih vrijednosti. Na slici 7 je dijagram THD koeficijenta faza L1, L2 i L3 iz kojeg se vidi da je maksimalna vrijednost koeficijenta 2.29% (faza L2) što je još uvijek daleko ispod dozvoljene vrijednosti od 8%.



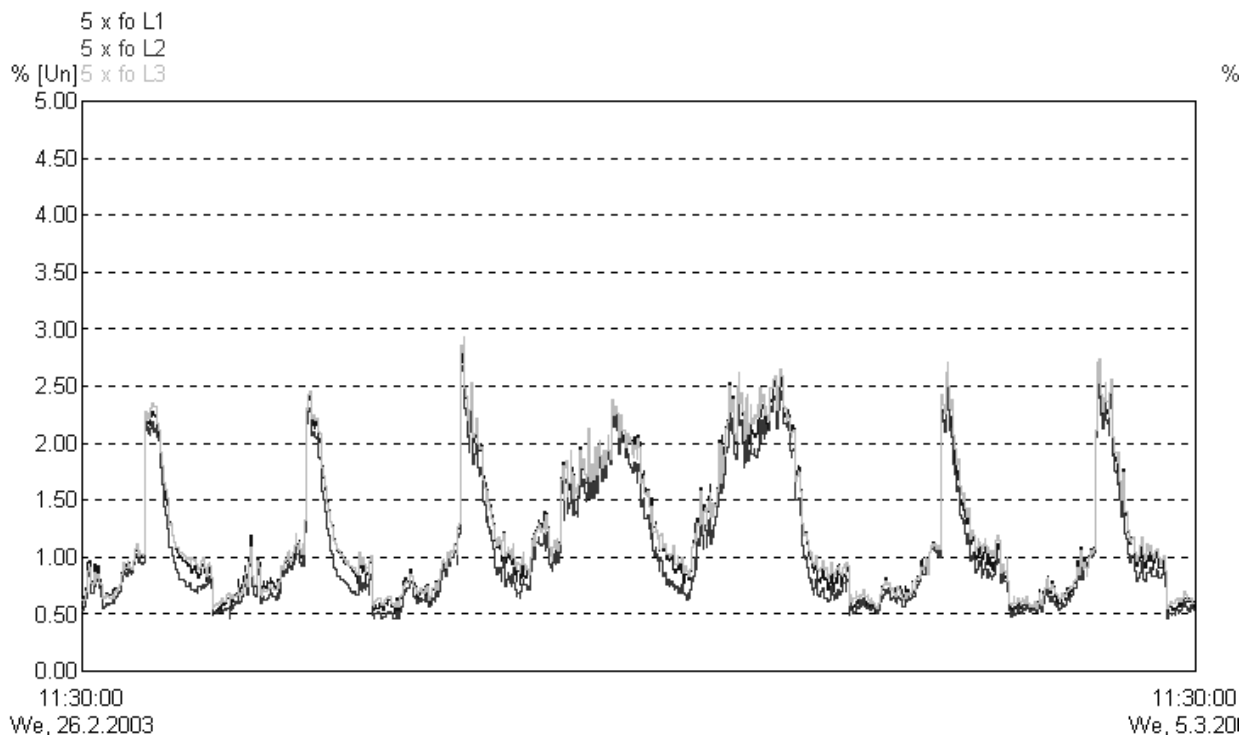
Slika 5. Prikaz nesimetrije napona za mjerenje u Dalju.



Slika 6. Dugotrajni treptaji (flickeri) - mjerenje u Dalju.

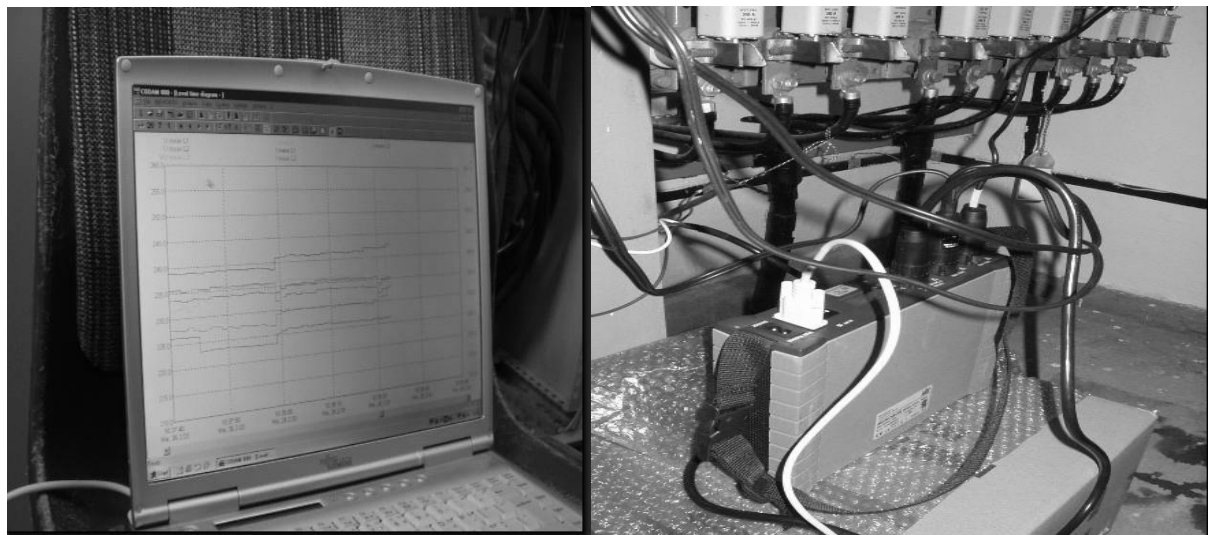


Slika 7. Ukupna harmonička distorzija napona faza L1, L2, i L3 – mjerenje na ETF-u u Osijeku.



Slika 8. Sadržaj 5- tog harmonika u % u TS Bizovac-Bolnica

Prikaz u pogonu priključka analizatora i prijenosnog računala u online modu rada, s ispisom željenih podataka na displeju lap-top računala prikazan je na slici 9.



Slika 9. Online mod rada analizatora i računala u TS Bizovac

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je primjena suvremenog mrežnog analizatora MEMOBOX 800 te pripadajućeg programa CODAM 800. Instrument MEMOBOX 800 može mjeriti sve električne veličine u mrežama niskih i srednjih napona, a pomoću programa CODAM 800 moguć je detaljan pregled i analiza izmjerenih veličina.

Kvaliteta električne energije postaje sve značajnije pitanje i važna tema elektrodistributivnih organizacija za opskrbu električnom energijom, radnog osoblja, servisera i menadžera sektora za održavanje kao i potrošača, kako u industriji tako i javnom sektoru i domaćinstvima.

Mrežni analizator MEMOBOX 800 upotrijebljen je za analizu kvalitete električne energije na tri mjesta: u mjestu Dalj u kućanstvu, na glavnoj razdjelnici Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku te u Kliničkoj bolnici Osijek, KTS OFMIR Bizovac. U kućanstvu u Dalju su razine pogonskih događaja, nesimetrije i flickera iznad vrijednosti koje su propisane normom EN 50160. Na ETF-u Osijek situacija je drugačija i tu je kvaliteta električne energije zadovoljila normu s tim što je uporaba velikog broja računala rezultirala povećanim sadržajem harmonika i povećanim THD koeficijentom, ali u okviru dopuštenih vrijednosti. U KTS OFMIR Bizovac razina kvalitete opskrbnog napona zadovoljava svih 8 temeljnih pokazatelja kvalitete opskrbnog napona.

Pitanja za diskusiju

1. Kakav je status i primjena EN 50160 u Hrvatskoj s aspekta regulative?
2. Postoje li mjerenja kvalitete električne energije prema EN 50160 u Hrvatskoj i kako se eventualni rezultati primjenjuju?
3. Postoje li slična iskustva u analizi kvalitete električne energije u Hrvatskoj i kojim instrumentima (ovim ili sličnim)?

LITERATURA

- [1] POWER QUALITY Cahier Technique Schneider Electric no. 199/PH Philippe Ferracci/2001
- [2] MEMOBOX 800 Network Performance Analyser - USER'S GUIDE
- [3] CODAM 800 – USER'S GUIDE
- [4] ELECTRIC POWER QUALITY-Second edition/Gerald Heydt/Stars in a Circle Pub. 1994