

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Stručni studij**

**Karakteristike napona na obiteljskoj kući**

**Završni rad**

**Matej Kovčalija**

**Osijek, 2019.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak završnog rada .....	1
2. KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	2
2.1 Općenito o kvaliteti električne energije .....	2
2.2 Norma HRN EN 50160.....	2
2.3. Norma HRN EN 50160 – osnovni parametri .....	3
2.3.1. Kolebanje napona.....	5
2.3.2. Treperenje.....	6
2.3.3. Harmonici i međuharmonici .....	7
2.3.4. Frekvencija.....	8
2.3.5. Nesimetričnost između faza napona .....	8
2.3.6. Naponski propadi .....	9
2.3.7. Prekid opskrbe.....	9
2.4. Električna energija u Osječko-Baranjskoj županiji.....	10
3. MJERENJE PARAMETARA MREŽE ZA OCJENU KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	12
3.1. Odabir mjerne opreme za analizu kvalitete električne energije .....	12
3.2. Senzori U I.....	12
3.3. Akvizicija.....	14
3.4. PC računalo i software.....	15
3.5. Uređaji za mjerenje kvalitete električne energije.....	15
4. MJERENJE I ANALIZA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	17
4.1. Mjerni instrumenti .....	17
4.2. Izvođenje mjerenja.....	19
4.3. Rezultati mjerenja.....	21
4.4. Analiza mjerenja za nasumičan dan.....	23
4.5. Poteškoće na mreži .....	24
5. ZAKLJUČAK.....	26
6. LITERATURA .....	27
7. SAŽETAK.....	28
8. ABSTRACT .....	28
9. ŽIVOTOPIS.....	29

## **1.UVOD**

Kvaliteta napona je jedan od bitnijih čimbenika opskrbe u obavljanju distribucijske djelatnosti te je kao takva regulirana raznim propisima od kojih je i norma HRN EN 50160 kako bi se držalo zadanih granica propisanih istom normom.

Kod električne energije specifičnost je ta da se potrošač opskrbljuje od udaljenih proizvođača električne energije, a ta je udaljenost jedna od većih poteškoća upravo zbog gubitaka koji nastaju u prijenosu. Prijenos dalekovodima i promjene u naponskim razinama uvelike narušavaju kvalitete proizvedenog napona i njegovih karakteristika (frekvencija, valni oblik napona).

Uzevši u obzir poteškoće koje nastaju od strane proizvođača električne energije, treba uvidjeti da i poneka trošila (elektromotori, osobna računala, klima uređaji, štedne žarulje) znaju poremetiti karakteristike električne energije zbog viših harmonika.

Zbog takvih trošila koja zbog svojih karakteristika utječu na karakteristike napona, operator sustava je dužan unaprijed predvidjeti granične vrijednosti napona i struje.

### **1.1. Zadatak završnog rada**

U ovom završnom radu će se dati uvid u karakteristike napona koji je od strane distributera osiguran za obiteljsku kuću, te pregled istih uz potrošnju 3 člana kućanstva u promatranom razdoblju od tjedan dana. Mjerenje se obavljalo uz pomoć prijenosnog logera (FLUKE 1745) koji mjeri sve parametre kvalitete električne energije.

## **2. KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE**

### **2.1 Općenito o kvaliteti električne energije**

Kvaliteta električne energije može se definirati na različite načine ovisno o tome da li gledamo sa pogleda distributera električne energije ili sa pogleda potrošača. U današnjim uvjetima potrošači su najvažniji u kontroli kvalitete električne energije pa se stoga kvaliteta električne energije može definirati kao odsutnost svake nepravilnosti u bilo kojoj veličini, koja bi prouzročila kvar ili nepravilno djelovanje trošila potrošača. Tehničke norme pri tome definiraju one veličine koje su najbitnije u kontroli kvalitete električne energije: napon, amplituda, valni oblik, simetrija u trofaznim mrežama. Kvaliteta električne energije prije svega je kvaliteta napona jer distributer električne energije može osigurati kvalitetan napon, ali ne može utjecati na eventualne probleme i kvarove koje bi prouzročili pojedini potrošači zbog njihove struje. [1]

### **2.2 Norma HRN EN 50160**

Europska norma EN 50160 koja je prihvaćena u Hrvatskoj pod nazivom HRN EN 50160 je norma za kvalitetu električne energije na mjestu gdje operator električne energije predaje električnu energiju potrošačima u sredjenaponskim i niskonaponskim mrežama pri normalnim pogonskim uvjetima. Uloga norme je definirati karakteristike napona s obzirom na valni oblik, visinu, frekvenciju i simetriju kod trofaznih sustava. Norma ne zadaje granične vrijednosti, već se postavljaju vrijednosti koje ne smiju biti premašene u 95 % vremenskog razmatranja. Ovisno o mjerenoj veličini promatra se 10-sekundna ili desetominutna srednja vrijednost mjerene veličine.

Kao nazivna frekvencija napona definiran je iznos od 50 Hz. Pri normalnim pogonskim uvjetima 10 sekundna srednja vrijednost frekvencije u nekoj mreži mora biti u slijedećim opsezima:

- kod mreža povezanih s elektroenergetskim sustavom: 50 Hz +/- 1 % (tijekom 99,5 % tjedna)
- 50 Hz +/- 6 % (tijekom 100 % godine)

Kao normirani nazivni napon za niskonaponske mreže definiran 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.

Bez prekida opskrbe električnom energijom, 95 % desetominutnih srednjih vrijednosti normiranog napona svakog tjednog intervala mora iznositi +/- 10 %. Preostalih 5 % desetominutnih srednjih vrijednosti napona svakog tjednog intervala mora biti u opsegu:  $U_n +10$  % / -15 % ( odnosno maximum 253 V, a minimalno 199,5 V).

Nagle promjene opterećenja potrošača mogu izazvati brze promjene napona koje u normalnim uvjetima ne prelaze 5 % nazivnog napona. Pod određenim okolnostima može se pojaviti i više kratkotrajnih naglih promjena napona do 10 % nazivnog napona. Prekidom napajanja se smatra svaka promjena napona koja dovodi do opskrbnog napona manjeg od 1 % nazivnog napona. Dugotrajna jakost treperenja koja nastaje zbog promjena napona ne smije prelaziti vrijednost od  $P_{IT}=1$ . Kratki prekid napona opskrbe ne smije trajati duže od 1 sekunde u 70 % slučajeva prekida. [2]

### **2.3. Norma HRN EN 50160 – osnovni parametri**

Postoji osam osnovnih parametara europske norme HRN EN 50160 koje je važno mjeriti tijekom jednog tjedna i pohraniti kako bi se mogla utvrditi kvaliteta električne energije: [3]

- kolebanje napona
- treperenje ( fliker), kratkotrajno i dugotrajno
- harmonici: od 2. do 40.
- naponi signaliziranja, međuharmonici
- frekvencija opskrbnog napona
- nesimetričnost napona
- naponski propadi i/ ili udarna prijelazna stanja
- prekidi opskrbe

Parametre izmjerenih navedenih veličina potrebno je usporediti sa preporučenim vrijednostima ( Tablica 2.1.).

parametri	vrijeme usrednjavanja	granične vrijednosti tijekom 95% tjedna (160 sati)	granične vrijednosti tijekom cijelog tjedna (100% = 168 sati)
kolebanje napona	10 min	$\pm 10\% U_N$	$U_N +10/-15\%$ u ostalih 5% tjedna
treperenje (fliker)	Pst - 10 min Plt - 120 min	Plt < 1	
harmonici	10 min	tablica do 40. harmonika	
<u>THD</u>	10 min	< 8%	
signalni napon	3 s	< 5% od $U_N$ (1 ... 10 kHz) u 99% od 24 sata (1 dan)	
frekvencija (50 Hz)	10 s	$\pm 1\%$ (prema novom: tijekom 99,5% trajanja jedne godine)	+4% / -6% u ostalom dijelu (0,5%) jedne iste godine
asimetričnost	10 min	< 2%	
naponski propad	10 ms	nije objašnjeno egzaktno, već samo opisno, npr. do 100 tjedno	
prekidi	10 ms	nije objašnjeno egzaktno, već opisno, npr. 10 - 50 godišnje	

Tab 2.1. Preporučene vrijednosti parametara prema normi HRN EN 50160 [3]

Ova norma ne vrijedi u slučajevima kada:

- postrojenje ili uređaj potrošača ne zadovoljava mjerodavne norme ili neke tehničke uvjete
- za pogon nakon nekog kvara
- u slučaju kada postrojenje za proizvodnju ne zadovoljava neke tehničke uvjete i propise

- u nekim izvanrednim okolnostima kao što su vremenske prilike, smetnje izazvane od treće strane

Norma se može u potpunosti ili djelomično nadomjestiti nekim ugovorom između pojedinog potrošača i isporučitelja električne energije. [3]

### 2.3.1. Kolebanje napona

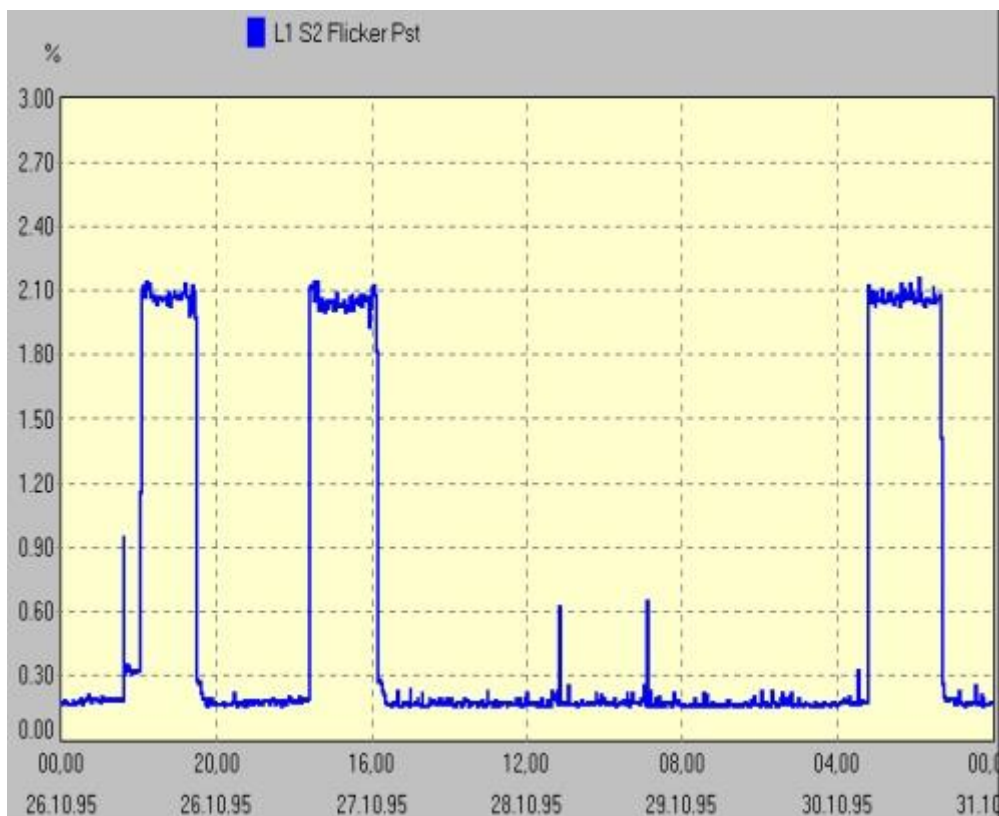
Kolebanje napona je prihvatljivo ako se napon srednje efektivne vrijednosti u stacionarnim uvjetima nalazi u +/- 10 % vrijednosti normiranog nazivnog napona unutar 95 % svih desetominutnih srednjih vrijednosti napona opskrbe. U ostalih 5 % dozvoljeno je odstupanje napona u iznosu od +/- 10 % - 15 %. Prema navedenim pravilima bi 1008 desetominutnih srednjih vrijednosti napona koji su izmjereni tijekom jednog tjedna, 958 ih treba biti unutar vrijednost 207 - 253 V na primjerice nazivni napon od 230 V izmjeničnog napona ( Graf 2.1.). [3]



Graf 2.1. Primjer dijagram dijela desetominutnih srednjih efektivnih vrijednosti napona [3]

### 2.3.2. Treperenje

Zbog promjene intenziteta svjetla u okolini u kojoj se nalazimo javlja se potreba za mjerenjem ovog parametra zbog lošeg utjecaja na zdravlje ljudi. Mogu se javiti različite poteškoće kao što su glavobolje, depresije i problemi sa vidom. Treperenje je definirano tako da ukoliko se 100 osoba nalazi u nekoj prostoriji i ako se intenzitet svjetla promjeni tako da ih 50 % osoba primijeti, tada treperenje ima intenzitet 1 (Graf 2.2.). Treperenje nastaje kao posljedica amplitudnog moduliranja napona opskrbe frekvencijama unutar granica od 1 do 33 Hz. Primjerice, ako modulirajući signal ima vrijednost od 8 Hz, amplituda fluaktancije napona iznosi oko 0,256 % od nazivne vrijednosti. Flikometar je uređaj koji je projektiran na temelju precizno određenih ovisnosti. Mjerenje se vrši tako da se mjeri vrijednost kratkotrajne jakosti treperenja tijekom desetominutnog vremenskog intervala. Dugotrajno treperenje mjeri se pomoću niza od 12 uzastopnih vrijednosti Pst.[3]



Graf 2.2. Vrijednost dugotrajnog treperenja [3]

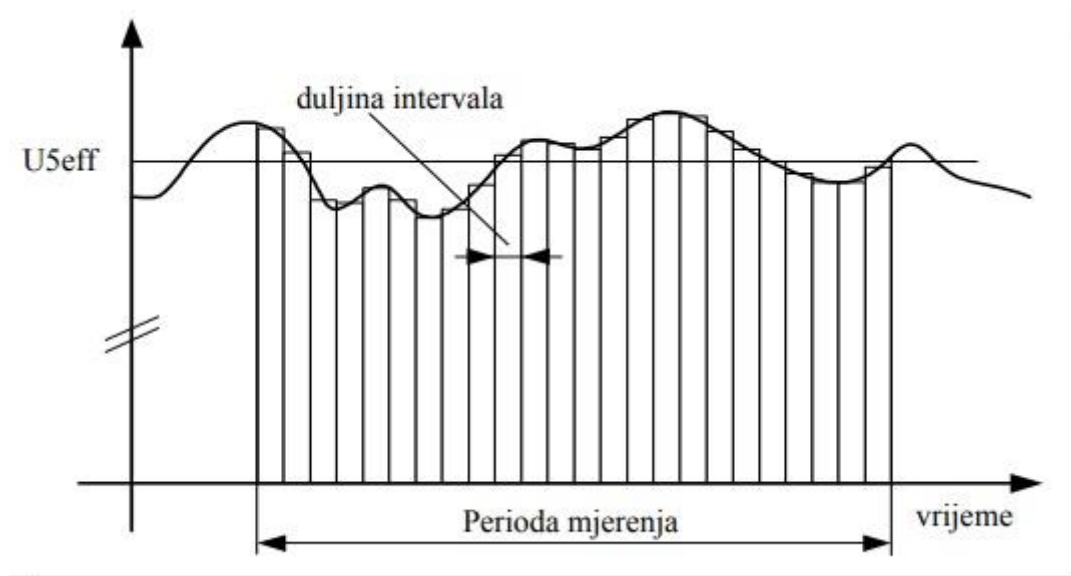


### 2.3.3. Harmonici i međuharmonici

Dopuštene se vrijednosti viših harmonika prikazuju tablično na dva načina:

- pojedinačno, njihovim amplitudama, svedenim na amplitudu osnovnog harmonika
- zajednički pomoću ukupnog sadržaja viših harmonika.

Ukupno harmonijsko izobličenje mora tijekom perioda od deset minuta biti manja od 8 %, dok je kod pojedinih harmonika dozvoljeno imati iznose u granicama od 0,5 % do 6 % od vrijednosti prvog harmonika. Viši harmonici nastaju zbog viših harmonika struja nelinearnih opterećenja potrošača koji su priključeni na različite napone distribucijske mreže. Unutar distribucijske mreže viši harmonici struje opterećenja stvaraju više harmonike napojnog napona. [3]



Graf 2.3. Primjer mjerenja efektivne vrijednosti 5.harmonika [3]

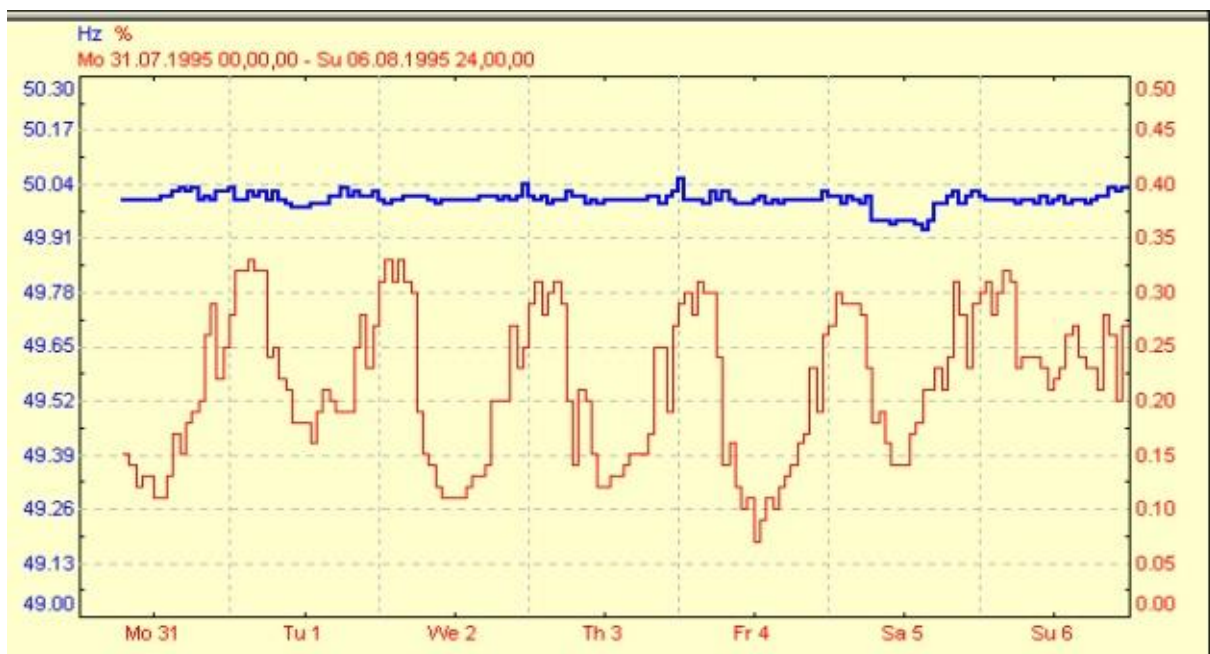
### 2.3.4. Frekvencija

Za nazivnu frekvenciju napona definiran je iznos od 50 Hz. Desetosekundna srednja vrijednost frekvencija u promatranoj mreži mora biti unutar slijedećih granica:

- mreže koje su povezane sa elektroenergetskim sustavom: 50 Hz +/- 1 % tijekom 95 % godine, odnosno 50 Hz +4 % / -6 % tijekom ostalih 5% godine.
- kod mreža koje nisu povezane na elektroenergetski sustav već možda imaju npr. samostalno napajanje, 50 Hz +/- 2 % tijekom 95 % tjedna, odnosno 50 Hz +/- 15 % tijekom preostalih 5 % tjedna. [3]

### 2.3.5. Nesimetričnost između faza napona

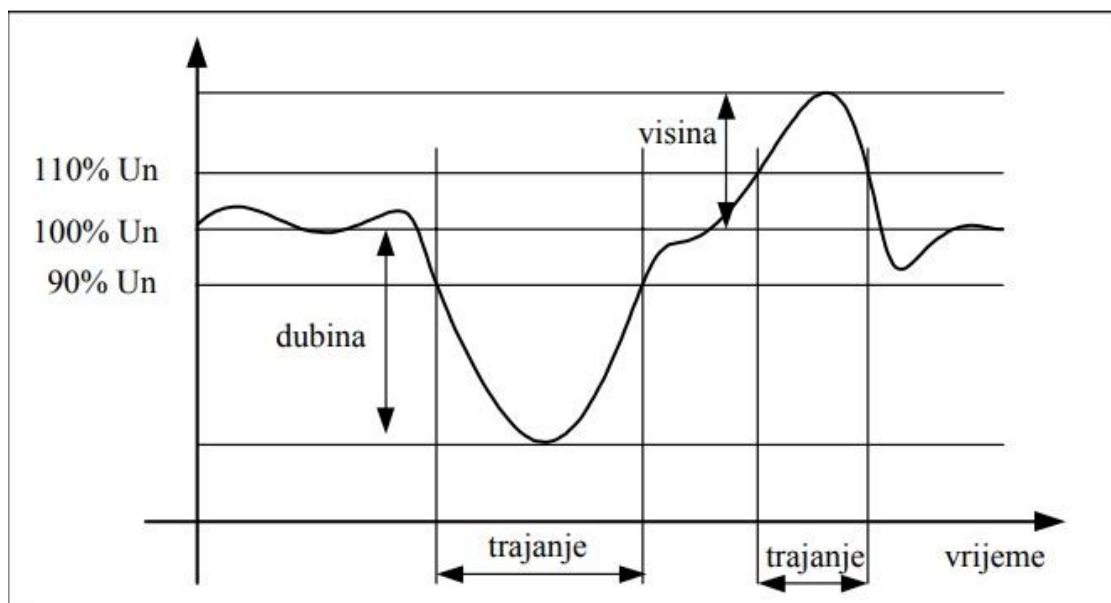
Ovaj parametar je definiran tako da pri normalnim pogonskim uvjetima rada desetominutne srednje vrijednosti inverzne komponente napona ne smiju prelaziti 95 % tjednog intervala 2 % izravne odnosno direktne komponente. [3]



Graf 2.4. Nesimetrija napona i frekvencija izvan dopuštenih granica uzrokuju probleme [3]

### 2.3.6. Naponski propadi

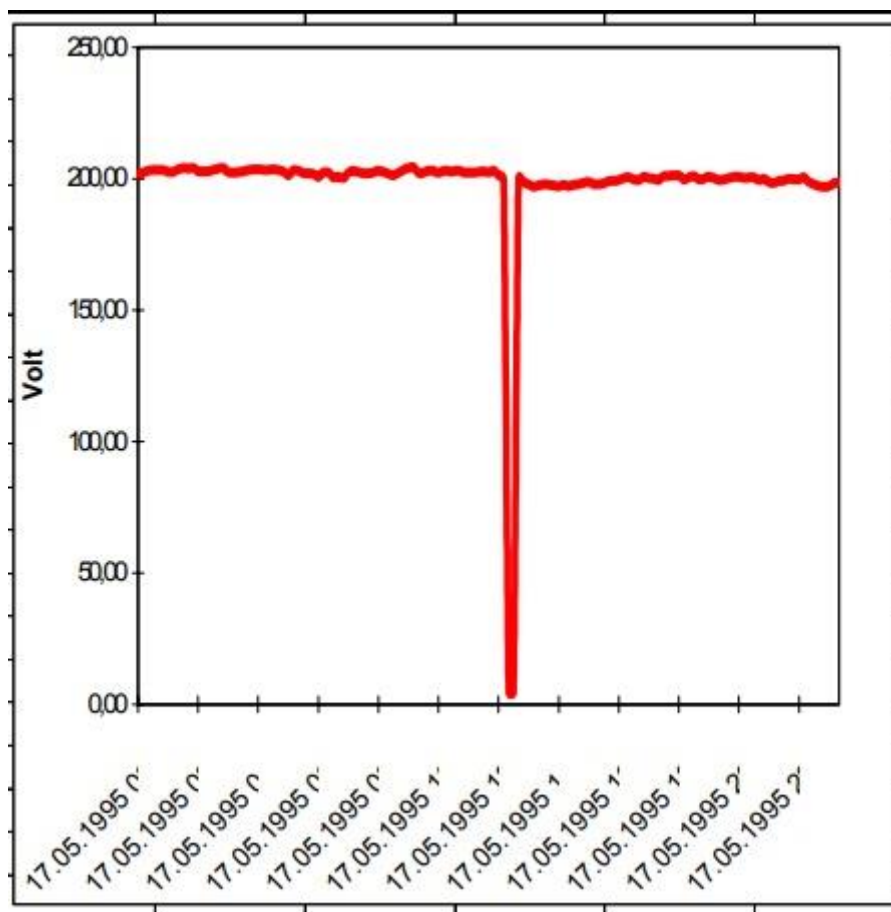
Zbog naglih promjena opterećenja potrošača ili nekih drugih kvarova dolazi do naponskih propada u mreži. Propad je dakle naglo ili kratkotrajno smanjenje opskrbnog napona na određenu vrijednost koja je u granicama od 90 %, pa do 1 % nazivnog napona. Broj dopuštenih propada napona tijekom promatrane godine mora se kretati unutar 10 do 1000 i od toga ih većina ne smije trajati duže od 1 sekunde i amplitude veće od 60 % nazivnog napona. Uređaj MEMOBOX jedan je od uređaja koji mogu pohraniti ovakve propade u trenutku nastupa i prikazati trajanje ovakve pojave ( Graf 2.4.). [3]



Graf 2.5. Prikaz trajanja i iznosa propada napona [3]

### 2.3.7. Prekid opskrbe

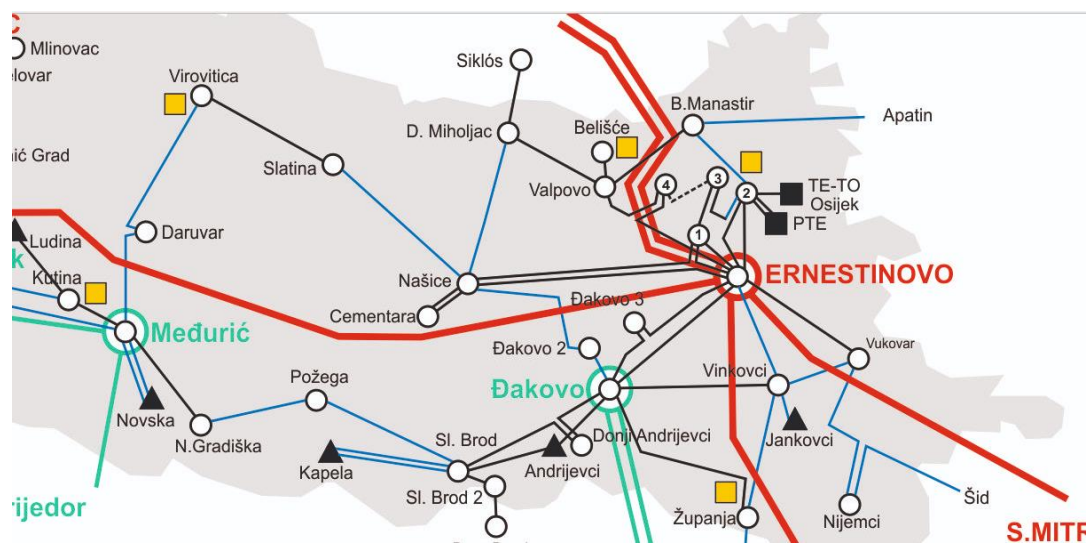
Ukoliko na mjestu predaje električne energije od distributera prema potrošaču dođe manje od 1 % nazivnog napona tada smatramo da je došlo do prekida napona. Postoje planirani i neplanirani prekidi te kratkotrajni i dugotrajni. Oko 70 % kratkih prekida napona tijekom godine ne smije biti duže od 1 sekunde. Kod dugih prekida napona dozvoljeno je od 10 do 50 prekida tijekom godine. [3]



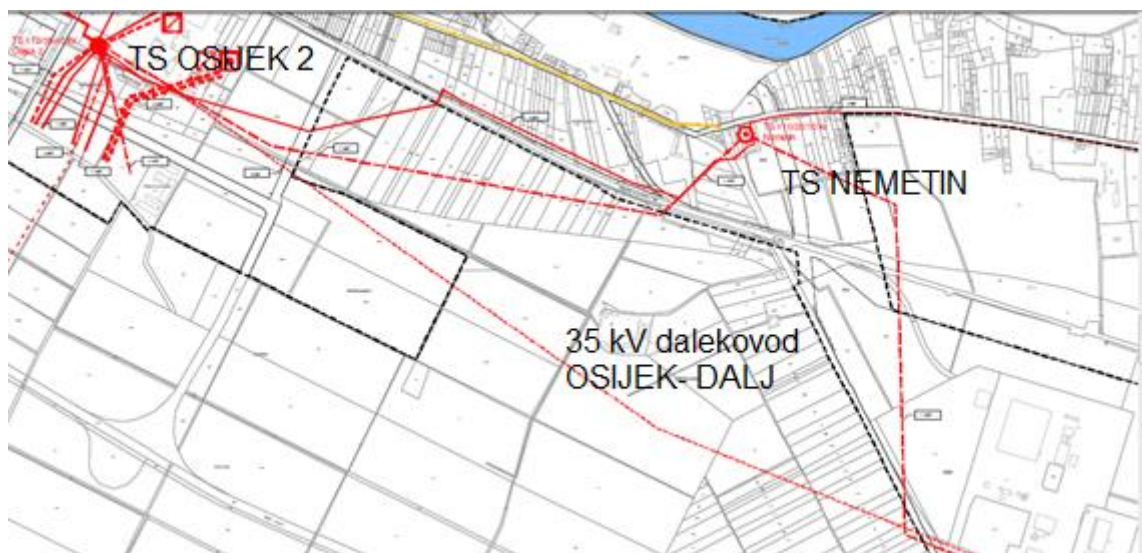
Graf 2.6. Prekid opskrbe napona [3]

## 2.4. Električna energija u Osječko-Baranjskoj županiji

Distribuciju električnom energijom u Osječko-baranjskoj županiji obavlja HEP-ODS Elektroslavonija Osijek, te je zadužena da preko prijenosnog sustava Republike Hrvatske distribuiraju električnu energiju. Najveći dijelovi cijelog sustava u Osječko-baranjskoj županiji su TS Ernestinovo (400/110 KV) (Slika 2.1.), te TE-TO Osijek koja osim što je zadužena za proizvodnju električne energije je zadužena i za grijanje grada Osijeka. Mjesto obavljanja mjerenja je Dalj, koje je spojeno sa Osijekom putem 35 KV nadzemnim kabelom koji se pruža sa TS Osijek 2, uzduž kojeg je planirano provesti i 110 KV nadzemni vod (240 mm<sup>2</sup>) koji će spajati Osijek i Vukovar (Slika 2.2.).



SI 2.1. Prijenosna mreža Osječko-baranjske županije [4]



SI 2.2. Prijenosna mreža TS Osijek 2 (35 KV) i TS Nemetin (110 KV) [5]

### 3. MJERENJE PARAMETARA MREŽE ZA OCJENU KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mjerenja koja se izvode kako bi se utvrdila kvaliteta električne energije obavljaju se uglavnom u trofaznim izmjeničnim mrežama (moguća je i analiza na jednoj ili dvije faze). Pomoću dobivenih oblika trofaznog napona i napona nultog vodiča može se doći do parametara kvalitete napona. Mjerenjem oblika struje može se vidjeti utjecaj koji ima mjerena vrijednost struje na kvalitetu električne energije. [6]

#### 3.1. Odabir mjerne opreme za analizu kvalitete električne energije

Mjerna oprema koja se koristi za proces mjerenja i analize dobivenih rezultata kvalitete električne energije mora zadovoljiti određene kriterije. Kroz blokovski prikaz (slika 3.1.) može se najjednostavnije predočiti proces mjerenja parametara kvalitete električne energije. Mjerene veličine su veličine koje sustav treba mjeriti. To su četiri oblika napona (tri fazna napona i napon nultog vodiča) te četiri oblika struja (tri fazne struje i struja nultog vodiča). [6]



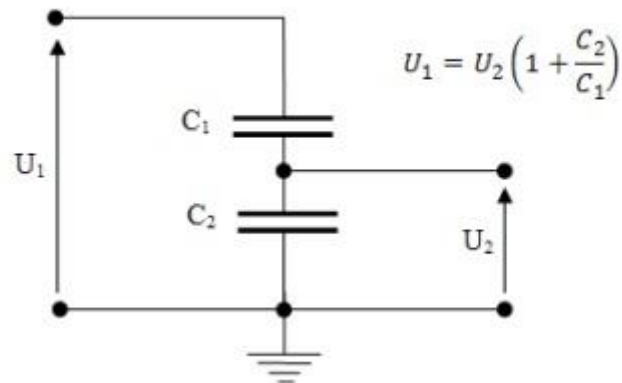
Sl 3.1. Blokovski prikaz procesa mjerenja parametara kvalitete električne energije [6]

#### 3.2. Senzori U I

Senzori U I su naponski i strujni senzori čija je uloga prilagoditi mjerne veličine na ulazu u akviziciju. Ovakvi su senzori podijeljeni na dva dijela: dio koji pripada mjernom sustavu i dio koji pripada opremi koja je instalirana u transformatorskoj stanici. Mjerni sustav mora moći podnijeti na svome ulazu napone distribucijske mreže koji iznose 0,4 KV. Pri mjerenju napona i struje potrebno je povesti računa da se mjerenje prilagodi njihovim iznosima, uz to treba paziti i na mjerni opseg jer se ovakvi senzori spajaju i na mreže viših napona preko naponskih i mjernih transformatora. [6]

Senzori napona mogu biti izvedeni na sljedeće načine:

- naponski mjerni transformator
- kapacitivno djelilo
- omski djelitelj



SI 3.2. Shema kapacitivnog djelitelja [6]

Mjerenje struje se izvodi galvanski odvajanim sensorima i pri tome se mjerni sustav mora moći prilagoditi sensorima koji se koriste za ovakvu analizu kvalitete električne energije.

Senzori koju se najčešće koriste su:

- strujni mjerni transformator
- Rogowski zavojnice
- senzor za mjerenje struje na principu Hall-ovog efekta



SI 3.3. Primjeri strujnih mjernih transformatora [6]

### 3.3. Akvizicija

Glavna uloga akvizicijske kartice je pretvorba izmjenične u istosmjernu električnu energiju, odnosno ima dva osnovna zadatka:

- Diskretizacija signala
- Kvantizacija signala

Pod diskretizacijom signala podrazumijeva se periodično uzorkovanje signala, a ovime se postiže slijed uzorkovanja  $x(n)$  koji je dobiven iz kontinuiranog vremenskog signala  $x(t)$ .

Kvantizacija signala podrazumijeva matematičku transformaciju koja uzorku izraženom u binarnom zapisu dodjeljuje fiksne vrijednosti. [6]

Karakteristika	Opis karakteristike
broj analognih ulaza	moгу se sresti mjerni sistemi sa 6 ili 7 kanala. Postoje i mjerni sistemi s više od 8 kanala (mjere temperaturu...)
frekvencija sempliranja po kanalu	min 10240 Hz
vertikalna rezolucija po kanalu	min 12bits [36]
opseg ulaznog napona	ovisno o senzorima U I i akvizicijskoj kartici
komunikacija s osobnim računalom	USB, integracija u PC (PC slot)
karakteristike analognog ulaza	diferencijalni
osjetljivost na promjene temperature	reda do 50 ppm
osjetljivost na vanjske utjecaje	važno je zaštititi akvizicijsku karticu od elektromagnetnih utjecaja i prodora vlage
način zapisa podataka u memoriju	posjedovanje vlastite memorije, korištenje memorije PC (definiranje u postavkama kartice, definiranje iz softvera)
softverska podrška	podrška kartice za različite programske jezike, odnosno posjedovanje drivera

Tab 3.1. Karakteristike akvizicijske kartice za kvalitetu električne energije [6]



### **3.4. PC računalo i software**

Karakteristike računala odabiru se na temelju potreba akvizicijske kartice, software-a za analizu kvalitete električne energije te procedure obrade podataka. Danas se sve više mogu pronaći vrlo jednostavna i po karakteristikama prihvatljiva računala. Međusobna usuglašenost hardware-skih dijelova je jedna od najvažnijih osobina računala da ne bi došlo do narušavanja mjerenja.

Software je neizostavan dio za provedbu analize kvalitete električne energije. Kako bi se realizirao software potrebni su sljedeći koraci:

- organizacija software-a sa jednostavnim programskim kodom i sa što je brže mogućim izvršavanjem određenih procesa.
- način mjerenja i obrade podataka
- odabir programskog jezika za izradu software-a
- operacijski sustav instaliran na računalu
- omogućena komunikacija sa akvizicijskom karticom
- spremanje podataka u bazu [6]

### **3.5. Uređaji za mjerenje kvalitete električne energije**

Uređaji ili sustavi koji se koriste u mjerenju kvalitete električne energije su posebni sustavi sa integriranom logikom koja može biti izvedena software-ski ili hardware-ski, te procedurama mjerenja. Glavna podjela ovih uređaja je :

- uređaji za offline analizu kvalitete električne energije
- sustavi za online analizu kvalitete električne energije

Pod offline uređajima za analizu kvalitete električne energije podrazumijevaju se uređaji koji su vrlo često prenosivi, brzoinstalirajući i koje imaju mogućnost zapisa i pohrane podataka na neki određeni medij.

Online sustavi za analizu kvalitete električne energije su zapravo jedna globalna interna mreža koja ima više mjernih točaka i središnji server i koji omogućava konstantan nadzor kvalitete električne energije. Neki od offline uređaja i njihovih karakteristika prema standardima za mjerenje kvalitete električne energije prikazani su na slici 3.4.

Offline uređaji za nadzor kvalitete električne energije mogu se podijeliti na one koji se povežu i snimaju podatke u nekom vremenskom intervalu te oni koji se priključe i mjere podatke te paralelno rade analizu izmjerenih vrijednosti da bi korisnik odmah na mjestu imao pristup dobivenim rezultatima. [6]

<b>UREDAJ</b>	<b>TIP</b>	<b>PROCEDURA MJERENJA</b>	<b>MJERENJE HARMONIKA I FLIKERA</b>
<b>MAVOWATT 70 Power Xplorer (Dranez-BMI PowerXplorer PX5)</b>	2	IEC 6100-4-30 klasa A	Harm. IEC 6100-4-7 Fliker IEC 6100-4-15
<b>FLUKE 435 (Fluke)</b>	2	IEC 6100-4-30 klasa A	Harm. IEC 6100-4-7 Fliker IEC 6100-4-15
<b>G4500 BLACKBOX Portable (Elspec)</b>	2*	IEC 6100-4-30 klasa A	Harm. IEC 6100-4-7 Fliker IEC 6100-4-15
<b>FLUKE 1743/1744/1745 (Fluke)</b>	1	IEC 6100-4-30 klasa B	Harm. IEC 6100-4-7 Fliker IEC 6100-4-15
<b>FLUKE 1760 (Fluke)</b>	1	IEC 6100-4-30 klasa A	Harm. IEC 6100-4-7 Fliker IEC 6100-4-15
<b>VLog Q (Lem Instruments)</b>	1	Nije definirano	Harm. Nije definirano Fliker Nije definirano
<b>MEMOBOX 800 (Lem Instruments)</b>	1	Nije definirano	Harm. IEC 61000-4-7, klasa B Fliker IEC 61000-4-15, (ranije IEC 868)

SI 3.4. Karakteristike nekih offline uređaja [6]

## **4. MJERENJE I ANALIZA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

### **4.1. Mjerni instrumenti**

Instrumenti koji su korišteni za potrebe izrade ovog završnog rada su :

- FLUKE 1745
- strujna kliješta Fluke

Mjerni instrument FLUKE 1745 koristi se za analizu kvalitete električne energije. Mjerne veličine koje instrument FLUKE 1745 su:

- srednja, najveća i najmanja vrijednost napona
- srednja, najveća i najmanja vrijednost struja
- promjena napona
- djelatnu, jalovu i prividnu snagu
- faktor snage
- treperenje
- naponi harmonika
- THD I i U

Tehnički podaci uređaja su:

- dimenzije: 170 mm x 125 mm x 55 mm
- masa: 0,9 kg
- radna temperatura -10 °C do +55 °C
- kapacitet memorije 8 MB
- ispitni napon 5,2 KV



SI 4.1. FLUKE 1745 mjerni uređaj [7]

Strujna kliješta FLUKE koriste se kod uskih mjernih područja kao što su kablovski kanali i strujni razdjelnici. Ima mogućnost mjerenja:

- izmjeničnog i istosmjernog napona
- izmjeničnu struju
- otpor
- kapacitet
- mjerenje temperatura
- frekvencije

Tehnički podaci:

- dimenzije: 207 mm x 75 mm
- masa: 283 g
- mjerno područje frekvencije: 5 Hz – 500 Hz
- AC i DC unutarnji otpor: 10 MOhm



SI 4.2. Strujna kliješta Fluke [8]

## 4.2. Izvođenje mjerenja

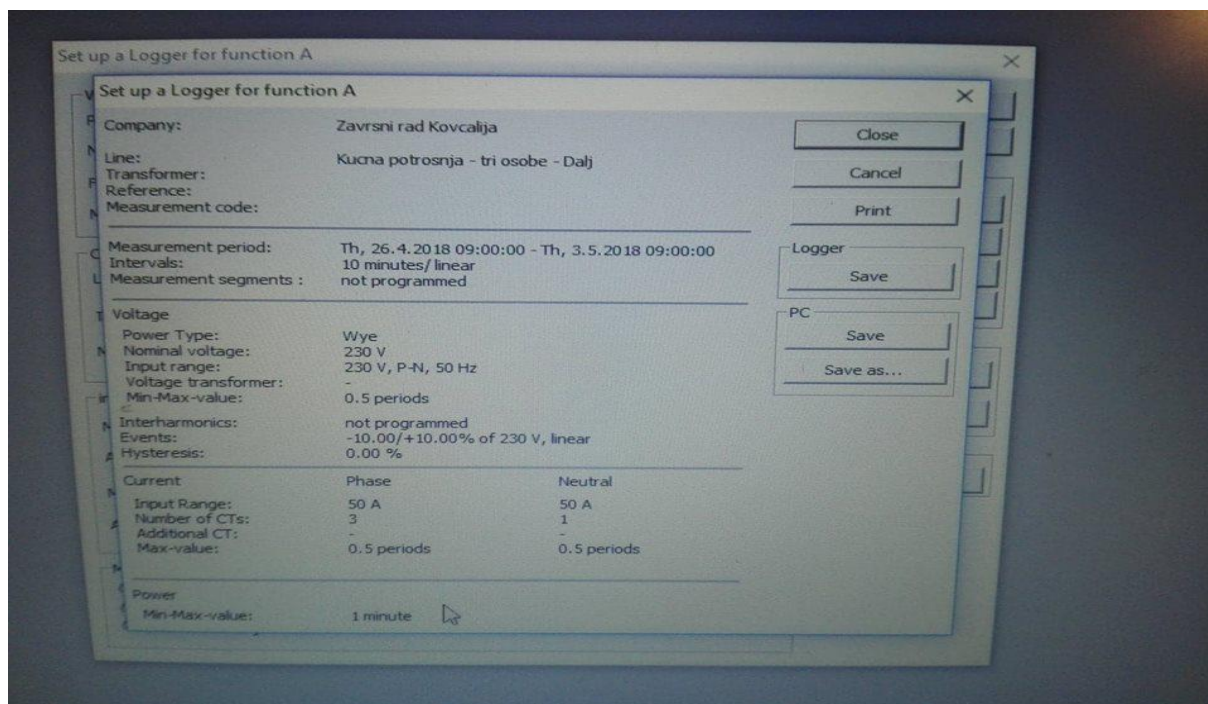
Mjerenje je obavljano u mjestu Dalj, koje se nalazi u općini Erdut, Osječko-baranjska županija. Obiteljska kuća sa 3 člana obitelji smještena je na odaljenosti od 1 kilometar od TS 10/0,4 KV. Mjerenje je obavljano kao što je vidljivo na slici 4.3. u kućnom priključnom tavanskom ormariću (KPTO).

Kućna potrošnja te mjerenja napona i njegovih karakteristika su obavljani uz pomoć instrumenta FLUKE 1745.



SI 4.3. Spajanje uređaja u KPTO

Programiranje uređaja je obavljeno putem PQ Log programa koji daje naredbu uređaju za koji period, te koje vrijednosti da snima. Kao što se može iščitati sa slike 4.4. mjerenje je obavljano u periodu od 26.4.2018 do 3.5.2018. u intervalima od 10 minuta. Nazivni napon je 230 V, spoj zvijezda (Wye) te je postavka struje u dometu od 50 A po fazi.

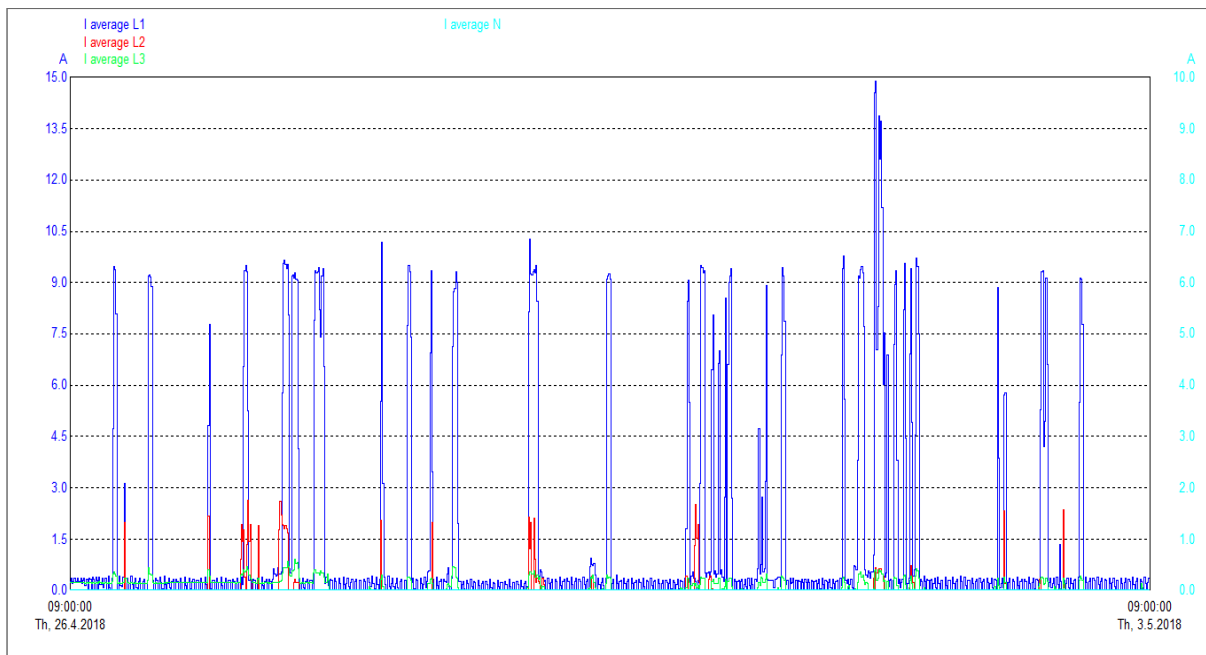


Sl 4.4. Programiranje instrumenta FLUKE 1745 uz pomoć PQ Log programa

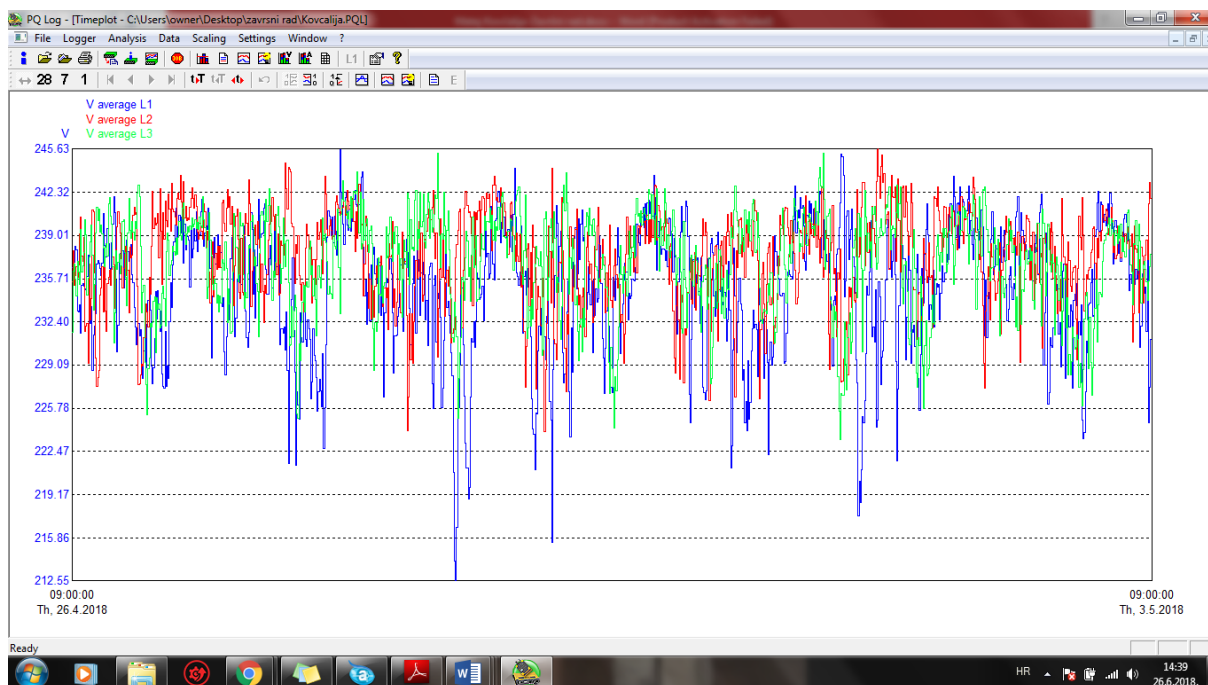
Najteži dio pripreme za snimanje je montiranje strujnih kliješta za svaku fazu posebno, što zbog ukrućenosti kabela i malih dimenzija kućnog priključnog tavanskog ormarića (KPTO), već i zbog porculanskog kućišta osigurača na nosaču koji su lako lomljivi .

### 4.3. Rezultati mjerenja

Osim što je PQ Log poslužio kao alat za programiranje mjernog instrumenta, služi i za analizu dobivenih rezultata. Dobiveni rezultati su bili u skladu s očekivanjima prije mjerenja. Prikazom na grafovima 4.1. i 4.2. vidljivo je da je najveća potrošnja nastala na fazi L1 koja pokriva prizemlje kuće, gdje je većina kućanskih aparata koji su uključeni 0-24 , te uređaji kao što su 2 televizora, laptop te bojler snage 2000 W koji grije vodu na struju, štednjak, hladnjak i zamrzivač. Faza L2 je bazirana na gornji kat kuće na kojemu su smještene 2 spavaće sobe u kojima su samo rasvjetna tijela, i dnevna soba sa televizorom te je potrošnja slaba. Faza L3 se koristi za podrum gdje napaja cirkulacijsku pumpu za centralno grijanje koja s obzirom na vrijeme ne radi preko proljeća i ljeta, te 2 rasvjetna tijela.



Graf 4.1. Srednja vrijednost struja po fazama L1, L2, L3

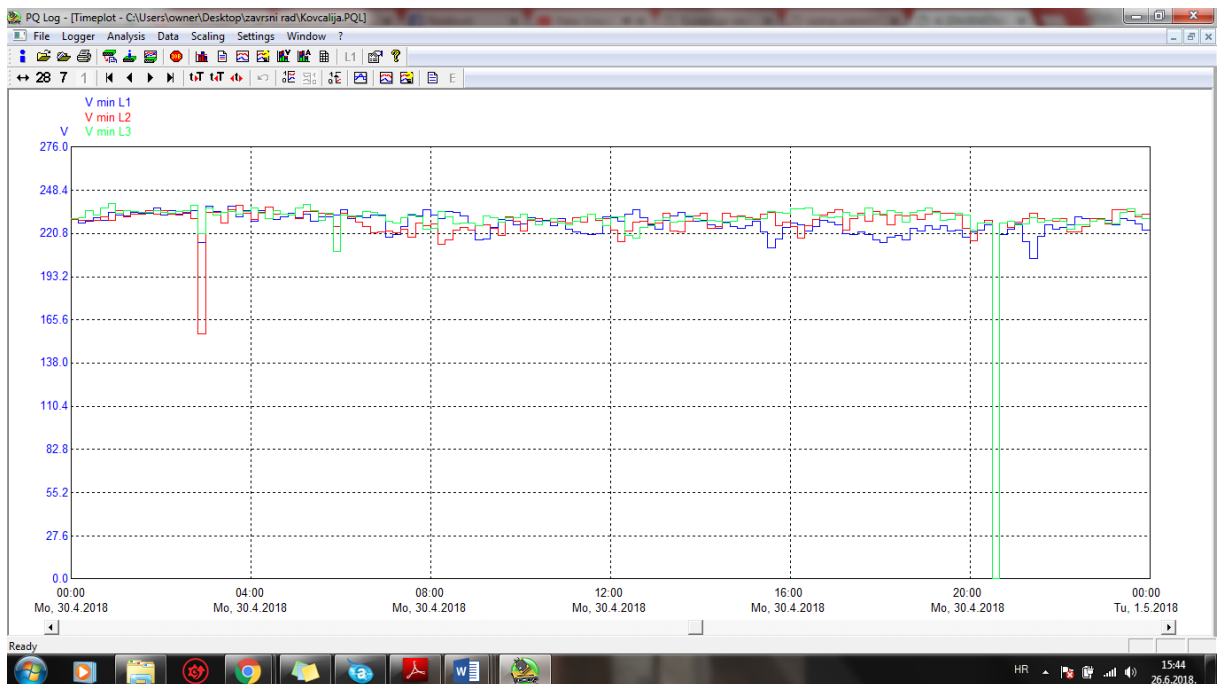


Graf 4.2. Oscilacije napona po fazama L1, L2, L3



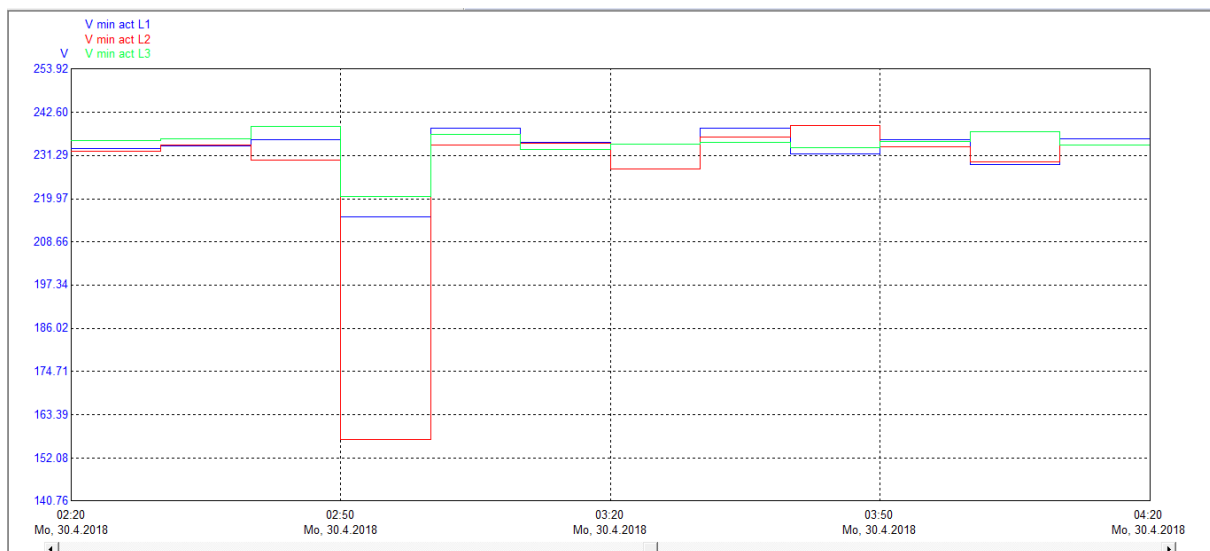
## 4.4. Analiza mjerenja za nasumičan dan

Promatrauši vrijednosti napona za sve tri faze u 1 danu, na dan 30.4.2018. dolazimo do toga da vrijednosti dosta osciliraju, ali je napon u granicama od  $\pm 10\%$  nazivne vrijednosti koja je regulirana normom HRN EN 50160 osim u 2 slučaja. Prvi slučaj koji vidimo u grafu 4.3. zabilježen je u 03:00 h te je vidljivo da je došlo do naglog pada napona, a drugi slučaj je kompletni prekid koji je nastupio istoga dana u 20:30 h.



Graf 4.3. Vrijednosti napona za dan 30.4.2018

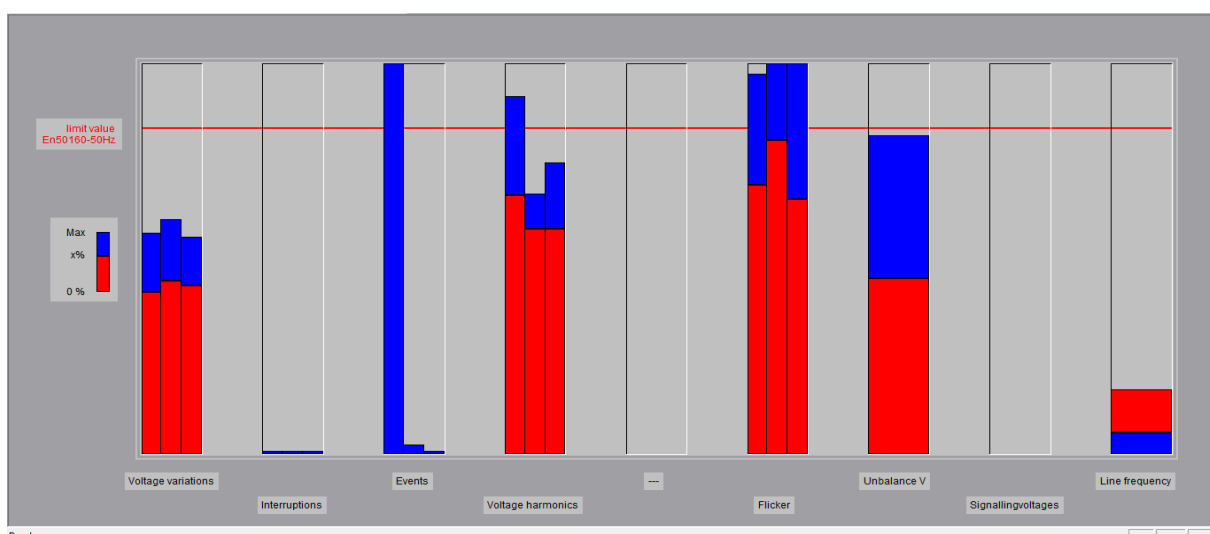
Na temelju grafičkog prikaza 4.3. vidljivo je da u 02:50 sati dolazi do oscilacije, ali je pretpostavka da je došlo do nekakvog kvara. Iz grafa 4.4. se također može vidjeti da je došlo do naponskog propadanja odjednom, te da je taj propad ubrzo prošao, a napon se vratio na nazivnu vrijednost.



Graf 4.4. Pad napona u 2:50 h za dan 30.4.2018

#### 4.5. Poteškoće na mreži

Najveće probleme zadaju elektronički uređaji koji svojim radom utječu na harmonike, te su također problematična i treperenja napona (flickeri) na fazi L1 koji su prikazani u grafu 4.4. te prikazuju da te određene vrijednosti prelaze maksimalne dozvoljene vrijednosti određene normom HRN EN 50160. Iz istog grafikona uviđamo da je došlo i do prekida na fazi L1 u određenom trenutku.



Graf 4.4. Vrijednosti u odnosu na normu HRN EN 50160 [11]

Gledajući sve detalje kroz mjerenja, vidi se da je ostvaren veliki broj propadanja napona, ali što se tiče prekida desila su se 3, koja su trajala manje od 3 minute te ih tako gledajući svrstavamo u manje prekide. Ostale karakteristike su u granicama te kao takve predstavljaju kvalitetnu mrežu.

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
Swell > 10.00%								
Dip > 10.00%								
10...< 15 %	1229	149	69	2	1	1		
15...< 30 %								
30...< 60 %		1						
60...< 99 %								
Interruption				3				

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

Number of swells	0
Number of Dips	1452
Number of short interruptions (<3 min)	3
Number of long interruptions (>=3 min)	0
Number of interruptions	3
Total events and interruptions	1455
Total number of allowed events	100
Total number of allowed interruptions	100

Tab 4.1. Tablica s vremenskim trajanjem poteškoća na mreži [12]

## 5. ZAKLJUČAK

Gledajući aspekte suvremenog života, kvalitetna električna energija obuhvaća veliki dio svakodnevnih aktivnosti, kako poslovnih tako i privatnih. Bez kvalitetne električne energije veliki broj uređaja ne bi mogao raditi na predviđen način. Hrvatska elektroprivreda (HEP) u Republici Hrvatskoj kao najveći distributer osigurava vrlo kvalitetnu električnu energiju te brzi otklon smetnji i kvarova. Mjereći napon i ostale karakteristike električne energije mjernim uređajem FLUKE 1745 na tročlanoj obiteljskoj kući u mjestu Dalj u zadanom vremenskom periodu od tjedan dana, obavljena su mjerenja koja su potvrdila da je električna energija koja je isporučena od distributera električne energije (HEP) zadovoljavajuća te da nije bilo prevelikih kolebanja napona, a nastale smetnje i poteškoće na mreži otklonjene u razumno kratko vrijeme.

## 6. LITERATURA

[1] ISTRAŽIVANJE I UTVRĐIVANJE STANJA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE RESEARCHING AND DEFINING THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY CONDITIONS Marijana ŽIVIĆ ĐUROVIĆ – Vitomir KOMEN – Renato ČUČIĆ

[2] KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE – MJERENJA PREMA NORMI EN 50160 Zvonimir KLAJIĆ – Srete NIKOLOVSKI dostupno na: <http://bib.irb.hr/datoteka/142611.C4-14.pdf> pristupljeno: 25.8.2018.

[3] KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE, priručnik, Željko NOVINC dostupno na: <http://www.energija.co.rs/uploads/pdf/Kvalitet%20elektri%C4%8Dne%20energije%20-%20prirucnik.pdf> pristupljeno: 25.8.2018.

[4] HRVATSKA PRIJENOSNA MREŽA, HOPS dostupno na: <https://www.hops.hr/wps/wcm/connect/c6232a29-1e19-4906-a849-22f5ad8f8b77/EES+01+2018+1195+x+995+eihp.jpg?MOD=AJPERES> pristupljeno: 23.8.2018.

[5] ENERGETSKI SUSTAV URBANISTIČKOG PLANA GRADA OSIJEKA dostupno na: <https://www.osijek.hr/wp-content/uploads/2018/02/3.2.2.-Elektroenergetika.pdf> pristupljeno: 26.8.2018.

[6] RAZVOJ MJERNOG SISTEMA ZA ANALIZU KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE, Vedad BEČIROVIĆ dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/756923.MR\\_Vedad\\_Becirovic\\_final.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/756923.MR_Vedad_Becirovic_final.pdf) pristupljeno 29.8.2018.

[7] The Fluke 1745 power quality logger dostupno na: <https://www.atecorp.com/products/fluke/1745> pristupljeno: 27.8.2018.

[8] Fluke I5S AC Current Clamp dostupno na: <https://www.amazon.com/Fluke-Current-Clamp-600V-Voltage/dp/B00ATGQ8KQ> pristupljeno: 27.8.2018.

## **7. SAŽETAK**

U ovom radu je opisan postupak mjerenja karakteristika napona na obiteljskoj kući. Realizirano je mjerenje kvalitete napona obiteljskoj kući te je opisano kakav napon i ostale karakteristike električne energije kao frekvencija, kolebanje napona, flickeri, viši harmonici i dr. što trebaju biti u skladu sa normom EN 50160. Cjelokupni postupak spajanja mjernog uređaja FLUKE 1745, njegovo programiranje i izvlačenje podataka u program PQ Log sa mjernog uređaja je objašnjeno i popraćeno opisima, slikama i tablicama. Dobivene vrijednosti su uspoređivane s vrijednostima koje su zadane normom EN 50160.

Ključne riječi: kvaliteta napona, kolebanje napona, flickeri, obiteljska kuća, HRN EN 50160, FLUKE 1745

## **8. ABSTRACT**

This paper describes the method of measuring the voltage characteristics of a family home. The measurement of the voltage quality in a family house has been carried out, and the voltage and other characteristics of the electrical energy such as frequencies, voltage fluxes, flickers, higher harmonics etc. have been described, which should be in accordance with EN 50160. The whole process of measuring the FLUKE 1745 measurement method, its programming and extracting data into the PQ Log from the measuring device is explained and accompanied by descriptions, pictures and tables. The obtained values are compared with the values set by EN 50160.

Key words: voltage quality, voltage flux, flicker, family house, HRN EN 50160, FLUKE 1745

## **9. ŽIVOTOPIS**

Matej Kovčaliya je rođen 02.11.1992. u Osijeku, završava osnovnu školu Dalj u Dalju te nakon toga upisuje elektrotehničku i prometnu školu Osijek u Osijeku smjer elektrotehničar, koja je bila odlična predispozicija za nastavak školovanja u struci na Fakultetu Elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku gdje upisuje smjer elektroenergetika na stručnome studiju.