

MERA STACIONARNOSTI MREŽE U FABRICI "Jafa" CRVENKA

Predrag Petrović, Tehnički fakultet Čačak, Svetog Save 65, Čačak, Srbija i Crna Gora
Vladimir Vujičić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg D. Obradovića 6, Srbija i Crna Gora

UVOD

Merenje električne snage i energije je uvek aktuelan problem u distributivnoj mreži i tu vredi standardna metrološka deviza "da tačnosti i brzine nikad dosta". Međutim, neki autori se zalažu i za manje ekstreman pristup - "onoliko tačnosti i onoliko brzine koliko je neophodno". Upravo na osnovu ovog pristupa je postavljena hipoteza da je za konstrukciju vatmetra i brojila za merenje snage i energije, respektivno, u distributivnoj mreži, dovoljan i standardni A/D konvertor sa dvojnim nagibom. Da bi se ova hipoteza potvrdila ili opovrgla, potrebno je utvrditi meru stacionarnosti distributivne mreže. Praktično govoreći, to znači da u intervalu merenja "trenutne snage" ili efektivne vrednosti napona i struje, u vremenskom prozoru, oblik signala napona i struje ne sme značajnije da se promeni. Zato je i potrebno ispitati zavisnost srednje vrednosti promene aktivne snage, efektivne vrednosti napona, efektivne vrednosti struje i frekvencije (zapravo periode) od veličine vremenskog prozora.

Iz gore pobrojanih razloga izvršeno je snimanje efektivne vrednosti sve tri fazne struje, sva tri fazna napona, sve tri aktivne snage po fazama i frekvencije, i to 10 puta u sekundi, a u neprekidnom trajanju od 30 dana u fabrici "Jafa" iz Crvenke. Za merenje je korišten uređaj pod nazivom VMP, o kojem će biti reči kasnije, koji se koristi principom stohastičkog adicionog A/D konvertora [1]. Merenje i snimanje je vršeno na 0,4kV izvodu trafoa sa koga se napaja fabrika, a koji ima samo taj izvod na sekundaru. Sakupljeno je oko 1,8 GB podatka i ocenjuje se da je to dovoljno reprezentativan uzorak za analizu stacionarnosti. Tim pre što fabrika ima vrlo raznoliku potrošnju i što je glavni energent u fabrici zemni gas.

ORGANIZACIJA MERENJA

Za merenje je korišćen instrument **VMP 20 (INSEL-Novi Sad)** koji meri i prikazuje na svom displeju četiri veličine: napon, struju, snagu, i faktor snage. Napajanje mu je 220 V, 50 Hz, ima dva ulaza: strujni i naponski, oba su "plivajuća". Domašaj na naponskom nivou je 400 V, a na strujnom 5A. Kada

se poveže sa računarem, uz pomoć softvera VMP 20 Ver. 4.0, on meri i prikazuje na monitoru još šest veličina:

- frekvenciju,
- moduo impedanse,
- reaktivnu snagu,
- prividnu snagu,
- aktivnu energiju
- reaktivnu energiju.

Na svakih 2 s instrument beleži na hard-disk osnovne veličine koje karakterišu potrošača u toku vremena:

- realno vreme,
- napon,
- struju,
- aktivnu snagu,
- faktor snage,
- frekvenciju.

Iz gornjeg teksta slede i moguće primene instrumenta VMP 20:

- Ekspertiza potrošnje monofaznih potrošača;
- Ekspertiza potrošnje trofaznih potrošača bez nultog voda, tada se koriste dva instrumenta VMP 20 vezana u Aronov spoj;
- Ekspertiza trofaznih potrošača sa nultim vodom, koriste se tri instrumenta VMP 20.

Na slici 1 je prikazan izgled interface-a (*interfejs*) samog programa VMP 20 , Ver. 4.0:



Slika 1- VMP 20 (korisnički interfejs)

Za sve tri varijante moguće primene obezbeđen je i softver za podršku. Računar za podršku može biti bilo koji IBM - PC kompatibilni počev od XT-a do *Pentium*-a, uz uslov da poseduje grafičku karticu VGA rezolucije.

- S obzirom da instrument meri izobličene talasne oblike, on može da služi za kontrolu gore navedenih parametara nelinearnih potrošača kao što su PWM invertori, razni tiristorski regulatori i drugi nelinearni potrošači koji se sreću u regulisanim elektromotornim pogonima (u valjaonicama čelika, lokomotivama na električni pogon, elektromobilima, itd.).
- Dalja primena je u kontroli kvaliteta remontovanih ili novih transformatora, indukcionih motora, prigušnica, itd.
- S obzirom na tačnost instrumenta, 0,1 % od domašaja + 0,1 % od očitane vrednosti, on može da se koristi za kontrolu brojila u elektro-distributivnoj mreži.
- Može da se koristi za pogonska merenja kod velikih potrošača snage i energije (ispitan je u trafo-stanicama 110 kV i 400 kV i pokazao je potpunu pouzdanost i potvrdio je definisane performanse).
- Instrument može da se koristi za on-line monitoring svih gore navedenih veličina u svrhu upravljanja potrošnjom snage ili energije, odnosno ograničenja ili samo konstatovanja nekih iz skupa gore nabrojanih veličina.

OPIS PROGRAMA ZA OBRADU PODATAKA

Za realizaciju programa za obradu podataka dobijenih sa VMP 20 korišten je Turbo Pascal, verzija za Windows 98. Sam proces obrade se sastojao iz tri dela.

Prvi deo se odnosio na obradu u smislu pronalaženja srednjih vrednosti u okviru zadatih vremenskih intervala posmatranja. Srednja vrednost signala u vremenskom prozoru se uzima da bi se izgubio šum koji unosi sam merni instrument. Vremenski intervali koji su bili predloženi za korišćenje su intervali od:

- 0.5 sekunda
- 1 sekund
- 1.5 sekunda
- 2 sekunda.

Podaci koji su potrebni prilikom obrade su smešteni u datoteke VMP_XXXX.DAT, gde XXXX označava četvorocifreni broj. Prva datoteka obrade je počela od broja 1000. Sama datoteka je inače tekstualnog tipa, a njen izgled je dat sledećom tabelom:

```
13: 0:28:43 229.5 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 76.8 76.8 121.4 3044
13: 0:28:54 229.5 227.3 228.8 0.37 0.28 0.59 75.0 78.6 121.4 3044
13: 0:28:65 229.1 227.3 228.8 0.37 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:28:76 229.1 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:28:81 229.1 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 76.8 123.2 3044
13: 0:28:92 229.4 227.3 228.7 0.39 0.28 0.59 76.7 76.7 121.4 3045
13: 0:29: 3 229.1 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:29:14 229.1 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:29:25 229.5 227.3 228.8 0.37 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:29:31 229.1 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:29:42 229.5 227.7 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 78.6 121.4 3044
13: 0:29:53 229.1 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 76.8 123.2 3044
13: 0:29:64 229.5 227.3 228.8 0.39 0.28 0.59 75.0 78.6 121.4 3044
13: 0:29:75 229.1 227.7 228.8 0.37 0.28 0.59 75.0 76.8 121.4 3044
13: 0:29:85 229.1 227.3 228.8 0.37 0.28 0.59 75.0 78.6 121.4 3044
```

TABELA 1-Izgled dela datoteke VMP_XXXX.DAT

Prvih jedanaest karaktera je rezervisano za vreme kada je uređaj izmerio napone, struje, snage sve tri faze kao i frekvenciju.

Nakon vremena odabiranja signala, slede tri veličine napona (prve, druge, treće faze), zatim tri veličine struja (prve, druge, treće faze), zatim tri veličine snaga (prve, druge, treće faze) i na samom kraju vrednost frekvencije u datom vremenskom trenutku.

Ovakvu strukturu imaju sve datoteke. Potrebno je obraditi datoteke koje su snimljene u intervalu od deset dana. Konkretno takva obrada imala tačno hiljadu datoteka. U svakoj datoteci je oko 9000 redova, a u svakom redu je po deset podataka koji su relevantni za obradu. Na osnovu ovih cifara dobijamo podatak da je program trebao da obradi ukupno 90.000.000 podataka. Naravno za svaki vremenski prozor ponaosob. Konkretno četiri puta je trebalo obraditi po 90.000.000 podataka. Na sreću, zbog relativno brzog računara obrada se svela na svega petnaestak minuta.

Nakon prethodno spomenute obrade kao izlaz, rezultat obrade, imamo četiri datoteke tekstualnog tipa u kojima su smešteni podaci, tačnije, razlike dve srednje vrednosti svaka dva susedna vremenska prozora.

Broj novodobijenih podataka je varirao u zavisnosti od veličine vremenskog prozora, od broja 4.499.990 do broja 17.999.990.

Izgled datoteke u kojoj su smešteni rezultati prve obrade su date sledećom tabelom:

```
0.0050 0.0800 0.0150 0.0020 0.0000 0.0010 0.0850 0.2650 0.1800 0.0500
0.0200 0.0000 0.0400 0.0025 0.0000 0.0010 0.0900 0.0900 0.0000 0.0000
0.1150 0.0000 0.0050 0.0000 0.0000 0.0000 0.0900 0.0000 0.0000 0.0000
0.2500 0.2950 0.0150 0.0020 0.0000 0.0000 0.0000 0.1750 0.0000 0.0500
0.1050 0.1250 0.1700 0.0015 0.0000 0.0000 0.2700 0.1750 0.0000 0.3500
0.0200 0.0200 0.2200 0.0020 0.0000 0.0000 0.0900 0.0900 0.0000 0.7000
0.0200 0.0200 0.0200 0.0000 0.0000 0.0005 0.1800 0.0900 0.0000 0.0000
0.0000 0.0200 0.0200 0.0045 0.0000 0.0055 0.2700 0.2700 2.5150 0.1000
0.0000 0.0200 0.0000 0.0035 0.0000 0.0040 0.0900 0.2700 1.1750 0.0500
0.0450 0.0200 0.1000 0.0035 0.0000 0.0000 0.0900 0.0000 0.0900 0.0000
0.0050 0.0000 0.0400 0.0055 0.0000 0.0000 0.4500 0.0000 0.0900 0.2500
0.2400 0.0200 0.0800 0.0010 0.0000 0.0275 0.0000 0.0000 6.5450 0.3500
0.0950 0.0200 0.0600 0.0025 0.0000 0.0025 0.1800 0.0000 0.6850 0.2500
```

TABELA 2-Izgled dela izlazne datoteke prve obrade

- U prvoj koloni su smeštene razlike svih srednjih vrednosti napona prve faze dva uzastopna vremenska prozora.
 - Za drugu kolonu su vezane razlike srednjih vrednosti napona druge faze, za treću kolonu, razlike srednjih vrednosti napona treće faze.
 - U četvrtoj, petoj i šestoj koloni imamo razlike srednjih vrednosti struja prve, druge odnosno treće faze.
 - U sedmoj, osmoj i devetoj koloni imamo razlike srednjih vrednosti snaga prve, druge i treće faze.
 - U poslednjoj, desetoj koloni, smeštene su razlike srednjih vrednosti frekvencija. Dobijanjem svih (četiri) izlaznih datoteka, završio se prvi deo obrade podataka.
- Drugi deo programa se odnosi na obradu podataka dobijenih prvim delom programa. Naime, drugi deo programa je zadužen za raspodelu razlika. Sami intervali razlika su uzeti shodno veličini koja se posmatra. Postoji petnaest intervala. Za frekvenciju, napon i snagu su isti intervali, dok su za struju uzeti drugi intervali iz tog razloga što su intervali koji su uzeti za napone, snage i frekvenciju suviše grubo za struju.

Raspodela se vrši po sledećim intervalima:

- za struju:

1. od 0 do 0.0005
2. od 0.0005 do 0.001
3. od 0.001 do 0.0015
4. od 0.0015 do 0.002
5. od 0.002 do 0.003
6. od 0.003 do 0.004
7. od 0.004 do 0.005
8. od 0.005 do 0.01
9. od 0.01 do 0.02
10. od 0.02 do 0.05
11. od 0.05 do 0.1
12. od 0.1 do 0.5
13. od 0.5 do 1
14. od 1 do 3
15. od 3 do max.

- za napone, snage i frekvenciju:

1. od 0 do 0.1
2. od 0.1 do 0.2
3. od 0.2 do 0.3
4. od 0.3 do 0.4
5. od 0.4 do 0.5
6. od 0.5 do 1
7. od 1 do 2
8. od 2 do 4
9. od 4 do 6
10. od 6 do 10
11. od 10 do 15
12. od 15 do 20
13. od 20 do 25
14. od 25 do 30
15. od 30 do max.

Rezultati su smeštaju u tekstualne datoteke koje, opet shodno vremenskom prozoru koji je korišten prilikom obrade. Uočeno da se frekvencija veoma lepo ponaša, ali i da postoje vrednosti preko razlike 30, što je u suštini nemoguće. Dubljom analizom konstatovano je da su dve vrednosti verovatno greške samog instrumenta, te su nakon konsultacije one i odbačene i dalja analiza je rađena bez tih vrednosti.

Nakon ove dve obrade, koje su sadržane u jednom programu, napisan je još jedan program kojim se dobija još precizniji rezultat. Taj program imao je za zadatak izračunavanje srednje vrednosti promene određenog signala. Srednja vrednost promene određenog signala se računala na sledeći način:

$$SVP(a) = \sum_{i=1}^{15} \frac{\Delta_i \cdot n_i}{ub}$$

$$\Delta_i = \frac{\min \text{ vrednost int} + \max \text{ vrednost int}}{2}$$

(1)

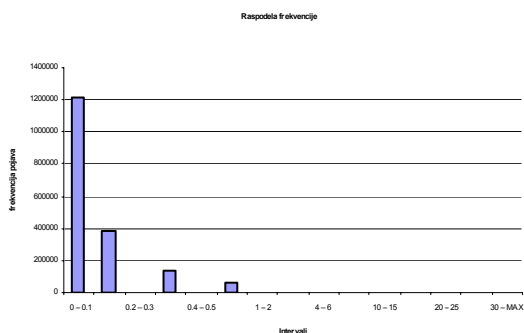
gde su:

- *min vrednost int*, *max vrednost int*: minimalna vrednost intervala, tj maksimalna vrednost intervala.
- *n* je broj razlika u posmatranom intervalu,
- *ub* je ukupan broj podataka (za prozor od 1 sekunda iznosi 899999),
- *a* je posmatrani signal.

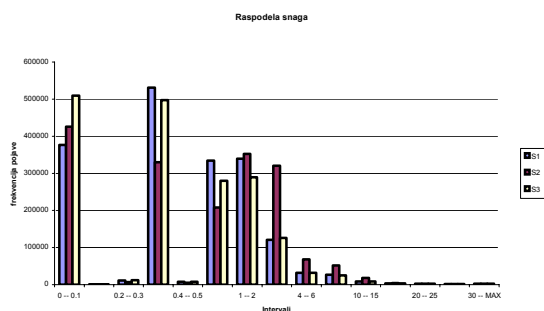
Izračunate su vrednosti za sve tipove signala i za svaku fazu. Kao rezultat ove obrade, dobijaju se četiri datoteke tekstualnog tipa, za svaki vremenski prozor po jedna datoteka. U tim datotekama se nalazi deset vrednosti, gde svaka vrednost pokazuje srednju vrednost promene svakog signala ponaosob. Sa takvom raspodelom lako je bilo utvrditi koliko se menjaju signali. Radi estetike, a i preglednosti, podaci su dodatno obrađeni koristeći se Microsoft® Office 2000/ EXCEL/- om. Ti podaci će biti prikazani u daljem tekstu rada.

PRIKAZ REZULTATA

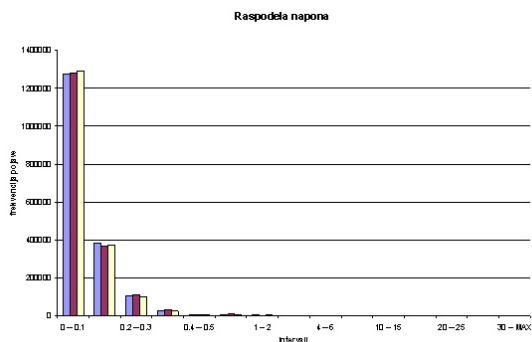
Rezultati koji slede, dobijeni su obradom odgovarajućih podataka u Microsoft® EXCEL-u. Sledeći grafici važe za vremenski prozor od 0.5 sekunda.



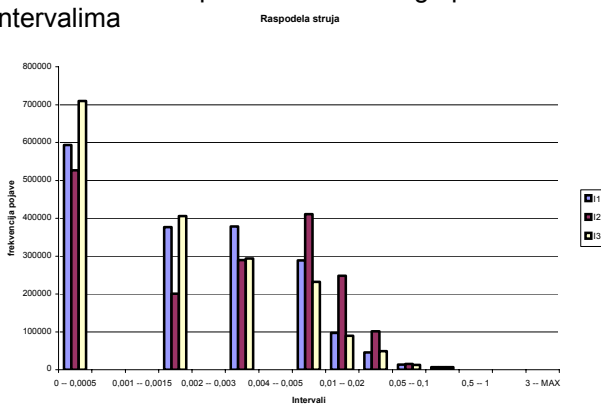
Slika 2- Prikaz raspodele razlika frekvencije po intervalima



Slika 4-Prikaz raspodele razlika snaga po intervalima

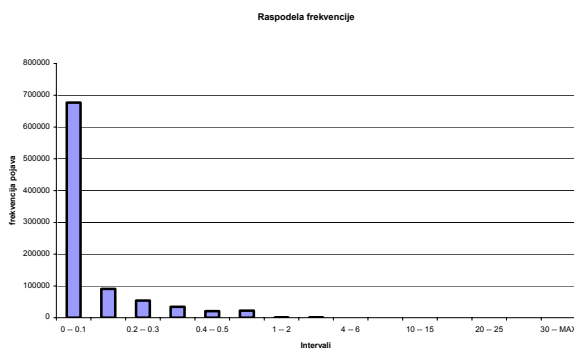


Slika 3-Prikaz raspodele razlika napona po intervalima

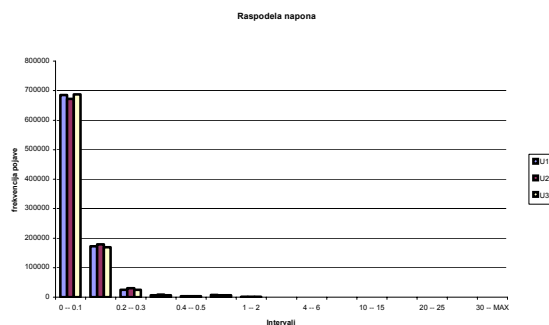


Slika 5-Prikaz raspodele razlika struja po intervalima

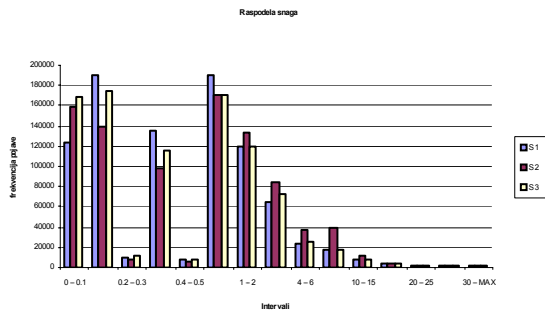
Sledećih četiri grafika predstavljaju raspodele merenih veličina frekvencije, napona, snaga i struja za vremenski prozor od jednog sekunda.



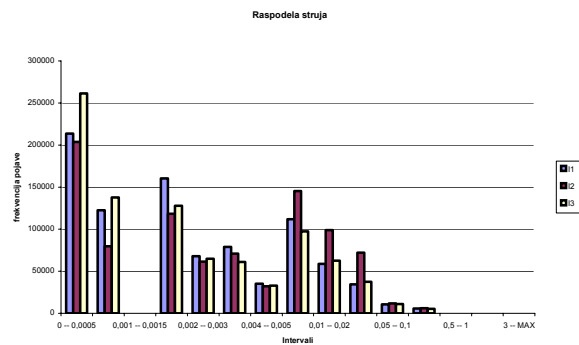
Slika 6-Prikaz raspodele razlika frekvencije po intervalima



Slika 7-Prikaz raspodele razlika napona po intervalima

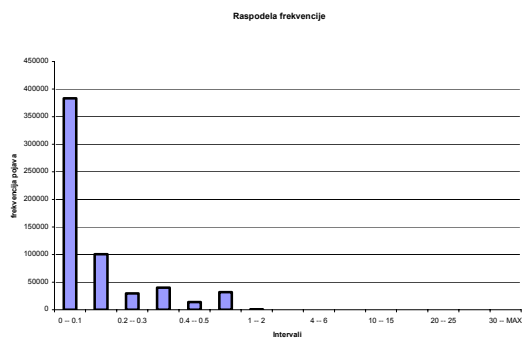


Slika 8-Prikaz raspodele razlika snaga po intervalima

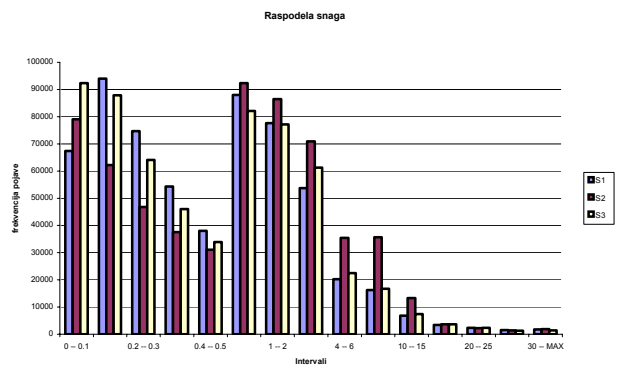


Slika 9-Prikaz raspodele razlika struja po intervalima

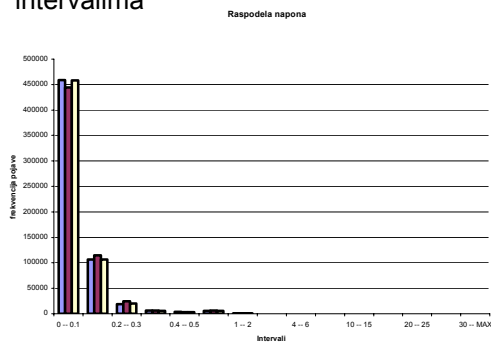
Sledećih četiri grafika predstavljaju raspodele merenih veličina frekvencije, napona, snaga i struja za vremenski prozor od 1.5 sekunda.



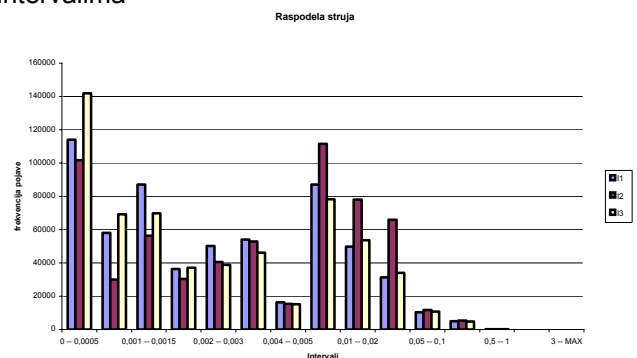
Slika 10-Prikaz raspodele razlika frekvencija po intervalima



Slika 12-Prikaz raspodele razlika snaga po intervalima

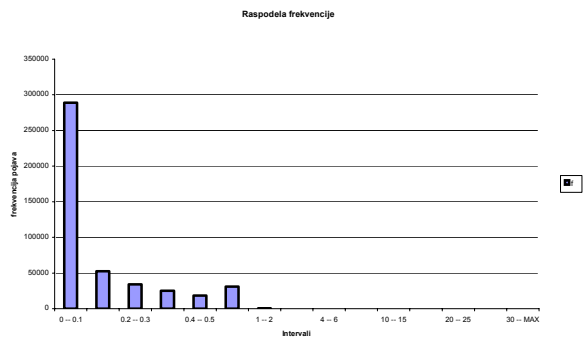


Slika 11-Prikaz raspodele razlika napona po intervalima

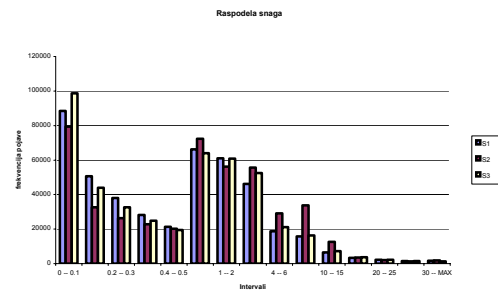


Slika 13-Prikaz raspodele razlika struja po intervalima

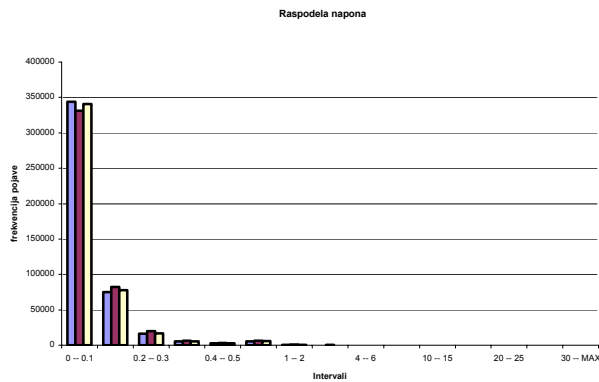
Sledeća četiri grafika se odnose na rezultate dobijenih za vremenski prozor od dve sekunde.



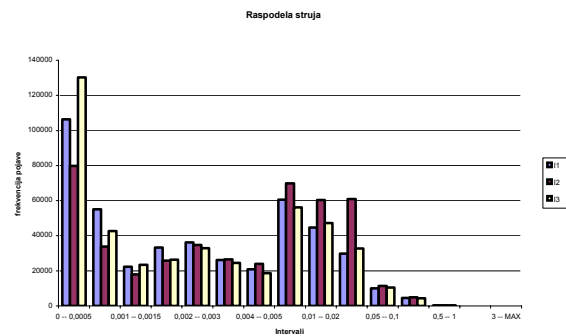
Slika 14-Prikaz raspodele razlika frekvencije po intervalima



Slika 16-Prikaz raspodele razlika snaga po intervalima

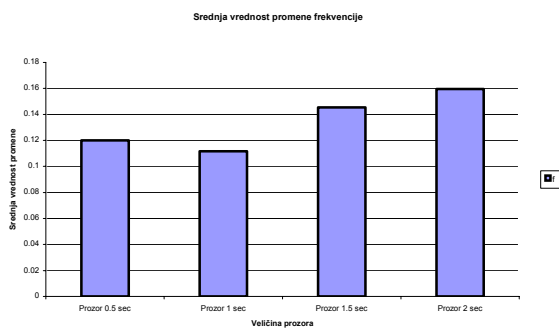


Slika 15-Prikaz raspodele razlika napona po intervalima

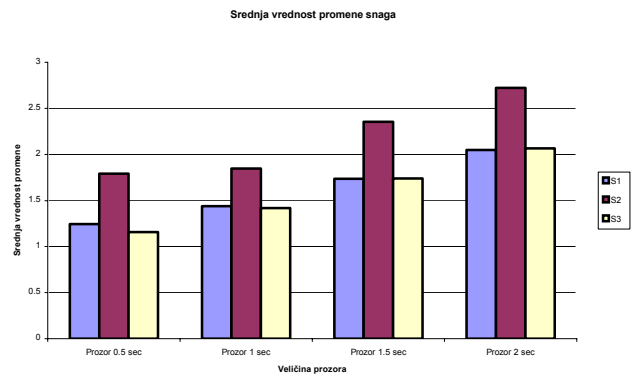


Slika 17-Prikaz raspodele razlika struja po intervalima

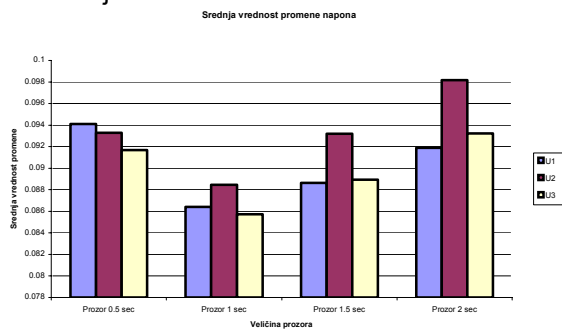
U daljem tekstu biće prikazani rezultati dobijeni korišćenjem formule za usrednjavanje promene određene veličine.



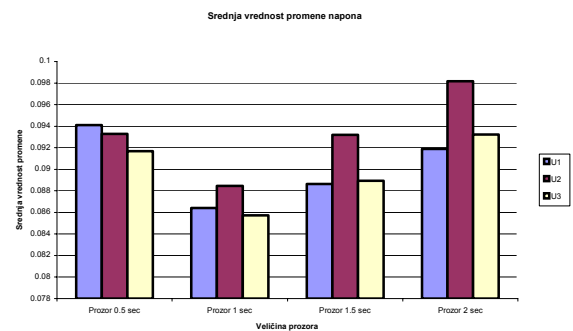
Slika 18-Prikaz srednje vrednosti promene frekvencije



Slika 20-Prikaz srednje vrednosti promene snaga



Slika 19-Prikaz srednje vrednosti promene napona



Slika 21-Prikaz srednje vrednosti promene struja

U sledećoj tabeli dati su rezultati koji su dobijeni pomoću programa **SVP**, koji služi za obradu podataka dobijenih izvršavanjem programa za obradu datoteka dobijenih snimanjem pomoću VMP 20.

srednje vrednosti promene	Prozor 0.5 sec	Prozor 1 sec	Prozor 1.5 sec	Prozor 2 sec
U1	0,09411	0,08641	0,08864	0,09189
U2	0,09329	0,08844	0,0932	0,09815
U3	0,09168	0,08572	0,08894	0,09321
I1	0,00594	0,0074	0,00921	0,01075
I2	0,00855	0,00979	0,01244	0,01428
I3	0,00547	0,00725	0,00918	0,01085
S1	1,24522	1,43976	1,7338	2,04721
S2	1,78921	1,84713	2,35287	2,72248
S3	1,15754	1,41933	1,73909	2,06345
f	0,12011	0,11158	0,14525	0,1595

TABELA 3-Prikaz srednjih vrednosti promene veličina napona, struja snaga i frekvencije

Na osnovu svega izloženog obavljena je iscrpna analiza za vremenske prozore od 0,5s; 1s; 1,5s i 2s. Srednja vrednost promene signala za interval snimanja od 10 dana, u prozoru od 2s, za frekvenciju je 0,005%, za napon 0,038 %, za snagu 0,7 % i za struju 1%, što se ocenjuje kao vrlo ohrabrujući rezultat. U kraćim vremenskim prozorima su manje vrednosti, ali je i problem merenja sporim A/D konvertorima znatno složeniji, ili praktično nerešiv.

ZAKLJUČAK

Sprovedena analiza rezultata koji su dobijeni merenjem u fabrici Jafa u Crvenci potvrđuje pretpostavku o dovoljno velikoj stacionarnosti posmatranog EES, što pruža mogućnost za upotrebu sporih, ali izuzetno preciznih AD konvertora sa dvojnim nagibom u realizaciji digitalnog mernog sistema.

LITERATURA

[1]. V. V.Vujicic, S.S.Milovancev, M.D.Pesaljevic, D.V.Pejic, and I.Z.Zupunski, **Low-frequency stochastic true RMS instrument**, *IEEE Trans. on Instrum. and Measur.*, vol. 48, pp. 467-470, April 1999.