

Dubravko Balaško, dipl.ing.el.  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Križ  
[dubravko.balasko@hep.hr](mailto:dubravko.balasko@hep.hr)

## PROGRAM POGONSKIH MJERENJA U HEP ODS ELEKTRA KRIŽ S OSVRTOM NA IZMJERENE VRIJEDNOSTI

### SAŽETAK

Distributivna mreža svojom veličinom, topologijom i konfiguracijom formira veliki broj mogućih mjernih točaka koje je nemoguće sve mjeriti, snimati i nadzirati. Stoga je neophodno izborom mjernih metoda i programom mjerenja dobiti što bolji uvid u stanje distributivne mreže.

Pogonska mjerenja i dobiveni podaci o električnim veličinama u pojedinim točkama distributivne mreže zajedno sa SCADA sustavom i matematičkim algoritmima za analizu mreže omogućavaju da što bolje upoznamo stanje u kojem se nalazi distributivna mreža.

**Ključne riječi:** pogonska mjerenja, električne veličine, kvaliteta električne energije

## PROGRAM OPERATIONAL MEASUREMENTS IN HEP ODS ELEKTRA KRIŽ CROSS WITH REFERENCE IN THE MEASURED VALUES

### SUMMARY

Distribution network with its size, topology and configuration, forming a large number of measuring points, which are all impossible to measure, record and monitor. Therefore, it is necessary to choose of measurement methods and measurement program to get a better insight into the state of distribution network.

Operational measurements and obtained data on the electrical quantities in certain points of the distribution network with SCADA systems and mathematical algorithms for analyzing networks help to obtain better knowledge of the state the distribution network is in.

**Key words:** operational measurements, electrical quantity, power quality

### 1. UVOD

Vođenje pogona, održavanje, razvoj i planiranje distribucijske mreže nemoguće je bez poznavanja parametara distribucijske mreže i vrijednost električnih veličina u pojedinim karakterističnim točkama distribucijske mreže (napon, struja, snaga...).

Pravilnicima i granskim normama propisane su granice, nazivne vrijednosti i tolerancije pojedinih električnih veličina s ciljem kontrola ispravnosti i kvalitete ugrađene opreme, sprečavanja kvarova na opremi i stvaranje pretpostavki za sigurnost ljudi kod izvođenja radova u električnim postrojenjima te osiguranje nivoa propisane kvalitete električne energije na mjestu preuzimanja i isporuke kupcima.

Kvaliteta električne energije opisana je električnim parametrima čije vrijednosti moraju biti u granicama koje su propisane :

- Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava,
- Općim uvjetima za opskrbu električnom energijom.

## **2. VRSTE MJERENJA**

Mjerenja koja se provode u distribucijskoj mreži Elektre Križ možemo podijeliti na:

- a) pogonska mjerenja,
- b) kontrola kvalitete napona,
- c) snimanja kvalitete električne energije,
- d) specijalistička mjerenja,
- e) praćenje opterećenja trafostanica u SCADA sustavu,
- f) ispitivanja.

Prema vremenskom trajanju koliko se neka mjerena veličina mjeri ili snima, te koju vrstu mjerenja provodimo mogu biti:

- a) kratkotrajna mjerenja,
- b) 24 satna snimanja električnih veličina,
- c) tjedna snimanja električnih veličina,
- d) kontinuirano praćenje električnih veličina,
- e) snimanja prijelaznih pojava,
- f) ispitivanja.

Mjerenja iniciraju svaka iz svog djelokruga i nadležnosti pojedine organizacijske jedinice i kupci na vlastiti zahtjev, a izvode ih specijalističke ekipe organizacijskih jedinica nadležnih za određeni dio postrojenja i poslova.

Pogonska mjerenja izvode se kontinuirano na cijelom području Elektre Križ sukladno kriterijima i dinamici propisanoj Programom pogonskih i specijalističkih mjerenja.

Mjerenje kontrole kvalitete napona izvode se na osnovu pokazatelja vođenja pogona u Dispečerskom centru i/ili Centrima upravljanja u pogonima u dijelu distribucijske mreže gdje se ukazala potreba.

Snimanje kvalitete električne energije izvodi se na dijelu distribucijske mreže na osnovu ukazane potrebe poslije analize pogonskih mjerenja, mjerenja kontrole kvalitete napona i pokazatelja vođenja pogona u Dispečerskom centru i/ili Centrima upravljanja u pogonima, kao i na osnovu zahtjeva kupca.

Specijalistička mjerenja izvode se na osnovu stanja distribucijske mreže i pokazatelja u cilju optimalnog vođenja i razvoja mreže.

## **3. PROGRAMI MJERENJA**

### **3.1. Pogonska mjerenja**

Pogonska mjerenja dijelimo na kratkotrajna mjerenja i snimanja naponskih i strujnih prilika. Izvode se u cilju dobivanja energetske slike stanja postrojenja i opterećenosti pojedinih elemenata distribucijske mreže. Analizom kratkotrajnih mjerenja dobiju se smjernice koje upućuju na mjesta u distribucijskoj mreži o njenim elementima ili dijelovima koja se nalaze izvan definiranih granica, te je za njih potrebno izvršiti dodatna snimanja ili specijalistička mjerenja, kako bi se utvrdio uzrok i potrebni zahvati za sanaciju trenutnog stanja.

#### **3.1.1. Kratkotrajna pogonska mjerenja**

Kratkotrajna pogonska mjerenja izvode se zimi i ljeti zbog kontrole karakterističnih vrijednosti električnih veličina i opterećenja pojedinih elemenata distribucijske mreže. Mjerenja se izvode univerzalnim pogonskim instrumentom i strujnim klještima, a bilježe se trenutno izmjerene vrijednosti napona i struja.

U pojedinim TS 10(20)/0,4 kV mjere se fazne vrijednosti napona i struje te linijski naponi na niskonaponskoj strani transformatora i upisuju dodatni podaci u pripremljene obrasce (pored električnih veličina, kontrola položaja regulacijske preklopke, snaga kondenzatorske baterije, tip trafa).

Zimska mjerenja izvode se na svim TS 10(20)/0,4 kV zbog dobivanja slike o raspodjeli opterećenja.

Ljetna mjerenja izvode se u manjem obimu, a obavezno za TS 10(20)/0,4 kV u kojima je opterećenje veće od 100 kVA.

Na TS 10(20)/0,4 kV gdje je opterećenje veće od 80 %  $S_n$  i nesimetrija napona veća od 1,3 %  $U_n$ , potrebno je izmjeriti i struje po strujnim krugovima (SK).

Trenutno izmjerene vrijednosti napona i struja uspoređuju se s trenutnim teretom dalekovoda te preračunavaju na srednju i maksimalnu vrijednost ovisno o udjelu trafostanice u ukupnom teretu dalekovoda.

### 3.1.2. Snimanja naponskih i strujnih prilika

Mjerenje se izvodi pomoću pogonskog registrirajućih instrumenata (Logger), a snimaju se sva tri napona i struje, na TS 10(20)/0,4 kV prema sljedećem kriteriju:

- TS 10(20)/0,4 kV u kojima je nesimetrija veća od 1,3%  $U_n$  (snima se u TS i na SK koji najviše unose nesimetriju zbog nesimetrije strujnog opterećenja),
- TS 10(20)/0,4 kV za koje se poslije 24 satnog snimanja napona za kontrolu naponskih prilika utvrdi da su naponi van granica,
- TS 10(20)/0,4 kV čije je opterećenje > 80%  $S_n$  (snima se u trafostanici i najopterećeniji SK na sredini i kraju),
- TS 10(20)/0,4 kV ili SK gdje se izdaje elektroenergetska suglasnost za snagu veću od 30 kW (prije izdavanja suglasnosti i poslije priključenja) ukoliko se proračunom dokaže da će biti narušene naponske prilike,
- TS 10(20)/0,4 kV čije je opterećenje < 20%  $S_n$  (snima se u trafostanici),
- snimanja na osnovu zahtjeva pojedinih organizacijskih jedinica. Ukoliko pojedina organizacijska jedinica godišnje zatraži više od 20 objekata mora objektima pridijeliti prioritete i razvrstati ih u 3 kategorije (1. kategorija – 20 objekata; 2. kategorija – 20 objekata; 3. kategorija – svi ostali objekti),

#### Metoda mjerenja:

- |                           |         |
|---------------------------|---------|
| – uzorak svakih           | 5 sek   |
| – period uzimanja uzoraka | 1 min   |
| – trajanje mjerenja       | 24 sata |

Snimanje naponskih i strujnih prilika izvodi se kontinuirano tijekom cijele godine u raznim točkama distributivne mreže izabranih na osnovu prezentiranih kriterija.

### 3.1.3. Mjerni terminali

#### Obim mjerenja:

U trafostanicama u kojima su ugrađeni mjerni terminali tipa DIOS i IEL uzimanje podataka izvodi se zimi i ljeti sukladno terminima za kratkotrajna mjerenja.

### 3.2. Kontrola kvalitete napona

Kontrola kvalitete napona provodi se 24-satnim snimanjem napona, a vrši se istovremeno na 35 kV sabirnicama u TS 110/35 kV, na 35 kV i 10 kV sabirnicama u TS 35/10 kV te na 400 V sabirnicama u prvoj i zadnjoj TS 10/0,4 kV na karakterističnim dalekovodima, te na kraju najdužih SK koji se napajaju iz navedenih TS 10/0,4 kV. Pod karakterističnim 10 kV dalekovodima smatraju se ona dva dalekovoda koji imaju najlošije i najbolje naponske prilike, a napajani si iz iste TS 35/10 kV. Karakteristični dalekovodi odredit će se tako da se pomnoži prosječna snaga koja ulazi u dalekovod s dužinom dalekovoda (ili ukupnim otporom dalekovoda) do najudaljenije TS 10/0,4 kV te se tako dobiveni umnožak uspoređi za dalekovode napajane iz iste TS 35/10 kV. Pritom se u obzir uzimaju samo 10 kV dalekovodi koji su u vlasništvu HEP-a. Pretpostavlja se da dalekovod s najmanjim umnoškom ima najbolje naponske prilike dok onaj s najvećim ima najlošije naponske prilike. Opisanom metodom se za 18 TS 35/10 kV dobije 36 karakterističnih dalekovoda.

Pored ovoga nakon izvršene analize kratkotrajnih pogonskih mjerenja potrebno je izvršiti 24 satna snimanja struja i napona za TS 10/0,4 kV gdje je utvrđeno da je napona van granica.

Mjerenja se izvode na osnovu pokazatelja iz vođenja pogona u Dispečerskom centru i/ili Centrima upravljanja u pogonima u dijelu distribucijske mreže gdje se ukazala potreba.

### **3.3. Snimanje kvalitete električne energije**

Snimanja kvalitete električne energije izvode se na osnovu provedenih analiza pogonskih mjerenja i mjerenja kontrole kvalitete napona kada izmjerene električne veličine upućuju na narušenu kvalitetu električne energije u pojedinim dijelovima ili točkama distribucijske mreže, kao i na osnovu prigovora ili zahtjeva kupaca.

### **3.4. Specijalistička mjerenja**

Pored do sada navedenih mjerenja možemo nabrojiti još neka specijalistička mjerenja koja se povremeno provode u distributivnoj mreži:

- a) analiza nestandardnih kvarova
- b) analiza većih ispada
- c) analiza neselektivne prorade zaštite
- d) mjerenja kapacitivnih struja (struje zemljospoja)
- e) utvrđivanje izvora smetnji u mreži
- f) razna ispitivanja

### **3.5. Praćenje napona i opterećenja trafostanica u SCADA sustavu**

SCADA sustav stalno nadzire i prezentira podatke o opterećenju pojedinih vodova i transformatora, ali isto tako te prikupljene podatke s vrijednostima električnih veličina dugoročno skladišti u povijesnu bazu podataka.

U cilju dohвата, obrade i prezentacije tih podataka napravljeni su generički izvještaji za potrebe preglednog i brzog uvida dispečera/energetičara o stanju distributivne mreže. Mogu se prezentirati povijesni podaci u tabelarnom i grafičkom obliku (dijagrami) na dnevnoj, mjesečnoj i godišnjoj bazi obrađene ili izračunate vrijednosti za struje, napone i snage pojedinačno ili sumarno za pojedine izvore/trafostanice.

Pored generičkih izvještaja postoje i trendovi za brzi dohvat i trenutno praćenje izabrane pojedine analogne veličine koja je uključena u SCADA sustav.

## **4. PROTOKOLI MJERENJA**

Zbog primjene jedinstvene metode pri izvođenju mjerenja, snimanja i načina uzimanja uzoraka te njihovih obrada i prezentacija podataka definirani su jedinstveni obrasci i protokoli za cijelo područje Elektre Križ.

Slijedi prikaz neki od obrazaca i dijelova protokola za pogonska mjerenja.

Slika 1. Kratkotrajna pogonska mjerenja (Obrazac za unos podataka i izračun karakterističnih električnih veličina)



**HEP-ODS d.o.o.**  
**Elektra Križ**  
**Pogon Kutina**  
 Odjel za vođenje

List: 4/5  
 Datum obrade: 22.04.2009.  
 400703001 / 09 - 016

2. Objekt: TS 10/0,4 kV Kutina-45

Strujni krug: Mala strana PRUGE

$I_n = 80$  A

Stup mjerenja 13

Instrument: Logger - 1A

Tip: 1020

Ser.br.: EL-6740

Instrument: Logger - 2B

Tip: 1010

Ser.br.: EL-6741

### 1. Naponske i strujne prilike strujnog kruga unutar trafostanice

	L1	L2	L3		
$U_n$	230	230	230	$\Sigma(U_{Li})/3 > 253$ V	0,0 [%]
$U_{maks}$ [V] < 253 V ( 10 %)	228	229	228	$\Sigma(U_{Li})/3 < 207$ V	0,0 [%]
$U_{min}$ [V] > 207 V ( -10 %)	213	214	213	$\Sigma(U_{Li})/3 < 195,5$ V	0,0 [%]
$U_{pros}$ [V]	222	222	221	<b>maks.</b>	<b>pros.</b>
$I_{maks}$ [A] < 80 A	45	74	80	Zbroj vrijednosti struja	
$I_{min}$ [A]	12	13	15	$I = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}$	
$I_{pros}$ [A]	22	33	35	172 A	90 A
Ukupni broj mjerenja (n):				Vektorski zbroj ( $I_N$ ) nesimetrija	
Broj mjerenja za $U > 253$ V ( 10 %)	0	0	0	Pretpostavka $\cos\phi = \text{konst.}$	
Broj mjerenja za $U < 207$ V ( -10 %)	0	0	0	$I_N = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}$	
Broj mjerenja za $U < 195,5$ V ( -15 %)	0	0	0	44 A	15 A
Broj mjerenja u granicama 207 V < U < 253 V	1440	1440	1440	Nesimetrija napona	
% mjerenje u granicama 207 V < U < 253 V	100	100	100	$1,03 \cdot \Delta U_{L(sr)MAKS} / U_{sr} \cdot 100$	
				0,82 %	0,29 %

### 2. Opterećenost strujnog kruga

$S_{maks}$ [kVA] =	37,8	$S_{pros}$ [kVA] =	19,8
--------------------	------	--------------------	------

### 3. Naponske prilike na kraju strujnog kruga

	L1	L2	L3		
$U_{maks}$ [V] < 253 V ( 10 %)	224	228	227	$\Sigma(U_{Li})/3 > 253$ V	0,0 [%]
$U_{min}$ [V] > 207 V ( -10 %)	203	206	202	$\Sigma(U_{Li})/3 < 207$ V	0,1 [%]
$U_{pros}$ [V]	216	218	217	$\Sigma(U_{Li})/3 < 195,5$ V	0,0 [%]
Ukupni broj mjerenja (n):				$\Sigma(U_{Li min})/3$ kraj mreže	204 V
Broj mjerenja za $U > 253$ V ( 10 %)	0	0	0	$\Sigma(U_{Li maks})/3$ po. mreže	228 V
Broj mjerenja za $U < 207$ V ( -10 %)	67	6	48	Pad napona na strujnom krugu	
Broj mjerenja za $U < 195,5$ V ( -15 %)	0	0	0	$\Sigma(U_{Li maks})/3 - \Sigma(U_{Li min})/3$	25 V
Broj mjerenja u granicama 207 V < U < 253 V	1373	1434	1392	Nesimetrija napona	
% mjerenje u granicama 207 V < U < 253 V	95	100	97	$1,03 \cdot \Delta U_{L(sr)MAKS} / U_{sr} \cdot 100$	
				<b>maks.</b> 3,7 %	<b>pros.</b> 1,3 %

### ZAKLJUČAK:

Naponske prilike na kraju mreže:

Napon faze L1 **zadovoljava.**

Napon faze L2 **zadovoljava.**

Napon faze L3 **zadovoljava.**

Struja opterećenja strujnog kruga prema nazivnom osiguraču **zadovoljava.**

Napomena: Ufaženost strujnih krugova nije provedena pa oznake na početku i kraju nisu podudarne.

Nesimetrija nije uzeta u obzir zaključka.

Slika 2. Pogonska snimanja naponskih i strujnih prilika (dio izvještaja iz protokola)

## 5. ANALIZA REZULTATA KRATKOTRAJNIH POGONSKIH MJERENJA

Kratkotrajna pogonska mjerenja koja su izvedena tijekom zime 2009. godine obuhvatila su sve TS 10(20)/0,4 kV koje su u vlasništvu HEP-a. U svakoj trafostanici na NN strani izmjerene su struje i naponi po fazama te linijski naponi. Ovim izmjerenim električnim veličinama koje su izmjerene u kratkom vremenskom intervalu i u različito vrijeme pridružene su vrijednosti o kretanjima napona i struje na dalekovodima koji napaja pojedinu TS 10(20)/0,4 kV korištenjem podataka iz SCADA sustava.

Matematičkim algoritmima izračunate su vrijednost električnih veličina u mogućim prosječnim i ekstremnim opterećenjima u trafostanici.

Tako su izračunom dobivene slijedeće veličine:

- udio TS u opterećenju dalekovoda (apsolutno i relativno),
- maksimalno opterećenje TS u kVA i % u odnosu na  $S_n$  trafostanice,
- srednje opterećenje TS u kVA i % u odnosu na  $S_n$  trafostanice,
- nesimetrija faznog i linijskog napona.

Definiranjem graničnih vrijednosti pojedinih električnih veličina dobivene su trafostanice koje su izvan određenih granica kao i njihov udio u ukupnom broju TS:

- $S_{TS} < 20 \% S_n$  - 375 trafostanica ili 29 %
- $S_{TS} > 80 \% S_n$  - 68 trafostanica ili 5 %
- $S_{TS} > 100 \text{ kVA}$  - 297 trafostanica ili 23 %
- $-10 \% U_n > U > +6 \% U_n$  - 35 trafostanica ili 3 %
- nesimetrija  $> 1,3 \%$  - 44 trafostanice ili 3,4 %

Tablica I. Analiza kratkotrajnih pogonskih mjerenja ( zima 2009. )

IZVRŠITELJ	BROJ IZVRŠENIH MJERENJA	ANALIZA				
		Broj TS $S_{TS} < 20\% S_n$	Broj TS $S_{TS} > 80\% S_n$	Broj TS $S_{TS} > 100$ kVA	$-10\% U_n > U$ $> +6\% U_n$	nesimetrija $> 1,3\%$
PU Čazma	151	38	2	9	4	0
PU Ivanić	119	23	0	14	10	0
PU Popovača	105	19	4	10	2	1
Sjedište	67	15	4	7	0	3
Pogon Daruvar	312	121	8	91	3	19
Pogon Kutina	178	28	29	48	6	14
PU Garešnica	91	19	13	22	2	4
Pogon Lipik	174	82	2	45	2	3
PU Novska	96	30	6	51	6	0
<b>REKAPITULACIJA</b>	<b>1293</b>	<b>375</b>	<b>68</b>	<b>297</b>	<b>35</b>	<b>44</b>

## 6. ZAKLJUČAK

Izvođenje pogonskih mjerenja je jedan od važnih čimbenika za optimalno vođenje i razvoj distributivne mreže u najvećem njenom dijelu koji nije pod daljinskim nadzorom.

Raznim mjernim metodama dobivaju se podaci o vrijednostima električnih veličina koje je potrebno na isti način obrađivati i prezentirati kako bi što vjernije opisivali stanje elemenata u distributivnoj mreži. Vrijednost električnih veličina u pojedinoj točki mreže stalno se mijenja i ovisi o uklopnom stanju i karakteristikama priključenih trošila na koji se ne možemo utjecati. Zbog toga je važno eliminirati nebitne parametre i izabrati mjerne metode koji daju što kvalitetnije podatke o vrijednostima električnih veličina i stanju u pojedinim dijelovima distributivne mreže.

## LITERATURA

- [1] Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom, Narodne novine broj 14/2006,
- [2] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, Narodne novine broj 36/2006,
- [3] Dubravko Balaško, Program pogonskih i specijalističkih mjerenja, HEP ODS Elektra Križ, veljača 2009.
- [4] Ivica Pavlić, Dubravko Balaško, Sustav daljinskog vođenja Elektre Križ-definiranje i izrada izvještaja opterećenja u SCADA sustavu NMS, referat - 9. savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat studeni 2009.
- [5] Željko Novinc, Kakvoća električne energije, rujan 2006