

Ivan Dizdar
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ivan.dizdar@hep.hr

PROJEKT TESTIRANJA MOGUĆNOSTI NAPREDNIH MJERNIH UREĐAJA ZA UTVRĐIVANJE GUBITAKA U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI NA PODRUČJU OTOKA VIRA

SAŽETAK

U referatu su opisane aktivnosti na ugradnji naprednih mjernih uređaja u sve TS 10(20)/0,4 na području otoka Vira čime su se dobili podaci o ukupno predanoj energiji u NN mreži otoka u 15-min intervalima te podaci o različitim pogonskim događajima (prekidi, podnaponi, prenaponi). Mjerni podaci iz brojila ugrađenih u transformatorske stanice usporedili su se s podacima dobivenim očitanjem pojedinih brojila na obračunskim mjernim mjestima korisnika distribucijske mreže kako bi se dobili iznosi gubitaka po pojedinom trafo području. U cilju testiranja mogućnosti PLC G3 komunikacijske tehnologije i točnijeg utvrđivanja gubitaka u 15-minutnim intervalima, sva obračunska mjerna mjesta priključena na TS Vir Kozjak opremljena su s PLC G3 brojlilima. U radu su prikazani rezultati testiranja komunikacije s brojlilima i uspješnost očitavanja registara potrošnje energije i krivulje opterećenja, rezultati utvrđivanja gubitaka u 15-min intervalima te daljnje aktivnosti na utvrđivanju i smanjenju gubitaka energije.

Ključne riječi: PLC-G3, napredna brojila, koncentrator, gubitci, distribucijska mreža

PROJECT OF TESTING POSSIBILITIES OF USING SMART METERS FOR DETERMINATION OF LOSSES IN DISTRIBUTION NETWORK ON ISLAND VIR

SUMMARY

Paper describes activities on smart meters installation to all transformer stations on island Vir to get data of electricity consumption on the island Vir in 15-min intervals and events data on transformer station (overvoltage, undervoltage, power off, power on). Data is used to compare with consumption at all customer meters connected to transformer to get information of energy losses for station. For testing PLC-G3 communication technology and accurate measuring of losses in 15-minutes intervals PLC-G3 smart meters are installed at all customers measuring points connected to transformer station Vir Kozjak. This paper presents result of testing communication with meters, success of reading billing registers, load profile registers and result of calculating losses in 15-min intervals. Further activities on determining and reducing of losses are also described.

Key words: PLC-G3, smart meters, concentrator, losses, distribution network

1. UVOD

1.1. Opis projekta

Otok Vir je poznat po desetljećima bespravne gradnje čija je posljedica vrlo velika gustoća izgradnje i veliki broj objekata koji upravo radi nelegalnosti nemaju priključak na elektrodistribucijsku mrežu. Posljedice ovakvog stanja na terenu su velik broj priključaka po pojedinom trafo području i učestalost neovlaštenog korištenja električne energije u objektima koji nemaju priključak na elektrodistribucijsku mrežu. Do sada su otkriveni brojni slučajevi neovlaštene potrošnje električne energije od kojih su najčešći samovoljno priključenje na elektrodistribucijsku mrežu i spajanje drugog objekta na instalaciju objekta koji ima priključak pri čemu je obično onesposobljen uređaj za ograničenje strujnog opterećenja (limitator). Zbog svega navedenoga učestalost kvarova uslijed preopterećenja priključaka, niskonaponskih izvoda ili cijelih trafostanica na otoku Viru je mnogo veća nego u drugim djelovima mreže.

2. OPREMANJE TRAFOSTANICA I MJERNIH MJESTA NAPREDNIM BROJILIMA

2.1. Opremanje trafostanica naprednim brojilima

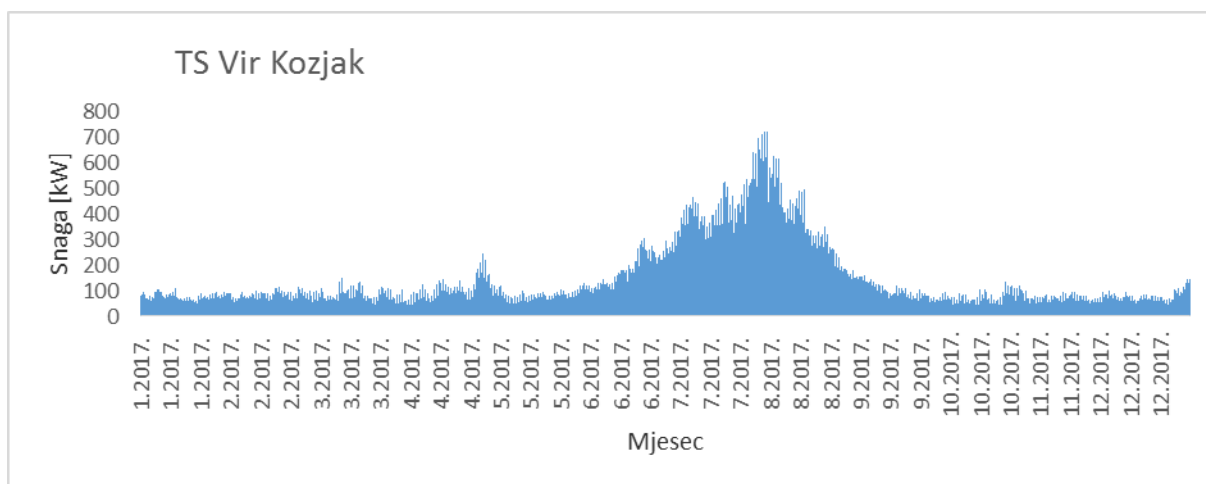
U svrhu utvrđivanja količine isporučene električne energije za svaku transformatorsku stanicu 10/0,4kV u prvoj fazi ugrađena su multifunkcijska brojila tipa SMA405 i ZMD405 u 23 trafostanice na otoku Viru. Ugradnja je izvedena na način da je standardni mjerni terminal u niskonaponskom bloku zamijenjen multifunkcijskim brojilom te je točka mjerenja na dolazu na niskonaponske sabirnice transformatora 10/0,4kV.

Mogućnosti multifunkcijskog brojila su:

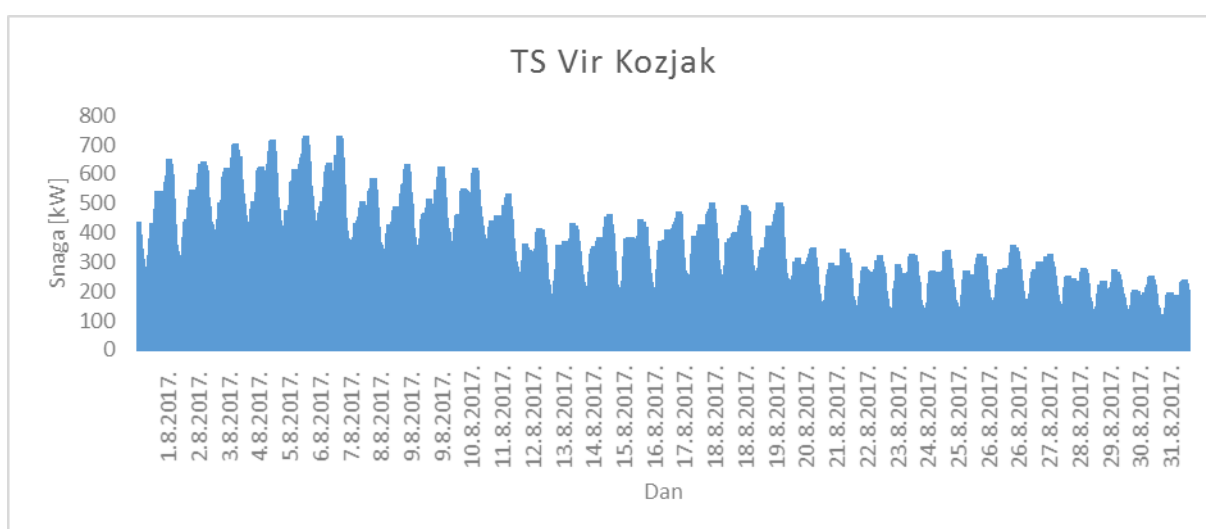
- mjerenje radne energije u dva smjera
- mjerenje jalove energije u 4 kvadranta
- mjerenje struje po fazama
- mjerenje napona po fazama
- mjerenje nesimetrije struja po fazama
- mjerenje nesimetrije napona po fazama
- mjerenje $\cos \Phi$
- Snimanje pogonskih događaja poput vremena prekida i povratka napajanja, prenapona i podnapona po fazama.

Mjerenje radne i jalove energije izvedeno je u 15-min intervalima snimanjem kumulativnih stanja registara iz čega se oduzimanjem dvije uzastopne vrijednosti dobije predana energija u 15-min intervalima te množenjem sa 4 prosječna 15-min snaga. Mjerenje struja, napona, nesimetrije struja, nesimetrije napona i $\cos \Phi$ izvedeno je u 10-min intervalima. Komunikacija je izvedena putem GPRS mobilne mreže i svi podatci se automatski snimaju u bazu AMR (automated meter reading) sustava više puta dnevno, a dostupni su uvijek i na zahtjev. Na slikama 1, 2 i 3 prikazani su godišnji, mjesečni i dnevni profili 15-minutnih snaga na primjeru trafostanice Vir Kozjak. Iz profila izračunata je i predana energija u mrežu i to:

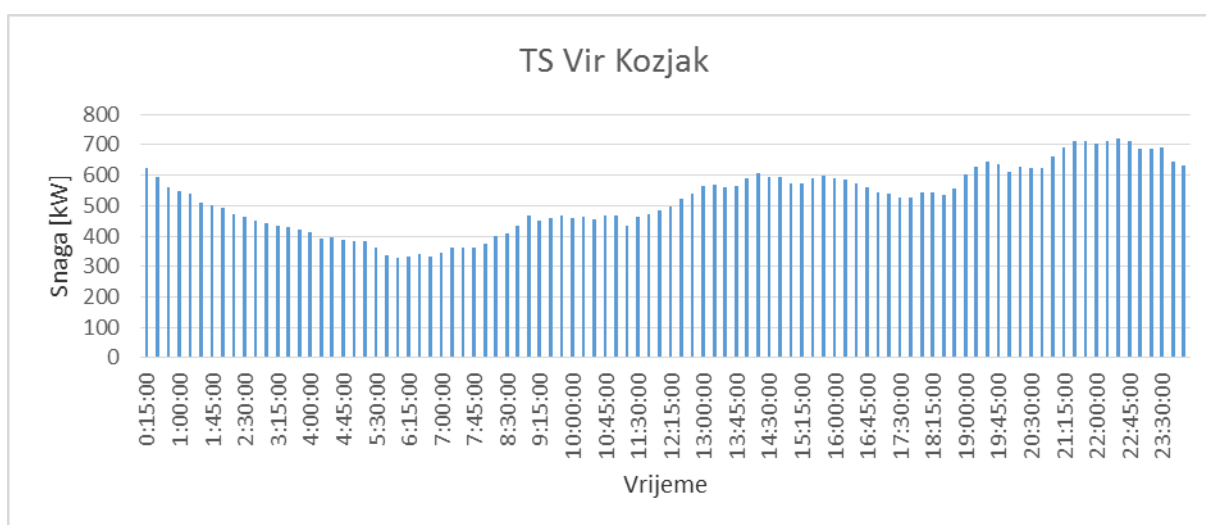
- Za 2017. godinu – 947858,42 kWh
- Za kolovoz 2017. - 245992,76 kWh
- Za dan 5. kolovoz 2017. - 12519,42kW



Slika 1. Prikaz opterećenja trafostanice Vir Kozjak kroz 2017. godinu



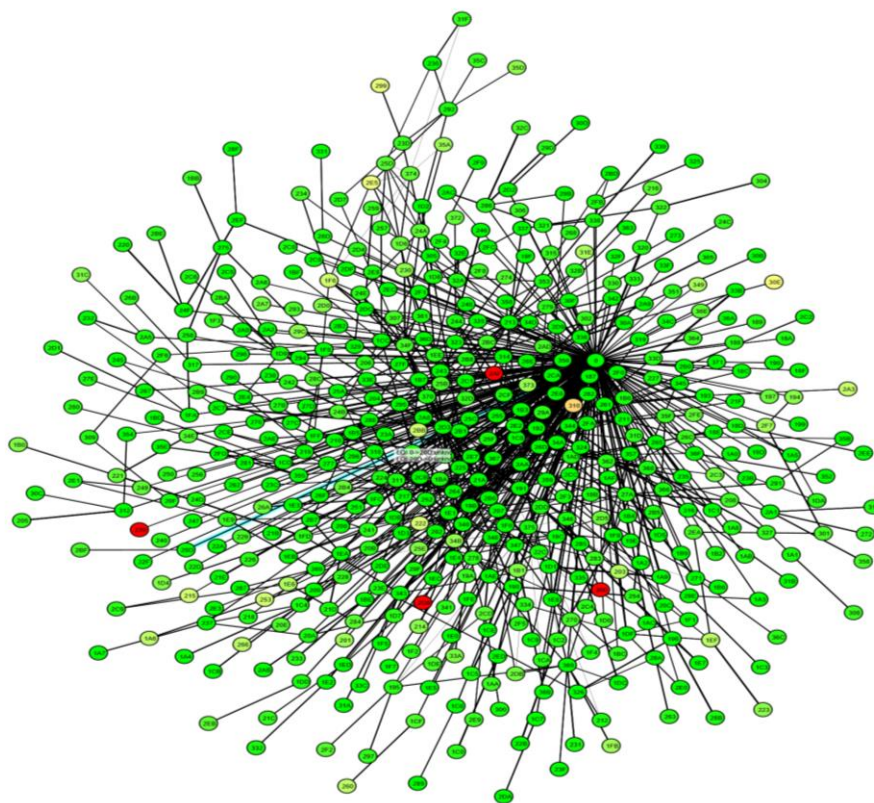
Slika 2. Prikaz opterećenja trafostanice Vir Kozjak kroz kolovoz 2017. godine



Slika 3. Prikaz opterećenja trafostanice Vir Kozjak na dan 05.08.2017. godine

2.2. Opremanje obračunskih mjernih mjesta korisnika mreže naprednim brojlilima

Za točno utvrđivanje gubitaka električne energije bilo je potrebno i opremiti i sva mjerna mjesta korisnika distribucijske mreže na trafostanici brojilima sa daljinskom komunikacijom kako bi se moglo dobiti istovremeno očitavanje svih brojila na trafostanici. Za opremanje obračunskih mjernih mjesta odabrana su napredna brojila sa PLC-G3 komunikacijom, a za testiranje te mogućnosti kao prva odabrana je TS Vir Kozjak radi najvećeg broja priključaka. Trafostanica je u trenutku opremanja naprednim brojlilima imala 483 priključka, a naknadno je izvedeno još 6 priključaka te ih sada ima 489. Odabrana je komunikacijska tehnologija je PLC-G3 putem niskonaponske mreže, koristi OFDM modulaciju (Orthogonal Frequency Shift Modulation) u frekvencijskom pojasu 35,9-90,6kHz. Standard je propisan od strane organizacije G3-ALLIANCE. Sustav se sastoji od PLC-G3 koncentratora i PLC-G3 brojila koji se konfiguriraju poput računalne mreže. Koncentrator je ugrađen je u trafostanicu neposredno uz multifunkcijsko brojilo. Brojilo i koncentrator povezani su lokalno putem RS485 sučelja. Sustav funkcionira na način da se po ugradnji PLC-G3 brojila u mrežu brojila sama prijavljuju na koncentrator koji im potom sinkronizira vrijeme te ih dalje očitava po predefiniranom rasporedu. Brojila služe kao repetitori PLC signala drugim brojlilima te koncentrator neprestano pronalazi optimalne rute za pojedina brojila što se tiče kvalitete komunikacije. Po prozivu koncentratora od strane AMR-sustava očitani podatci se prebacuju iz koncentratora u bazu AMR sustava te se u sustav automatski prijavljuju novo ugrađena brojila. Koncentrator prilikom svakog očitavanja brojila provjerava i sinkronizira vrijeme dok AMR sustav sinkronizira vrijeme samog koncentratora čime je osigurana istovremenost podataka sa svih brojila.



Slika 4. Prikaz komunikacijskih veza PLC-G3 Koncentratora i brojila na TS Vir Kozjak

Na slici 4 prikazan je trenutni status komunikacijskih veza brojila i koncentratora. Uređaj označen sa 0 je koncentrator dok su ostali uređaji brojila. Crveno označena su trenutno nedostupna brojila, a zeleno i žuto dostupna brojila. Ugrađena brojila su tipa ZMXi310 – trofazna i ZCXi110 – jednofazna, a koncentrator DC450FEUA000v2. Brojila ugrađena na kućanstva imaju mogućnost mjernja radne energije i snage u dva smjera i više tarifa dok brojila ugrađena kod poduzetništva dodatno imaju mogućnost mjerenja jalove induktivne i kapacitivne energije. Sva brojila imaju ugrađen sklopnik te mogućnost daljinskog isključenja, uključanja i limitacije vršne snage. Brojila također imaju mogućnost registracije događaja poput prekida i povrata napajanja, podnapona, prenapona i otvaranja poklopca brojila.

3. ANALIZA USPJEŠNOSTI OČITANJA BROJILA

3.1. Statistika uspješnosti očitavanja

Ugradnja naprednih brojila korisnicima mreže na TS Vir Kozjak kompletirana je u lipnju 2017. U nastavku je prikazana statistika uspješnosti očitavanja obračunskih registara i 15-minutne krivulje kumulativa radne energije za kolovoz 2017. Kolovoz je odabran radi najvećeg opterećenja trafostanice kada su očekivano i najveće smetnje na PLC komunikacijskom kanalu. Uspješnost očitavanja obračunskih registara prikazuje broj uspješnih očitavanja na dane 01.08.2017. i 01.09.2017. u odnosu na broj traženih očitavanja. Uspješnost očitavanja 15-minutne krivulje kumulativa radne energije prikazuje broj uspješno očitanih 15-minutnih vrijednosti u razdoblju od 01.08.2017. 00:00 do 01.09.2017 00:00. u odnosu na broj traženih očitavanja.

Tablica1. Uspješnost očitavanja PLC-G3 brojila za razdoblje 01.08.2017. – 01.09.2017.

	Ukupan broj brojila	Ukupan broj podataka za očitavanje	Očitano	Uspješnost očitavanja [%]
Mjesečno očitavanje obračunskih registara	483	966	963	99,69
Dnevno očitavanje obračunskih registara	483	14973	14930	99,71
Očitavanje 15-minutne krivulje kumulativa radne energije A+	483	1437408	1428460	99,38

3.2. Analiza uspješnosti očitavanja i dodatno poboljšanje

Pored visokog postotka očitavanosti naknadno se pristupilo utvrđivanju razloga neočitavanja pojedinih brojila i utvrđeni su sljedeći slučajevi:

- Brojilo nije pod naponom radi isključenja na mreži od strane samog korisnika mreže.
- Prva faza na trofaznom brojilu nije pod naponom radi kvara i izgaranja osigurača.

U prvom slučaju problem je rješavan u dogovoru sa korisnikom mreže uključanjem brojila i isključenjem potrošača na samoj instalaciji, dok je u drugom slučaju problem riješen sanacijom kvara. Nakon ovih zahvata uspješnost očitavanja obračunskih registara je 100% , a porastao je i postotak očitavanja krivulje. Kod očitavanja krivulja primijećen je povećan broj neočitanih podataka u razdoblju nakon prekida napajanja cijele trafostanice. Tijekom kolovoza multifunkcijsko brojilo u trafostanici zabilježilo je dva kratka prekida i to 06.08. od 20:09:36 do 20:11:45 i 08.08 od 09:12:43 do 09:13:17. Nakon svakog prekida PLC-G3 koncentrator ponovno uspostavlja komunikacijske veze prema brojilima što kod velikog broja brojila, kao u ovom slučaju, traje i do 10 sati do pune dostupnosti svih brojila. Unatoč tome uspješnost očitavanja krivulje je 99,38%.

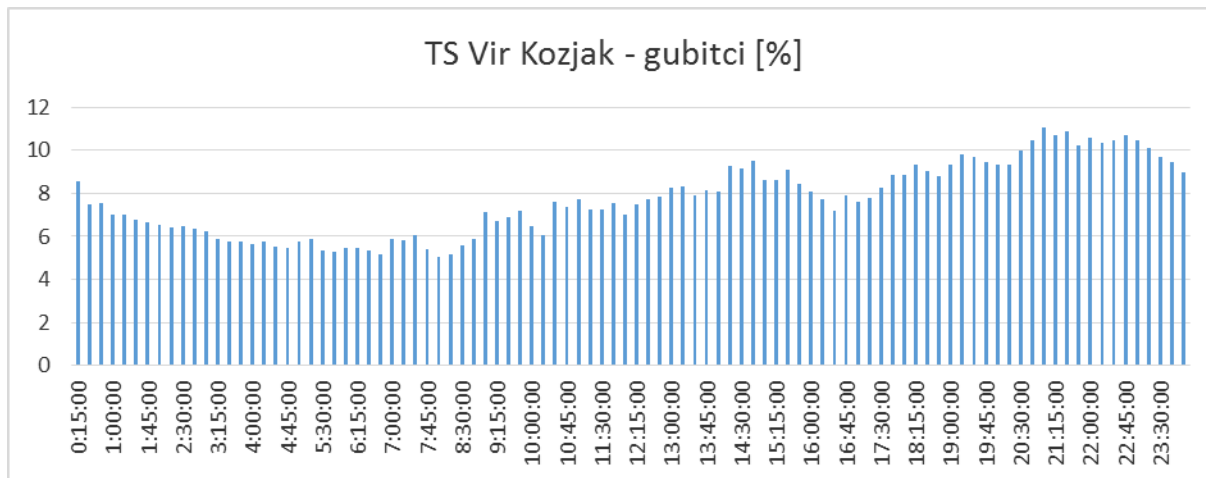
4. MJERENJE GUBITAKA NA NISKONAPONSKOJ MREŽI IZ VIR KOZJAK

4.1 Opis načina mjerenja i izračuna gubitaka

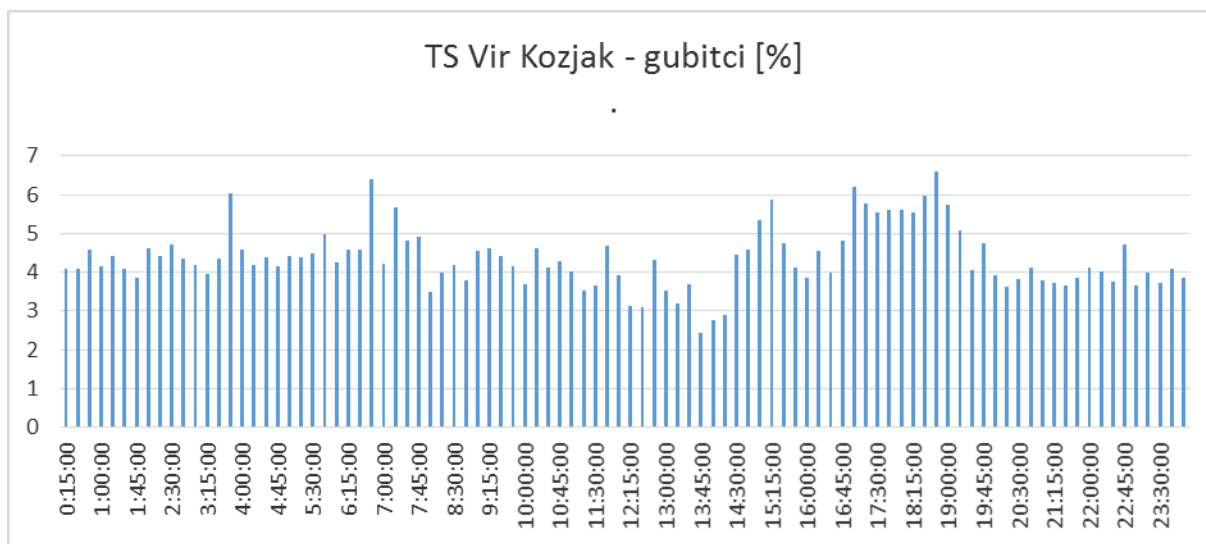
Nakon što su sva mjerna mjesta korisnika mreže opremljena PLC-G3 brojlilima i očitavanje registara svih brojila dovedeno na 100% moguć je točan izračun gubitaka električne energije u niskonaponskoj mreži. Gubitci se računaju tako da se sumira izmjerena električna energija na svim brojlilima korisnika mreže te odbije od energije registrirane na multifunkcijskom brojilu u trafostanici u istom vremenskom periodu. Za izračun gubitaka koristi se 15-min krivulja kumulativa isporučene električne energije tako da promatrani period može biti bilo koji sa korakom od 15 minuta. Isporučena električna energija u 15-minutnom periodu dobije se oduzimanjem dviju uzastopnih vrijednosti. Kako očitavanje krivulje na PLC-G3 brojlilima unatoč visokom postotku uspješnosti ipak nije 100% periodi koji nedostaju nadomješteni su raspodjelom energije izračunate iz očitavanja neposredno poslije i prije nedostajućih perioda. Na ovaj način izračun je precizniji što se promatra dulji vremenski period, a ukoliko sva brojila imaju očitavanje na početku i kraju promatranog perioda izračun za period je točan u okviru razreda točnosti samih brojila. U nastavku je napravljena analiza gubitaka za kolovoz 2017. kada je trafostanica najopterećenija. Analiza je napravljena po danima, a posebno su prikazana 15-minutna kretanja gubitaka za 05.08.2017. kada je opterećenje bilo najveće i 31.08.2017. kada je opterećenje bilo najmanje.

Tablica 2. Prikaz izmjerenih gubitaka po danima za kolovoz 2017. godine

Analiza dnevnih gubitaka na TS Vir Kozjak				
DATUM	Energija predana u NN mrežu [kWh]	Energija izmjerena na brojlilima korisnika mreže [kWh]	Gubitci [kWh]	Gubitci %
1.8.2017.	9975,54	9254,53	721,01	7,23
2.8.2017.	10762,11	9925,63	836,48	7,77
3.8.2017.	12222,03	11195,76	1026,27	8,40
4.8.2017.	12587,64	11559,47	1028,17	8,17
5.8.2017.	12519,42	11513,03	1006,39	8,04
6.8.2017.	12734,88	11697,07	1037,81	8,15
7.8.2017.	10461,66	9768,40	693,26	6,63
8.8.2017.	10173,27	9497,09	676,18	6,65
9.8.2017.	10588,71	9849,68	739,03	6,98
10.8.2017.	10915,65	10119,21	796,44	7,30
11.8.2017.	9885,24	9214,04	671,20	6,79
12.8.2017.	7448,31	6991,60	456,71	6,13
13.8.2017.	7096,35	6668,89	427,46	6,02
14.8.2017.	7461,75	6988,49	473,26	6,34
15.8.2017.	7567,26	7097,16	470,10	6,21
16.8.2017.	7657,14	7179,89	477,25	6,23
17.8.2017.	8306,25	7739,73	566,52	6,82
18.8.2017.	8283,48	7719,02	564,46	6,81
19.8.2017.	8242,53	7667,96	574,57	6,97
20.8.2017.	6329,85	5957,54	372,31	5,88
21.8.2017.	5605,95	5302,20	303,75	5,42
22.8.2017.	5258,16	4957,95	300,21	5,71
23.8.2017.	5193,48	4887,12	306,36	5,90
24.8.2017.	5131,47	4854,44	277,03	5,40
25.8.2017.	5297,07	4996,42	300,65	5,68
26.8.2017.	5631,27	5308,15	323,12	5,74
27.8.2017.	5561,07	5243,67	317,40	5,71
28.8.2017.	4830,39	4621,61	208,78	4,32
29.8.2017.	4466,07	4282,16	183,91	4,12
30.8.2017.	4044,96	3876,50	168,47	4,16
31.8.2017.	3753,78	3590,75	163,03	4,34
UKUPNO	245992,74	229525,14	16467,59	6,69



Slika 5. Kretanje gubitaka tijekom dana 05.08.2017. Vršno opterećenje trafostanice: 720,45kW



Slika 6. Kretanje gubitaka tijekom dana 31.08.2017. Vršno opterećenje trafostanice: 230,88kW

4.2. Analiza dobivenih rezultata te daljnji postupci.

Izmjerene vrijednosti su znatno veće od očekivanih za ovaj tip mreže gdje tehnički gubici ne bi trebali prelaziti 2-3% i to upućuje na postojanje neovlaštene potrošnje. Provedena je kontrola sumljivih priključaka i mjernih mjesta pri čemu je utvrđeno nekoliko slučajeva neovlaštene potrošnje. Smanjenjem opterećenja trafostanice primjetne su veće trenutne promjene gubitaka u toku dana što upućuje da upravo među manjim brojem preostalih korisnika mreže postoje i oni koji neovlašteno troše električnu energiju. Daljnja aktivnost će se usmjeriti na takva mjerna mjesta, a kako je najveći dio priključaka izveden sa priključno mjernim ormarom na fasadi objekta najvjerojatniji načini neovlaštene potrošnje su podzemno priključenje na napojni kabel T-spojkom. Budući da ugrađena brojila mjere energiju u dva smjera otkrivena su i dva slučaja neovlaštene proizvodnje. U oba slučaja radilo se o solarnim elektranama koje su putem instalacije korisnika mreže puštene u paralelan rad sa mrežom. Ovakvi slučajevi predstavljaju opasnost jer je moguć povratni napon u mrežu nakon isključenja napodna na izvodu ili cijeloj trafostanici od strane elektrodistribucije.

5. DODATNE MOGUĆNOSTI INSTALIRANOG SUSTAVA NAPREDNIH BROJILA .

5.1. Ograničenje snage

Brojila omogućavaju nadzor korištenja priključne snage i daljinsku limitaciju prema snazi odobrenoj kroz elektroenergetsku suglasnost. Korištenjem ove funkcije moguće je brzo reagirati te spriječiti preopterećenje pojedinih izvoda ili cijele trafostanice od strane korisnika mreže koji su onesposobili uređaj za ograničavanje strujnog opterećenja.

5.2. Točna identifikacije veze mjernog mjesta i niskonaponskog izvoda

Kako su sva brojila u PLC-G3 mreži sinkronizirana na isto vrijeme od strane koncentratora kratkotrajnim isključenjem pojedinih izvoda u točno određeno vrijeme i naknadno očitanjem knjige događaja svih brojila moguće je brojila točno grupirati po niskonaponskim izvodima. Grupiranjem brojila po niskonaponskim izvodima moguće je dobiti 15-minutnu krivulju predane energije korisnicima mreže po pojedinim izvodima. Ugradnjom privremenog mjerenja na pojedine izvode u trafostanici i naknadnom usporedbom rezultata mjerenja sa krivuljom izmjerenom na brojilima korisnika mreže moguće je identificirati izvode sa povećanim gubitcima i usmjeriti se na njih pri traženju neovlaštene potrošnje.

6. ZAKLJUČAK

Projekt ugradnje naprednih PLC-G3 brojila na mjerna mjesta korisnika mreže i ugradnje multifunkcijskog brojila u trafostanicu u svrhu točnog mjerenja gubitaka električne energije u 15-minutnim intervalima i snimanja pogonskih događaja u trafostanici pokazao se uspješnim. Cijeli sustav pokazao je i dodatne mogućnosti upotrebe poput točnog određivanja pripadnosti mjernih mjesta niskonaponskim izvodima trafostanice, praćenja i ograničavanja vršne snage korisnicima koji je prekoračuju te identifikaciju spajanja neovlaštenih proizvođača na distribucijsku mrežu.

7. LITERATURA