

Ivan Radmanović, mag.ing.el.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Zagreb
ivan.radmanovic@hep.hr

Ivana Maduna, struč.spec.el.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Zagreb
ivana.maduna@hep.hr

Ruđer Dimnjaković, dipl.ing.el.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Zagreb
ruđer.dimnjakovic@hep.hr

Bernarda Ostojić, mag.ing.el.techn.inf.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Zagreb
Bernarda.ostojic@hep.hr

IMPLEMENTACIJA NAPREDNIH MJERNIH UREĐAJA U ELEKTRI ZAGREB

SAŽETAK

Tijekom 2019.godine na području Elektre Zagreb ugrađeni su koncentratori sa sumarnim brojlilima u ukupno 123 transformatorske stanice, pri čemu su obračunska mjerna mjesta (OMM) napajana iz 31 transformatorske stanice opremljena naprednim mjernim uređajima koji komuniciraju s koncentradorima u transformatorskoj stanici uz pomoć „Power Line Communication“ (PLC-G3) komunikacije. Ugrađeni napredni mjerni uređaji imaju mogućnost daljinskog očitavanja mjernih podataka. U ovom radu ukratko su obrađene neke od mogućnosti korištenja ugrađenih naprednih mjernih uređaja, s posebnim naglaskom na detekciju gubitaka u mreži. Za analizu je odabrano nekoliko transformatorskih stanica opremljenih koncentradorima i sumarnim brojlilima, te kod njih su obračunska mjerna mjesta korisnika mreže koji se iz njih napajaju opremljena naprednim mjernim uređajima. Ugradnja naprednih mjernih uređaja u transformatorske stanice omogućuju nam uvid u veću količinu mjernih podataka u točno određenom vremenskom periodu. Također su navedene prednosti, mogućnosti i eventualni nedostaci ovakvog načina prikupljanja mjernih podataka.

Ključne riječi: napredni mjerni uređaji, distributivna mreža, konzentrador, PLC, mjerni podaci

IMPLEMENTATION OF ADVANCED MEASURING DEVICES IN ELEKTRA ZAGREB

SUMMARY

During 2019. concentrators with summary meters were installed in the area of Elektra Zagreb in 123 transformer stations, customers measurement points powered by 31 transformer stations equipped with advanced metering devices that communicate with concentrators in the transformer station using „Power Line Carrier (PLC-G3) communication. Built-in advanced metering devices have the ability to read metrics remotely. This paper briefly discusses some of the possibilities of using embedded advanced measuring devices, with particular emphasis on network loss detection. Several transformer stations equipped with concentrators and summaries have been selected for the analysis, and they have metering points for users of the network who are powered by them, equipped with advanced measuring devices. Installation of advanced metering devices in transformer stations allow us to see a greater amount of metering over a specific period of time. The advantages, opportunities and possible disadvantages of this metric collection method are also outlined.

Key words: advanced measuring devices, distribution network, hub, PLC, measuring data

1. UVOD

Sredinom 2018.godine u Elektri Zagreb započet je proces implementacije pametnih uređaja, na mjernim mjestima korisnika kategorije kućanstvo, u distributivnu mrežu u svrhu lakše dostupnog, bržeg i preciznijeg očitavanja mjernih podataka. Implementacija pametnih brojila kod svih potrošača kategorije kućanstvo planira se najkasnije do 2030.godine. Sustav pametnog mjerenja sastoji se od pametnih uređaja, komunikacijske veze i upravljačkih uređaja. Pametna brojila imaju mnogo prednosti nad elektromehaničkim brojlama koja se i danas koriste kod korisnika kategorije kućanstvo. Mjerenje električne energije uz pomoć elektromehaničkih brojila ima poprilično nedostataka. Elektromehaničko brojilo ima manju točnost nego digitalno brojilo, nema mogućnost podešavanja, nema mogućnost daljinskog upravljanja, pokretni dijelovi se s vremenom istroše te imaju samo mogućnost očitavanja potrošene energije. Implementacijom naprednih mjernih uređaja korisnicima kategorije kućanstvo omogućuje nam se uvid u veću količinu mjernih podataka u točno određenom vremenskom intervalu u jedinstvenom sustavu daljinskog očitavanja brojila HEP ODS-a. Transformatorske stanice opremljene su koncentradorom koji podatke šalje u AMR sustav, a na mjernim mjestima korisnika kategorije kućanstvo ugrađeni su napredni mjerni uređaji s mogućnošću PLC-G3 komunikacije. U ovom referatu opisani su napredni mjerni uređaji koji se ugrađuju u niskonaponskoj mreži Elektre Zagreb, te su analizirane mogućnosti korištenja očitanih mjernih podataka s naprednih mjernih uređaja.

2. VRSTE I MOGUĆNOSTI PAMETNIH UREĐAJA

Obračunska mjerna mjesta korisnika mreže HEP ODS-a opremljena su pametnim brojilima proizvođača LANDIS Gyr, ISKRA. Obračunska mjerna mjesta korisnika mreže opremljena sa LANDIS Gyr pametnim uređajima opremljena su sa digitalnim brojilima tipa ZCXi110-A i brojilima tipa ZMXi310-A. Brojilo ZCX je jednofazno digitalno brojilo električne energije koje ima mogućnost dvosmjerne komunikacije putem PLC (Power Line Carrier) tehnologije koja omogućava ujedinjavanje u AMM sustave. Komunikacijske naredbe mogu se podijeliti u vremenske intervale, u svrhu postizanja maksimalne točnosti. Brojilo ZCX serije E450 s koncentраторom podataka komunikaciju izvršava uz pomoć PLC komunikacije koja se temelji na G3-PLC OFDM. Brojilo ZMXi310-A je trofazno digitalno brojilo, te ima iste mogućnosti kao i ZCXi digitalno brojilo [1].



Sl. 1. Jednofazno napredno brojilo tipa ZCXi110-A

Tablica I. Tehničke i mjeriteljske značajke brojila tip ZCXi110-A i ZMXi310-A

Nominalni mjerni napon	1x230V 3x230/400V
Frekventni raspon	50 Hz
Mjerna struja	$I_{ref}=5\text{ A}$, $I_{min}=0,25\text{ A}$, $I_{max}=80\text{ A}$
Razred točnosti	2 (*za jalovu energiju)
Gubici u uređaju tipa ZCXi110-A	$P_{gub}=1,8\text{ W}$
Gubici u uređaju tipa ZMXi310-A	$P_{gub}=3\text{ W}$

Transformatorska stanica opremljena je koncentраторom tipa Landis+Gyr DC450, koji ima mogućnost priključenja WAN komunikacije, te podržava G3-PLC koji ima sposobnost rada u frekventnom području 5-95 kHz i G3-500 koji ima mogućnost rada u frekventnom području 150-500 kHz. WEB poslužitelj je integriran u samom uređaju i ima mogućnost upotrebe lokalnog i udaljenog pristupa, te je omogućena IPv6 podrška.[1]



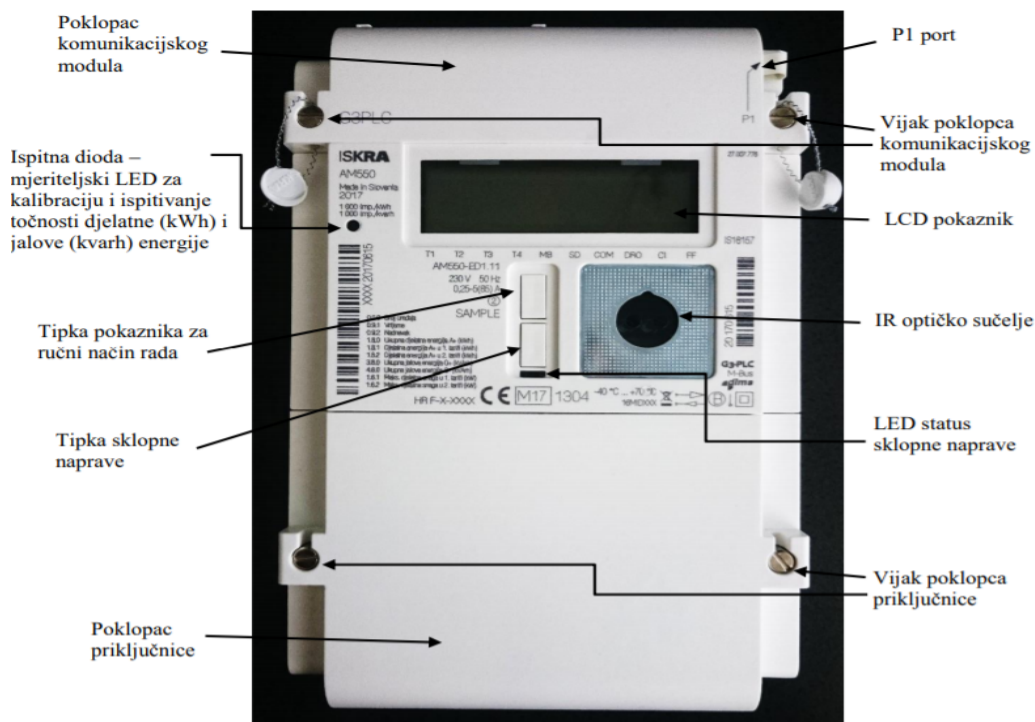
Sl. 2. Koncentrator tip Landis+Gyr DC450

Tablica II. Tehničke značajke koncentratora tip Landis+Gyr DC450

Nominalni mjerni napon	1x230V ili 3x230/400 V
Frekventni raspon	50 Hz
Mogućnost priključka	RS-485 (RJ45) SELV, max. 24 V USB-A priključak 2xLAN(RJ45) sučelje
Potrošnja koncentratora	P= 7,5 W

Obračunska mjerna mjesta korisnika mreže opremljena sa ISKRA pametnim uređajima opremljena su sa digitalnim brojilima tipa AM550 koja su jednofazna brojila. Brojila tipa AM550 namjenjeno je za višetarifno i višefunkcijsko mjerneje potrošnje djelatne i jalove električne energije za jedan ili dva smjera toka energije u jednofaznim mrežama za kateogriju kućanstva. Mjerenje jalove energije obavlja se u četiri kvadranta. Pametno brojila tipa AM550 predviđeno je za unutrašnju ugradnju i okolišne uvjete u kojima ne dolazi do kondenziranja vlage. Podaci se mogu očitati neposredno s pokaznika brojila, lokalno putem IR optičkog sučelja ili putem ugrađenih komunikacijskih modula za daljinsko očitavanje brojila. Nakon obrade analognih signala i njihove pretvorbe u digitalni oblik, mikroračunalo prikuplja digitalne signale iz mjernog sustava, obrađuje ih i izračunava vrijednosti izmjerene energije i snage. Mikroračunalo kontrolira registrima krivulje opterećenja, odnosno smješta mjerne podatke u odgovarajuće registre ovisno o smjeru toka energije i aktivnoj tarifi, te generira impulse

za svjetleću diodu (LED) i digitalne impulsne izlaze. Brojilo ima mogućnost očitavanja više mjernih podataka: Djelatna energija i snaga, Jalova energija i snaga u 4 kvadranta, Prividna energija i snaga, Trenutne vrijednosti napona, struje, faktora snage, frekvencije i snage, Apsolutne vrijednosti djelatne energije i snage.[2] Brojilo tipa AM550 također je specifično i po svojim tarifnim mogućnostima: Vrijeme uporabe (TOU), mjerenje djelatne energije i maksimalne snage (do 8 tarifa, 12 sezona, 12 tjednih programa, 16 prekidača, 105 posebnih dana).[2]



Sl. 2. Jednofazno napredno brojilo tipa AM550

Tablica III. Tehničke i mjeriteljske značajke brojila tip AM550 ISKRA

Nominalni mjerni napon	1x230V 3x230/400V
Frekventni raspon	50 Hz
Mjerna struja	$I_{ref}=5\text{ A}$, $I_{max}=85\text{ A}$
Razred točnosti	Jalova energija 2, 3 (IEC 62053-23) Djelatna energija A, B (EN 50470-1, EN 50470-3) 2, 1 (IEC 62053-21)
Gubici u uređaju tipa AM550	$P_{gub}=1,7\text{ W}$

Transformatorske stanice opremljene su pametnim brojićima tipa LANDIS+Gyr S650. Pametno brojilo tipa LANDIS+Gyr S650 zasnovano je na hardverskoj platformi E650, kombinirajući modernu komunikacijsku tehnologiju, robusnost i upotpunjen značajkama korisnim za rad uz pomoć aplikacija. Pametno brojilo pogodno je za opremanje transformatorskih stanica srednjeg i niskog napona. Uz pomoć navedenog pametnog brojila uvelike je olakšano očitavanje gubitaka, zaštita i optimizacija opreme, praćenje kvalitete električne energije, daljinsko upravljanje i nadgledavanje opremom.



Sl. 3. Pametno brojilo tipa LANDIS+Gyr S650

Tablica IV. Tehničke i mjeriteljske značajke brojila tip LANDIS+Gyr S650

Nominalni mjerni napon	3x220-240/415 V
Frekventni raspon	50 Hz
Mjerna struja	$I_{max}=5$ A
Razred točnosti	0,5S
Gubici u uređaju tipa S650	$P_{gub}=0,7$ W – naponska grana $P_{gub}=0,5$ W – strujna grana

2.1. Status ugradnje pametnih uređaja na području Elektre Zagreb

Ukupno 22 579 obračunska mjerna mjesta kod korisnika mreže opremljena su pametnim brojilima. Ukupno u 137 transformatorske stanice ugrađeni su samo koncentratori, dok je kompletno sumarno mjerenje u transformatorskim stanicama zamijenjeno u dodatnoj 41 transformatorskoj stanici. Od 2018.godine do 2030.godine HEP-ODS planira zamijeniti sva elektromehanička brojila, te digitalna brojila bez daljinskog očitavanja pametnim brojilima. Zamjenom elektromehaničkih brojila pametnim brojilima više neće biti potrebno očitavanje brojila u 6 mjesečnim intervalima, neće biti potrebe za fizičkim očitavanjem brojila. Pametna brojila imaju mogućnost upravljanja na daljinu, stoga će biti i održavanje jednostavnije, kao i ukapčanje i iskapčanje korisnika mreže kategorije kućanstvo puno jednostavnije.

2.2. Primjer lokacije na kojoj su ugrađena pametna brojila

U svrhu utvrđivanja količine potrošene električne energije na transformatorskoj stanici 2TS2286, standardni mjerni terminal u niskonaponskom bloku, zamijenjen je multifunkcijskim brojiлом povezanim s koncentradorom tip Landis+Gyr450, a točka mjerenja na niskonaponskim sabirnicama na dolazu transformatora. Pametno brojilo ugrađeno u transformatorskoj stanici preuzima podatke i sa strujnih mjernih transformatora prijenosnog omjera 1500/5. Transformatorska stanica 2TS2286 napaja ukupno 460 jednofaznih obračunskih mjernih mjesta i 14 trofaznih obračunskih mjernih mjesta. Većina korisnika mreže napajanih iz transformatorske stanice 2TS2286 su kategorije kućanstvo pri čemu se radi o stanovima u stambenim zgradama s jednofaznim priključcima te zajedničkim potrošnjama zgrada s trofaznim priključcima i 3 obračunska mjerna mjesta su kategorije poduzetništvo.



SI3. Topološki prikaz niskonaponske mreže napajane iz 2TS 2286

3. MOGUĆNOSTI PRIMJENE NAPREDNIH MJERNIH UREĐAJA

3.1. Primjena u planiranju niskonaponske mreže

Uz poznavanje iznosa napona u 15-minutnim intervalima moguće je uz pomoć naprednih mjernih uređaja detektirati lokacije s nezadovoljavajućim naponskim prilikama te ove podatke koristiti pri izradi planova sanacije naponskih prilika. Dosad se problem nezadovoljavajućih naponskih prilika rješavao po žalbi korisnika mreže, a korištenjem naprednih mjernih uređaja značajno se poboljšava mogućnost planiranja.

Uz poznavanje krivulja opterećenja dobivenih iz očitavanja energije u 15-minutnim intervalima, te poznavanje podatka o strujnom krugu, transformatorskoj stanici i fazi s kojih se mjerni uređaj napaja moguće je dobiti vršna opterećenja pojedinog strujnog kruga ili transformatorske stanice. Ovi podaci mogu se koristiti za detekciju preopterećenih elemenata mreže, kao i za detekciju nesimetričnog opterećenja, te je sukladno tome moguće planirati investicije u mreži. Uz poznavanje konfiguracije mreže moguće je ove podatke koristiti u proračunu tokova snaga kako bi se pronašla optimalna konfiguracija mreže. Podatak o vršnom opterećenju moguće je koristiti i za sagledavanje mogućnosti priključenja novih korisnika mreže. Za ovu primjenu nužno je imati stanje svih brojila na strujnom krugu u svim 15-minutnim intervalima u zadanom periodu. Radi promjene opterećenja ovisno o dobu godine idealno bi bilo imati podatke za period od godine dana.

3.2. Detekcija gubitaka u niskonaponskoj mreži

Uz poznavanje potrošene energije na svim brojlama na transformatorskom području i potrošene energije na sumarnom brojilu u transformatorskoj stanici u zadanom intervalu mogu se izračunati ukupni gubici po transformatorskom području. Na ovaj način mogu se detektirati lokacije s povećanim gubicima, a uz poznavanje tehničkih gubitaka u istom vremenskom periodu izračunati i netehnički gubici. Za detekciju ukupnih gubitaka nije nužno da su brojila očitana u 15-min intervalu.

Uz poznavanje krivulja opterećenja mjernih uređaja, te pada napona dobivenog kao razlika napona na mjernom uređaju i napona na sumarnom brojilu u transformatorskoj stanici moguće je izračunati tehničke gubitke pojedinog strujnog kruga ili cijelog transformatorskog područja. Na ovaj način moguće je detektirati strujne krugove s povećanim gubicima te ovaj podatak koristiti kod planiranja investicija u NN mreži.

3.3. Primjena u mreži srednjeg napona

Dosad je u mreži srednjeg napona bilo moguće vidjeti samo mjerenja na početku sredjonaponskog izvoda, te na određenim mjestima u mreži na kojima postoji mjerenje. Korištenjem mjerenja sa sumarnih brojila u transformatorskim stanicama dobiva se mogućnost pregleda opterećenja pojedinih TS na vodu a time se i proračunom tokova snaga uz poznavanje karakteristika vodova i transformatora u mreži mogu utvrditi gubici i padovi napona na svakom pojedinom elementu u mreži. Ovi podaci se mogu koristiti za optimalno planiranje investicija u sredjonaponskoj mreži.

Točno poznavanje opterećenja u svakoj transformatorskoj stanici spojenoj na sredjonaponski izvod može se koristiti u proračunu tokova snaga koji se obavlja pri sagledavanju mogućnosti priključenja novih korisnika mreže na srednjem naponu.

3.4. Preuvjeti za optimalno korištenje naprednih mjernih uređaja

Osnovni preuvjet za optimalno korištenje naprednih mjernih uređaja je baza podataka u kojoj bi za svaki mjerni uređaj trebali biti spremljeni podaci o transformatorskoj stanici, strujnom krugu, adresi, fazi, priključnoj snazi i kategoriji potrošnje, te sve mjerene veličine u 15-min intervalima a prvenstveno napon i potrošenu djelatnu i jalovu energiju, uz spremanje razdoblju od barem godinu dana. Za ovu primjenu nužno je da u istoj bazi budu spremljeni podaci svih naprednih mjernih uređaja, neovisno o načinu komunikacije (PLC, GPRS...). Također je bitna točnost svih podataka o mjernim uređajima, u slučaju nemogućnosti komunikacije u određenom trenutku potrebno je s mjernih uređaja naknadno povući podatke koji nedostaju, u suprotnom nije moguće optimalno korištenje mjernih podataka.

4. ZAKLJUČAK

Napredni mjerni uređaji prikupljaju veliki broj podataka. Dosad je primjena podataka mjernih uređaja bila orijentirana prvenstveno na naplatu i izvještavanje sudionika tržišta, te su shodno tome razvijane baze podataka. Budući da se korisnicima mreže priključnih snaga do 20 kW u tarifnim modelima naplaćuje samo potrošena energija a ne i snaga, nije bilo potrebe, a prije ugradnje naprednih mjernih uređaja ni mogućnosti za pohranjivanjem podataka kao što su krivulje opterećenja. S novim mogućnostima naprednih mjernih uređaja otvaraju se dodatne mogućnosti za korištenje ovih podataka od strane operatora distribucijskog sustava u svrhu optimalnog planiranja ulaganja u mrežu a time i optimiranja troškova te pružanja kvalitetnije usluge korisnicima mreže.

5. LITERATURA

- [1] <http://www.dzm.hr>
- [2] <https://iskraemeco.hr>