

Bojan Kranjec, mag.ing.el.
HEP-ODS d.o.o. Zagreb, Elektra Čakovec
bojan.kranjec@hep.hr

Ivan Kirić, ing.el.
HEP-ODS d.o.o. Zagreb, Elektra Čakovec
ivan.kiric@hep.hr

Marko Mikolaj, mag.ing.el.
HEP-ODS d.o.o. Zagreb, Elektra Čakovec
marko.mikolaj@hep.hr

Darko Perović, mag.ing.el.
HEP-ODS d.o.o. Zagreb, Elektra Čakovec
darko.perovic@hep.hr

IMPLEMENTACIJA SUMARNIH I PLC BROJILA U DISTRIBUCIJSKU MREŽU NA PRIMJERU ELEKTRE ČAKOVEC

SAŽETAK

Komunikacija putem elektroenergetske mreže (eng. PLC – Power Line Communication) predstavlja tehnologiju koja za podatkovnu komunikaciju ne zahtijeva dodatno ožičenje, već koristi postojeću elektroenergetsku mrežu. U distribucijsku mrežu Elektre Čakovec su prema izrađenom tipskom tehničkom rješenju pokusno ugrađena brojila električne energije koja koristeći PLC komunikaciju omogućuju daljinsko očitavanje te upravljanje brojilom. U transformatorske stanice ugrađena su brojila za sumarno mjerenje i PLC koncentratori koji omogućuju komunikaciju između PLC brojila i operatora mreže putem bežične podatkovne usluge. Prikazana je ugradnja i puštanje u rad sustava te problematika na koju se naišlo u praksi. Analiziran je utjecaj kvalitete električne energije u elektroenergetskoj mreži na funkcioniranje ugrađenih sustava PLC komunikacije.

Ključne riječi: PLC komunikacija, PLC brojilo, PLC konzentator, sumarno brojilo, daljinsko očitavanje

IMPLEMENTATION OF SUMMATION AND PLC ELECTRICITY METER IN DISTRIBUTION GRID ON EXAMPLE OF ELEKTRA ČAKOVEC

SUMMARY

Power Line Communication (PLC) technology does not require additional wiring for data communication but uses an existing electricity grid. According to standard technical solution, electricity meters that use PLC communication were experimentally installed into the distribution grid of Elektra Čakovec to enable remote reading and meter control. In Transformer station were installed summation electricity meters and PLC concentrators that enable communication between PLC electricity meter and network operator via General Packet Radio Service. The installation, commissioning of the system and problems in practice are presented in this research. It is analysed the influence of electricity quality on the functioning embedded PLC communication systems.

Key words: PLC communication, PLC meter, PLC konzentator, summation meter, remote reading

1. UVOD

Distribucijsko područje Elektre Čakovec 2019. godine započelo je s implementacijom PLC brojila i koncentratora u distribucijsku mrežu s ciljem daljinskog očitavanja potrošnje električne energije kod kupaca (prema članku 119. Općih uvjeta za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom) [1]. Ujedno se krenulo i s ugradnjom brojila za sumarno mjerenje u transformatorskim stanicama (TS) pomoću kojih će se u budućnosti pratiti gubici u mreži između distribuirane energije u niskonaponsku mrežu i energije predane kupcima.

PLC komunikacija je tehnologija koja omogućuje komunikaciju između uređaja koji za međusobnu vezu koriste postojeću niskonaponsku (NN) elektroenergetsku mrežu. Takva komunikacija je praktična za primjenu pri očitavanjima brojila za potrošnju električne energije jer su brojila i sama vezana na elektroenergetsku mrežu. Za takvu vrstu očitavanja potrošnje el. energije i upravljanje brojlilima potrebno je kod kupca ugraditi brojilo koje u sebi ima ugrađen sustav za PLC komunikaciju, a u TS PLC koncentrator [2]. Koncentrator korištenjem PLC komunikacije vrši dvosmjernu komunikaciju s brojlilima koja su povezana na NN mreže određene TS, a ujedno i komunikaciju s operatorom mreže korištenjem bežične podatkovne usluge (eng. GPRS – General Packet Radio Service) [3]. Brojilo za sumarno mjerenje spaja se poluizravno u TS između NN izlaza iz transformatora i NN bloka te se povezuje na koncentrator kako bi dvosmjerno mjerili ukupnu električnu energiju predanu iz transformatora u NN mrežu i obrnuto [4].

Za potrebe ugradnje PLC koncentratora i sumarnog mjerenja u TS, izrađeno je tipsko tehničko rješenje kojim se nastojalo jednoznačno odrediti značajke opreme i način ugradnje iste. Tipsko tehničko rješenje je preduvjet jednostavnijeg definiranja i provođenja ugradnje te održavanja opreme vezane uz PLC koncentrator i sumarna mjerenja u TS. Zbog postojanja više tipova i izvedbi TS-a kao i opreme u njima, tipskih tehničkih rješenjem pokušalo se pronaći univerzalno rješenje koje će biti primjenjivo u svim postojećim 10(20)/0,4 kV TS na distribucijskom području Elektre Čakovec.

Prema tipskom tehničkom rješenju za ugradnju PLC koncentratora i sumarnog mjerenja u TS probno je ugrađena i puštena u pogon oprema, prilikom čega su se prepoznali neki nedostaci koji su uklonjeni i unapređeni, te se moglo krenuti u širu implementaciju i primjenu PLC sustava. Takvim sustavom je opremljeno tridesetak TS-a. PLC brojila su ugrađena prema tehničkim uvjetima za obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP ODS-a kod kupaca koji se napajaju iz NN mreže u kojoj su ugrađeni PLC koncentratori [5]. Prilikom očitavanja javljaju se problemi u PLC komunikaciji, zbog toga je napravljena analiza kvalitete električne energije u mreži kod koje postoji učestali problem prekida komunikacije kao i usporedba s mrežnim prilikama u mreži kod koje nema tih problema.

2. IZRADA TIPSKOG TEHNIČKOG RJEŠENJA

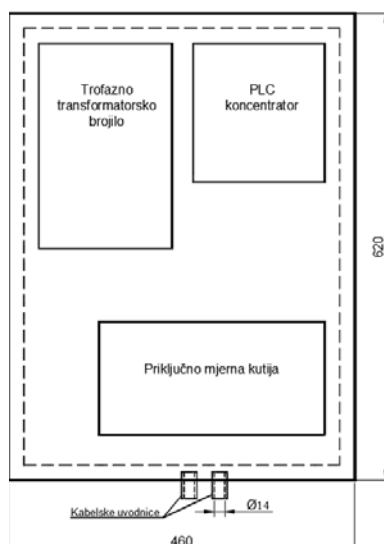
Odlukom da se u distribucijskom području Elektre Čakovec započne s implementacijom PLC sustava, uvidjelo se da je potrebno takvom zahvatu pristupiti na način da se izradi tipsko tehničko rješenje koje će pokrivati ugradnju PLC sustava i sumarnog mjerenja u sve tipove TS koje se koriste u distribucijskom području, a to su armiranobetonska transformatorska stanica tipa DTS, MTS, KTS, tornjić, stupno betonska (SBTS) i stupno rešetkasta (SATS) transformatorska stanica. PLC brojila se ugrađuju prema tehničkim uvjetima za obračunska mjerna mjesta, te stoga nije bilo potrebe da tipsko tehničko rješenje obuhvaća taj dio. Tipsko tehničko rješenje definira i specificira opremu i način ugradnje uređaja i popratnih elemenata koji su potrebni za opremanje NN mreže PLC sustavom i sumarnim mjerenjem. To znači način ugradnje i spajanje PLC koncentratora tvrtke Landis+Gyr, oznake DC450 v3 G3 kao i ugradnju sumarnog brojila tvrtke Landis+Gyr, oznake SMA405CR44.2407.c2 S2, za sumarno mjerenje električne energije predane s NN strane transformatora u NN blok u TS i obrnuto.

Izrađeno tipsko tehničko rješenje za ugradnju koncentratora i sumarnog mjerenja u TS najprije definira pravila i mjere zaštite na radu i mjera zaštite od požara kojih se potrebno pridržavati za ugradnju i eksploataciju ovog sustava na siguran način. Nadalje tehničko rješenje definira izvedbu razvodnog ormara u kojem se nalaze uređaji, način i mjesto ugradnje razvodnog ormara te strujnih mjernih transformatora (SMT), odabir prijenosnog omjera SMT, tipove vodova za povezivanje ugrađene opreme, dispoziciju elemenata u razvodnom ormaru te električne sheme za spajanje uređaja i opreme za PLC sustav i sumarno mjerenje.

2.1. Razvodni ormar za smještaj uređaja

Koncentrator i sumarno brojilo ugrađuju se u zajednički razvodni ormar osmišljen i izrađen za ovakvu namjenu. Razvodni ormar se povezuje na sabirnice niskog napona i na SMT ugrađene za ovu namjenu. SMT služe za poluizravno sumarno mjerenje električne energije. Razvodni ormar „RO SUMARNO MJERENJE I KONCENTRATOR“ izrađen je od armiranog poliestera visine 620 mm, širine 460 mm i dubine 200 mm. Predviđen je za montažu na zid unutar ili izvan TS na pogodno mjesto. Klasa zaštite razvodnog ormara mora biti minimalno IP 54 te materijal od kojeg je ormar izrađen mora biti UV stabilan

U razvodni ormar se na montažnu ploču ugrađuje PLC koncentrator, sumarno brojilo te priključno mjerna kutija (PMK). Sumarno brojilo se nalazi na lijevoj gornjoj strani, PLC koncentrator na desnoj gornjoj strani, PMK u sredini donjeg dijela. Ožičenje unutar ormara izvedeno je ispod montažne ploče vodičem tipa H07V-K, a na svim krajevima vodiča nalazite se završni tuljci odgovarajuće dimenzije. Sumarno brojilo i koncentrator povezani su kabelom za RS 485 vezu. Kabelske uvodnice nalaze s donje strane razvodnog ormara. Skica dispozicije opreme unutar razvodnog ormara prikazana je na slici 1. Kablovi s kojima se PMK spaja na SMT i NN sabirnice u NN bloku moraju biti u razvodni ormar provučeni kroz kabelske uvodnice odgovarajuće dimenzije za pojedini kabel. U slučaju potrebe za vanjskom antenom PLC koncentratora zbog preslabe razine GPRS signala, vanjsku antenu potrebno je montirati izvan ormara na najmanjoj udaljenosti 0,5 m od elektroničkim uređaja, a kabelsku vezu između PLC koncentratora i antene potrebno je izvesti na način da se kabel iz ormara provede s donje strane ormara, korištenjem odgovarajuće uvodnice. Razvodni ormar se na zid ili konstrukciju rešetkaste TS montira vijcima, a ukoliko se radi o stupno betonskoj TS, ormar se montira korištenjem metalne konzole i obujmica.

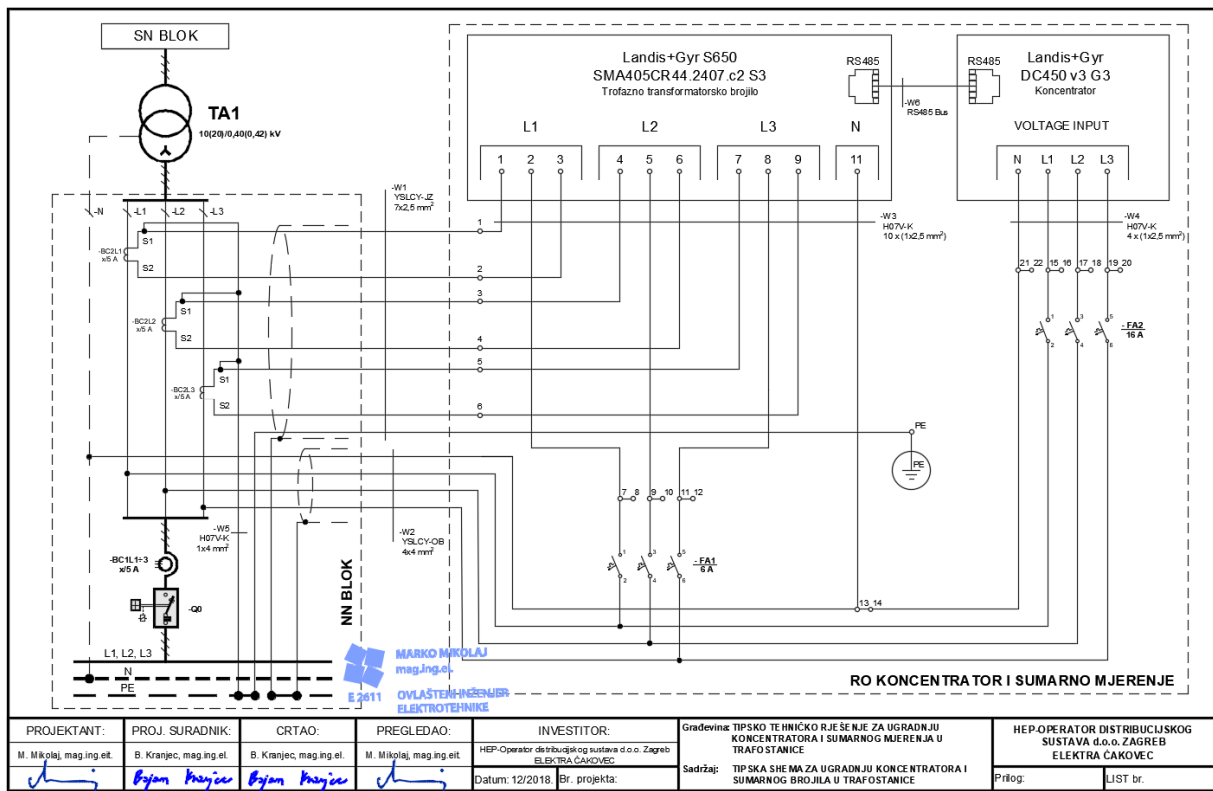


Slika 1. Dispozicija opreme u razvodnom ormaru

2.2. Električna shema spajanja uređaja i opreme

Razvodni ormar i ostala oprema koja se ugrađuje u TS za potrebe PLC sustava i sumarnog mjerenja spaja se prema električnoj shemi na slici 2. SMT se ugrađuju na NN sabirnice prije glavnog prekidača, ako on postoji, unutar NN bloka. Ukoliko više nema mjesta unutar NN bloka, SMT se mogu ugraditi izvan NN bloka na bakrene sabirnice ili na finožilni vodič između NN strane transformatora i NN bloka. Kod stupne TS, SMT se obavezno ugrađuju unutar NN ormara. Stezaljka S1 svakog SMT mora biti uzemljena na propisan način vodičem tipa H07V-K minimalnog presjeka 4 mm^2 , te korištenjem stopice i vijka.

Naponska veza između razvodnog ormara i NN sabirnica izvodi se spajanjem kabelske veze iz razvodnog ormara na sabirnice u NN bloku kabelskom stopicom i vijčanom vezom, na način da se naponske grane spoje na sabirnice ispred SMT. Ukoliko nema mjesta za ugradnju SMT u NN blok te se oni ugrađuju na sabirnice izvan bloka, naponske grane i dalje treba spojiti na sabirnice ispred SMT, osim iznimno kada se za vezu između NN strane transformatora i NN bloka koristi H07V-K vodič, tada je naponsku vezu moguće spojiti u NN blok, poslije SMT, bez obzira da li u NN bloku postoji glavni NN prekidač ili ne.

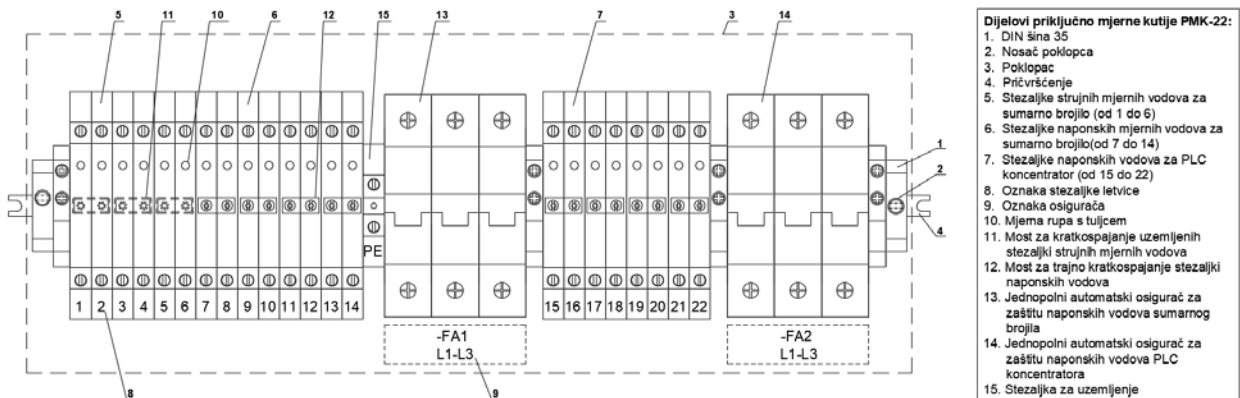


Slika 2. Tipična električna shema za spajanje koncentratora i sumarnog brojila

Metalni dijelovi unutar razvodnog ormara „RO SUMARNO MJERENJE I KONCENTRATOR“ kao što su DIN šina, nosač poklopca za zatvaranje i plombiranje PMK i sl., trebaju biti uzemljeni, a za tu vezu treba koristiti sedmi vodič u kabelu YSLCY-JZ 7x2,5 mm², koji se u ormaru spaja na stezaljku za uzemljenje PE u PMK, a na drugoj strani na zaštitno uzemljenje TS. Kabele za vezu do razvodnog ormara potrebno je postaviti u PVC kanalice gdje god je to moguće. Ako se radi o stupnoj TS, kabele je potrebno položiti u zaštitnu cijev koja je UV stabilna. Zaslon kabela YSLCY-JZ 7x2,5 mm² i YSLCY-OB 4x4 mm² potrebno je spojiti na zaštitno uzemljenje TS samo s jedne strane kabela, preporuka je da to bude na strani NN bloka.

2.3. Priklučno mjerna kutija

U razvodni ormar se ugrađuje priklučno mjerna kutija PMK-22 koja ima funkciju jednostavnijeg spajanja ormara na mrežu te naponsko i strujno isključivanje ormara tijekom zamjene ili servisiranja opreme. Ona sadrži 6 strujnih stezaljki za spajanje SMT. Te stezaljke moraju omogućiti jednostavno izvođenje kratkog spajanja svakog pojedinog SMT. Na priklučnoj mjernoj letvi se nalaze tri 6A osigurača za spajanje naponskih grana na brojilo i tri 16A osigurača za spajanje naponskih grana na PLC koncentrator. Nulti vodič je spojen na brojilo i na PLC koncentrator čvrstom vezom, a nikako preko osigurača. Skica priklučno mjerne kutije PMK-22 prikazana je na slici 3.



Slika 3. Priklučno mjerna kutija PMK-22

2.4. Odabir prijenosnog omjera strujnih mjernih transformatora

Prijenosni omjer SMT za sumarno mjerenje u TS odabire se prema snazi energetskog transformatora koji je ugrađen u TS. Tipskim tehničkim rješenjem definirani su preporučeni prijenosi omjeri SMT s obzirom na snagu energetskog transformatora te su prikazani u tablici I, a moraju biti klase točnosti 0,5S. Tip SMT odabire se prema veličini sabirnice na koje se ugrađuju.

Tablica I. Prijenosni osmjeri SMT za sumarno mjerenje

SNAGA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA (kVA)	NAZIVNI PRIJENOSNI OMJER STRUJNIH MJERNIH TRANSFORMATORA $I_n/5$ (A)	TIP STRUJNOG MJERNOG TRANSFORMATORA
50	75/5	CTBO, CTB1, CTB2 ili CTB3
100	150/5	
160	250/5	
250	400/5	
400	600/5	
630	1000/5	
1000	1500/5	

2.5. Ugradnja opreme u transformatorsku stanicu i puštanje u rad

Ugradnja PLC koncentratora i sumarnog mjerenja u TS zahtijeva prekid opskrbe električnom energijom kupaca. Prekid je nužan jer je potrebno na NN sabirnice ugraditi SMT i naponske veze. U svrhu skraćivanja vremena prekida opskrbe, radovi se organiziraju na način da se sve moguće predradnje i radovi izvedu prije prekida, tako da se za vrijeme prekida izvode samo radovi za koje je nužno beznaponsko stanje. Ako je moguće, ugradnju ove opreme treba planirati u vrijeme kada se planiraju prekidi zbog održavanja TS ili zamjene srednjenaponskog bloka, kako bi se izbjegla potreba za dodatnim prekidom.

SMT i naponske grane potrebno je spojiti u ormar prema električnoj shemi „Tipska shema za ugradnju koncentratora i sumarnog brojila u trafostanicu“ pri čemu posebnu pažnju treba obratiti na raspored faza i okretno polje (desno okretno polje). Nakon montaže i spajanja SMT te naponskih grana, spojne kabele je potrebno položiti u kabelske kanalice gdje god je to moguće, a SMT propisno plombirati. Vodiče od kabela do stezaljki SMT potrebno je složiti uredno i pod pravim kutom, a za njihovo grupiranje preporuča se koristiti PVC vezice. Krajevi finožičnih vodiča koji se spajaju u stezaljke moraju na sebi imati prešani završni tuljak, dok krajevi vodiča koji se vijkom spajaju na npr. sabirnicu ili strujni mjerni transformator, na sebi moraju imati prešanu stopicu odgovarajućeg presjeka te pomoću nje biti spojeni vijčanom vezom na definirano mjesto. Zaslone korištenih kabela također je potrebno uzemljiti samo s jedne strane kabela na zaštitno uzemljenje TS korištenjem odgovarajuće stopice i vijka.

Koncentrator i sumarno brojilo moguće je ugraditi u ormar nakon postavljanja ormara te spajanja na SMT i sabirnice, jer to omogućuje PMK-22. Ukoliko se koncentrator i sumarno brojilo ugrađuju nakon postavljanja ormara, strujne stezaljke na PMK-22 u ormaru moraju biti kratkospojene, a automatski osigurači FA1 i FA2 moraju biti isključeni. Koncentrator i sumarno brojilo treba propisno ugraditi u ormar na za to predviđeno mjesto te spojiti poštujući smjer okretnog polja.

Postupak puštanja u rad ugrađenih uređaja se izvodi na način da se prvo uključe osigurači FA1 i FA2, te da se izvade kratkospojnici iz strujnih stezaljki pod brojem 1 do 6. Nakon puštanja u rad potrebno je da ovlaštena osoba izvede plombiranje PMK-22 na dva mjesta. U ugrađeni razvodni ormar potrebno je staviti odgovarajuću shemu kao i izmijeniti i postaviti jednopolnu shemu TS koja odgovara novom stanju.

3. UGRADNJA OPREME I PRIMJERI IZ PRAKSE

3.1. Probna ugradnja

Cilj probne ugradnje bio je definirati pravila ugradnje, te otkloniti nedostatke Tipskog rješenja za ugradnju i prilagoditi ga stvarnim uvjetima ugradnje u TS koje su najčešće izgrađene na distribucijskom području Elektro Čakovec. Po završenoj probnoj montaži u TS, definirana je mikrolokacija za ugradnju SMT i mjernog ormarića za smještaj PLC koncentratora i sumarnog brojila.

Za smještaj razvodnog ormara, kao logično i praktično rješenje, dogovorena je montaža u NN djelu na zid unutar TS (slika 4) ili drugo pogodno mjesto. SMT se ugrađuju na NN sabirnice u NN bloku, u pravilu prije glavnog prekidača, ako je isti ugrađen (slika 5).

Kod stupnih TS javili su se određeni problemi oko mikrolokacije i načina ugradnje SMT, te razvodnog ormara, zbog same izvedbe i dimenzija stanica, odnosno skućenog prostora unutar NN razvodnog bloka.

3.2. Otklanjanje novonastalih nedostataka

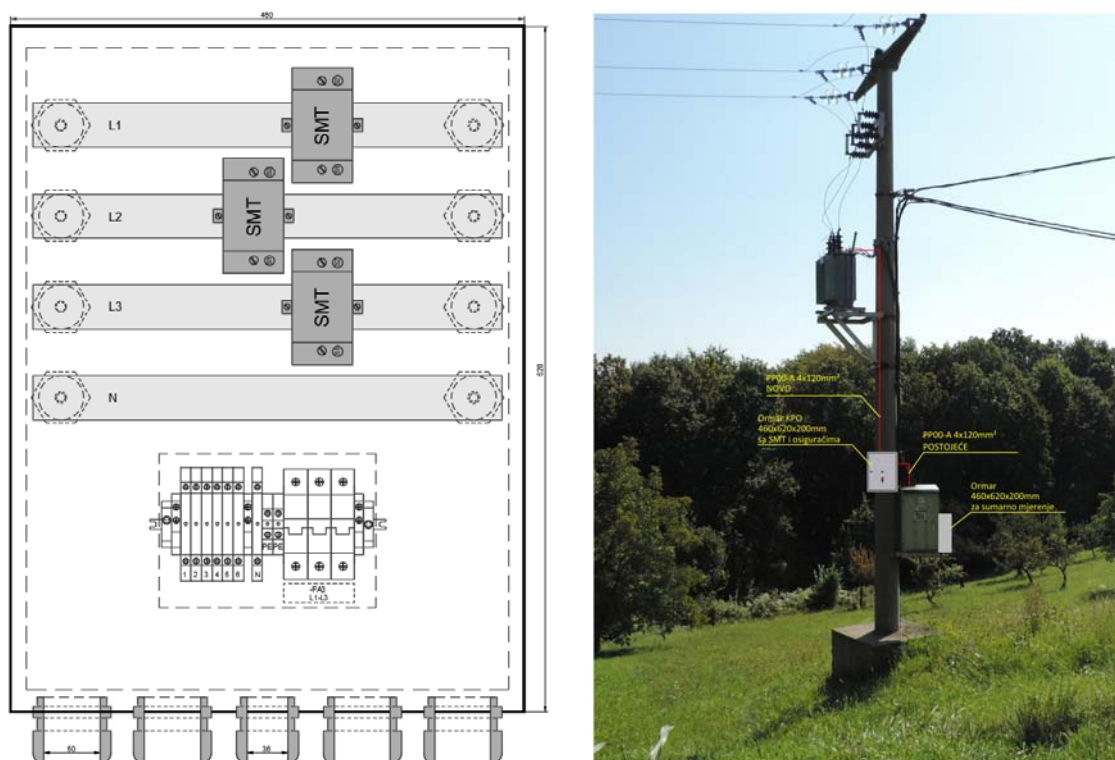
3.2.1. Montaža razvodnog ormara za smještaj PLC koncentratora i sumarnog brojila na stanicama tipa SBTS i SATS

Ovisno o izvedbi TS bilo je potrebno definirati univerzalno rješenje. Kako bi se maksimalno olakšala montaža, a pritom poštivali uvjeti iz Tipskog tehničkog rješenja, razvodni ormar montira se na bočnu stranu NN razvodnog bloka (slika 6).

3.2.2. Montaža strujnih mjernih transformatora u transformatorskim stanicama tipa SBTS i SATS

Smještaj, ugradnja, održavanje, ali i eventualna zamjena SMT je najveći problem jer navedeni tipovi stanica nisu predviđeni za prigradnje takvog tipa. Zbog ograničenog vremena ugradnje (prekid opskrbe) i ovisno o količini priključaka u NN razvodnom bloku definirana su dva moguća rješenja. Jedno od rješenja je ugradnja SMT unutar NN razvodnog bloka na sabirnice ili vodiče prije glavnog prekidača (slika 7 lijevo), dok je kao alternativno rješenje definirana montaža SMT unutar NN razvodnog bloka na bakrene sabirnice ili vodiče iza glavnog prekidača (slika 7 desno). Oba rješenja iziskuju demontažu opreme (sabirnica i osigurača) iz NN razvodnog bloka, pa se samim time i produžuje vrijeme ugradnje.

Da bi se skratilo vrijeme ugradnje i olakšala montaža, održavanje ali i zamjena SMT, naknadno je definirano tehničko rješenje za montažu istih izvan NN razvodnog bloka u zasebni ormar (slika 4.).



Slika 4. Razvodni ormar za montažu SMT (lijevo) i skica ugradnje opreme (desno)

Navedeni zasebni ormar s već montiranim SMT ugradio bi se na kabelsku vezu između transformatora i NN razvodnog bloka i signalnim kabelima povezao s razvodnim ormarom za smještaj PLC koncentratora i sumarnog brojila.

3.3. Prikaz svih tipova ugradnje



Slika 4. Montaža razvodnog ormara u armiranobetonske transformatorske stanice



Slika 5. Ugradnja strujnih mjernih transformatora u armiranobetonske transformatorske stanice



Slika 6. Montaža razvodnog ormara na transformatorske stanice tipa SBTS i SATS



Slika 7. Ugradnja strujnih mjernih transformatora u transformatorske stanice tipa SBTS / SATS

4. PARAMETRIRANJE UREĐAJA I OČITAVANJE PLC BROJILA

4.1. Prijenos podataka sustavom

Sustav PLC komunikacije osmišljen je na način da se u TS ugradi jedan koncentrator koji komunicira sa svim priključenim brojilima na tu NN mrežu, dok brojila ujedno i lančano prosljeđuju podatke. Svaki PLC koncentrator može raditi s do 2000 uređaja. To je fiksni limit, što znači da koncentrator više neće instalirati PLC uređaja nakon što u bazi podataka ima 2000 uređaja [6].

PLC brojila imaju implementiran limitator snage i isklonni uređaj koji omogućuje daljinsko isključenje potrošača. Prestanak komunikacije između koncentratora i brojila onemogućuje funkciju daljinskog isključenja potrošača. Trenutno je moguće signal za uklop poslati samo preko koncentratora te je stoga važna nesmetana komunikacija između uređaja. Brojilo ima mogućnost lokalno preko sonde dobiti naredbu za uklop, no program za tu funkciju je u izradi. Limitacija snage radi na principu računanja 15-minutne snage iz potrošnje. Kada srednja vrijednost snage unutar intervala prekorači upisanu vrijednost u brojilo, isklonni uređaj proradi. Ponovni uklop moguć je nakon isteka 15-minutnog intervala unutar kojeg je postignuta maksimalna snaga.

Potrošači ugradnjom PLC brojila prelaze na mjesečni obračun. Kako bi očitavanje bilo prihvatljivo za obračun, mora biti provedeno maksimalno ± 3 dana od prvog dana u mjesecu [1]. Brojila svakodnevno šalju podatke o potrošnji koncentratoru koji ih pohranjuje, a sustav mjernih podataka jednom dnevno preuzima podatke sa svih koncentratora (slika 8). Ukoliko iz bilo kojeg razloga u nekom dijelu nema komunikacije, kada se ona ponovno uspostavi popunjavaju se retrospektivno svi podaci. Osim automatski pohranjenih podataka moguće je na zahtjev čitati trenutne vrijednosti registara direktno s brojila u sustav mjernih podataka pri čemu se podaci ne spremaju u koncentrator.



Slika 8. Prijenos podataka sustavom [6]

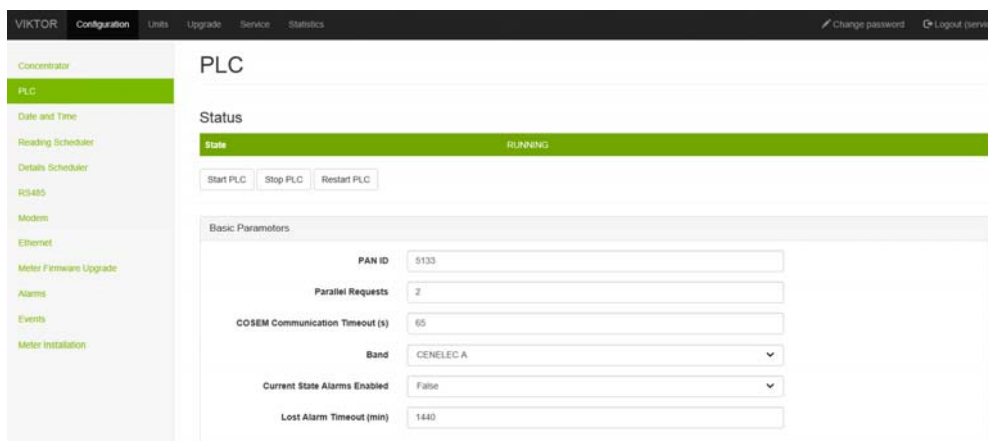
Brojila imaju mogućnost rada u četiri tarife. U Republici Hrvatskoj za potrebe električne energije definirane su dvije tarife, takozvane dnevna i noćna. Uvjet za ostvarivanje rada tarifa je parametrirano točno vrijeme i datum brojila. Taj posao odrađuje koncentrator na način da u predefiniranom periodu sinkronizira svoje vrijeme preko NTP servera, a nakon toga korigira vremena svih priključenih brojila. S obzirom da je ponekad potrebno i nekoliko dana do povezivanja i komunikacije između koncentratora i brojila, brojilo radi, no bilježi sav protok energije u prvoj tarifi.

PLC koncentrator komunicira putem triju faznih vodiča dok svako brojilo komunicira samo preko faznog vodiča spojenog na L1 stezaljku brojila te sudjeluje u komunikaciji po toj fazi. Cilj je kontinuirano paralelno održavati PLC komunikaciju po svim fazama na nekom NN izlazu. Kako bi se to ostvarilo potrebno je voditi se načelom simetričnog spajanja faza na stezaljku L1 brojila koliko god je to moguće.

4.2. Parametriranje

Parametriranje koncentratora započinje umetanjem SIM kartica u 2G/3G komunikator te ožičenjem koncentratora prema shemi spajanja. Pomoću ethernet crossover kabela računalo se povezuje s koncentratorom preko LAN2 porta koncentratora, na kojem je koncentrator DHCP server. Koncentratoru se pristupa preko fiksne IP adrese 10.0.0.1, a računalo se konfigurira kao DHCP klijent [6]. Otvaranjem web preglednika i unosom IP adrese otvara se autentifikacijski prozor u koji se unosi korisničko ime i lozinka dobivena od proizvođača te se ulazi u konfiguracijsko sučelje koncentratora.

Osnovne stavke za početni rad koncentratora su aktivacija PLC modula te 2G/3G komunikatora. PLC modul služi za komunikaciju i izmjenu podataka između koncentratora i brojila te ga je potrebno u konfiguracijskom sučelju (slika 8) pritiskom na *Start PLC* aktivirati. S obzirom da je prije puštanja koncentratora pod napon umetnuta SIM kartica u komunikator, potrebno je u kartici *Modem* unijeti korisničko ime i lozinku SIM kartice te aktivirati komunikator pritiskom na *Start*. Komunikator služi za slanje podataka svih brojila spojenih na koncentrator u sustav mjernih podataka.



Slika 9. Aktivacija PLC i 2G/3G modula

4.2. Problemi u PLC komunikaciji

Nakon osposobljavanja i prijave svih brojila na koncentrator, na pojedinim NN izlazima primijećen je prekid u komunikaciji između koncentratora i brojila. Taj prekid može biti kratkotrajan, no nerijetko traje i desetak dana što stvara značajni probleme prilikom očitavanja brojila.

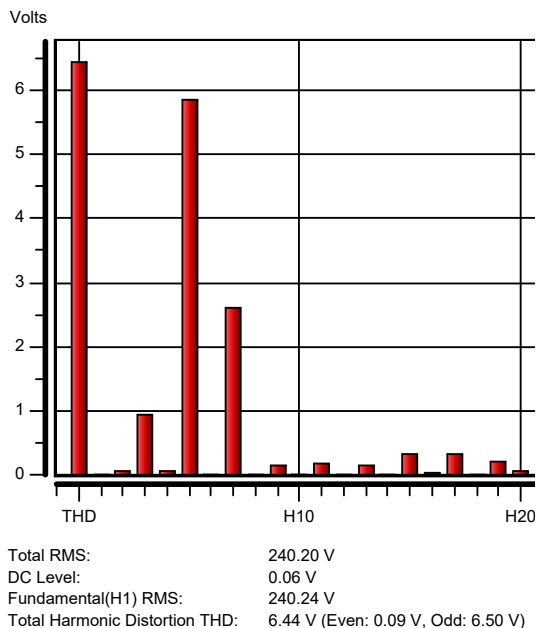
U praksi se pokazalo da se gore navedeni prekidi mogu riješiti resetiranjem PLC sustava ili zamjenom redoslijeda faza na stezaljkama L1 brojila kako bi se izbjegla prevelika međusobna udaljenost brojila koja komuniciraju po istoj fazi.

Međutim u nekim slučajevima gore navedena rješenja nisu dala rezultata, naročito u urbanim naseljima. Za slučajeve gdje je prekid u komunikaciji ostao neriješen kao testno rješenje na NN izlazu br. 1 iz TS 10/0,4 Čakovec „Centar“ (br. 243) u kabelski razvodni ormar (KRO 1-1-243) ugrađena su tri jednofazna brojila bez funkcije mjerenja (na svaku fazu po jedno) kako bi se omogućio prijenos PLC signala od koncentratora prema daljnjim brojilima na tom NN izlazu. Pokazalo se da je testno rješenje riješilo problem PLC komunikacije na navedenom NN izlazu čime se može zaključiti da je u nekim mrežama potrebna ugradnja dodatnih uređaja za pojačanje PLC komunikacije kako bi se ostvarila kontinuirana PLC komunikacija između koncentratora i brojila i na taj način omogućila kvalitetna usluga očitavanja.

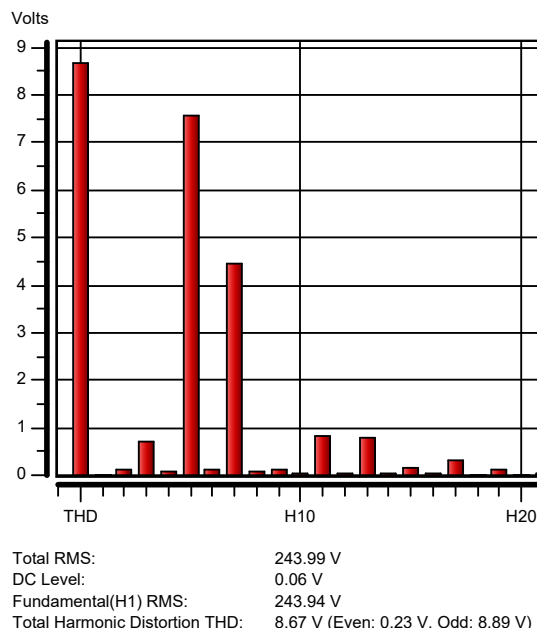
5. ANALIZA UTJECAJA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PLC KOMUNIKACIJU

Zbog problema u očitavanju ugrađenih PLC brojila na određenim lokacijama napravljena su mjerenja kvalitete električne energije u periodu od 7 dana na dvije karakteristične transformatorske stanice. Prvo mjerenje napravljeno je u TS 10/0,4 kV Čakovec „Centar“ (br. 243) u kojoj su se često javljali problemi sa PLC komunikacijom, a drugo mjerenje napravljeno je u TS 10/0,4 kV „Grabrovnik“ (br. 621), gdje se ista problematika nije javljala.

Pretpostavka je bila da će ukupno harmoničko izobličenje (eng. THD – Total Harmonic Distortion) napona biti značajno veće na lokaciji gdje postoje problemi u komunikaciji, odnosno u TS 10/0,4 kV Čakovec „Centar“ (br. 243).



Slika 10. Grafički prikaz razine THD-a napona na TS 10/0,4 Čakovec „Centar“ (br. 243)



Slika 11. Grafički prikaz razine THD-a napona na TS 10/0,4 „Grabrovnik“ (br. 621)

Analizom mjerenja utvrđeno je da nema značajnije razlike u razini THD-a na mjerenim lokacijama te da su izmjerene vrijednosti deset-minutnih prosjeka manje od 8% što je unutar graničnih vrijednosti prema normi HRN EN 50160:2015 [7]. Mjerenjem se pokazalo da se problemi u PLC komunikaciji ne mogu izravno povezati s razinom THD-a u mreži jer je razina THD-a u TS 10/0,4 kV Čakovec „Centar“ (br. 243), gdje postoji problem u PLC komunikaciji, manja nego u TS 10/0,4 „Grabrovnik“ (br. 621) gdje se isti problemi ne pojavljuju.

6. ZAKLJUČAK

Prema izrađenom tipskom tehničkom rješenju ugrađena je i puštena u pogon oprema za PLC komunikaciju, očitavanje brojila i sumarno mjerenje u dijelu mreže na distribucijskom području Elektre Čakovec. Prilikom ugradnje opreme ukazala se potreba za doradom tehničkog rješenja za stupne transformatorske stanice.

Kod očitavanja brojila postoje problemi u PLC komunikaciji. Analizom mjerenja kvalitete električne energije pokazalo se da razina THD-a nema presudan utjecaj. Potrebno je napraviti daljnju analizu kojom će se utvrditi stvarni uzrok problema u komunikaciji, a kao jedno od rješenja nameće se ugradnja PLC pojačala u samu distribucijsku mrežu.

Nakon implementacije PLC sustava u kompletnu distribucijsku mrežu Elektre Čakovec, ugrađena sumarna brojila koristit će se za mjerenje gubitaka, a ujedno i otkrivanje neovlaštene potrošnje električne energije.

7. LITERATURA

- [1] Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom, Narodne novine (85/2015), 23. srpnja 2015.
- [2] <https://www.eetimes.com/what-is-power-line-communication/>, 28. siječnja 2020.
- [3] Data Concentrator DC450 User Manual, Landis+Gyr, 23. studenog 2012.
- [4] Electricity Meters S650 Series 3 User Manual, Landis+Gyr, 26. rujna 2012.
- [5] Tehnički uvjeti za obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP ODS-a, HEP Vjesnik, Bilten br. 246, 03. listopada 2011.
- [6] Koncentrator podataka DC450v3 G3-PLC, Korisnički priručnik, 01. rujna 2017.
- [7] HRN EN 50160:2019 Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks, listopada 2019.