

REALIZACIJA AMM SISTEMA NA PRIGRADSKOM TRAFU PODRUČJU 10(20)/0.4 kV RAZDJELNA

**N. NOVČIĆ, ZP „Elektro-Hercegovina“ a.d. Trebinje, BiH
R. KULJIĆ, ZP „Elektro-Hercegovina“ a.d. Trebinje - RJ „Elektro-Bileća“, BiH
P. KUNDAČINA, ZP „Elektro-Hercegovina“ a.d. Trebinje, BiH**

UVOD

Tehnološka dostignuća u oblasti elektronike, telekomunikacija i informatike omogućila su pojavu multifunkcionalnih elektronskih brojila električne energije koja pored osnovne funkcije brojila, a to je mjerenje potrošnje električne energije, imaju i niz drugih mogućnosti u smislu evidentiranja, prikupljanja i obrade drugih korisnih podataka. U prvobitnim AMR (*Automatic Meter Reading*) sistemima postojala je samo jednosmjerna komunikacija, što znači da su se podaci od interesa samo čitali iz brojila i prosljeđivali u centar upravljanja. Međutim, takvi sistemi su se pokazali ekonomski neisplativim, te se stoga pristupilo dodavanju niza novih funkcija postojećem sistemu (upravljanje brojilima - isključenje/uključenje, limitiranje snage, promjena tarifa, detekcija stranog magnetnog polja,...) i realizaciji dvosmjerne komunikacije između entiteta sistema. Takav sistem poznatiji je pod imenom AMM (*Automatic Meter Management*) sistem. Opšti cilj uvođenja ovakvog sistema je poboljšanje energetske i poslovne efikasnosti elektrodistributivnog preduzeća, ali i podsticanje krajnjih kupaca da racionalnije koriste električnu energiju. Smanjenje troškova očitavanja i povećanje broja očitanih brojila, mjerenje u realnom vremenu, smanjenje broja reklamacija, smanjenje netehničkih gubitaka, ubrzanje izdavanja računa i smanjenje vremena naplate, upravljanje mrežom i opterećenjem, eliminacija krađe električne energije, skraćivanje vremena prekida i povećanje pouzdanosti distributivne mreže, analiza kvaliteta parametara električne energije su samo neki od benefita koje omogućuje uvođenje navedenog sistema.

Sistem je realizovan uvažavajući sledeće principe: interoperabilnost, pouzdanost, skalabilnost, fleksibilnost, automatsko prepoznavanje i uvođenje komponenata u sistem, dvosmjerna komunikacija.

Funkcije koje ima sistem su sadržane u daljinskom očitavanju svih izmjerenih veličina sistema, promjeni parametara, daljinskom uključenju/isključenju krajnjih kupaca, ograničavanju potrošnje, memorisanju i arhiviranju očitanih podataka, automatskoj detekciji novopostavljenih brojila u sistem, kao i automatskoj detekciji bilo kakve anomalije koja može ugroziti integritet sistema (skidanje poklopca priključnice, jako magnetno polje, nedostatak napona ili struje,...).

U daljem dijelu rada biće opisana implementacija AMM sistema na prigradskom trafo području TS 10(20)/0.4 kV Razdjelna, 250 kVA, sa dva niskonaponska izlaza (dužina 300m i 690m) preko kojih se napaja ukupno 73 krajnja kupca električne energije (72 krajnja kupca iz kategorije „domaćinstva“ i 1 potrošač iz kategorije „ostala potrošnja“).

ARHITEKTURA AMM SISTEMA

Realizovani AMM sistem ima strukturu stabla i idući od najmanjeg ka najvišem nivou njega čine sledeći elementi:

- Digitalno multifunkcionalno brojilo
- Koncetrator
- AMM kontrolni centar

Ugrađena brojila su u skladu sa standardom IEC 62053-31 i imaju mogućnost mjerenja aktivne i reaktivne energije, mjerenje snage, trenutnih vrijednosti napona i struje, integrisan uklopni sat, kao i integrisani PLC modem i prekidački modul (sklopka za uključenje/isključenje). Osim brojila koja su instalirana za krajnje kupce, postavljeno je i brojilo (mjerna garnitura) unutar trafostanice koje evidentira protok energije kroz trafostanicu (aktivna i reaktivna energija, snaga,...), te je na taj način omogućen nadzor i kontrola stepena gubitaka u okviru trafo područja.

Koncetrator je lociran unutar trafostanice, i automatski ili po zahtjevu izvršava funkcije očitavanja brojila, njihove parametrizacije, kao i skupljanje i predaju informacija od interesa AMM centru. Protok informacija i podataka, kao i komunikacija na relaciji AMM centar - koncetrator - brojilo električne energije je dvosmjernan. Komunikacija na relaciji koncetrator - brojilo je putem PLC (*Power Line Carrier*) komunikacije, a na relaciji AMM centar - koncetrator se odvija preko GSM/GPRS komunikacije. Pristup koncetratoru, kao i zadavanje izvršenja određenih funkcija koncetratoru može se obavljati daljinski (iz AMM centra) ili lokalno (preko prenosnog računara).

IZBOR KOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA

Da bi AMM sistem nesmetano funkcionisao neophodno je obezbjediti odgovarajuću komunikacionu infrastrukturu između njegovih entiteta. Činjenica da već postoji izgrađena elektroenergetska infrastruktura od napojne trafo stanice do krajnjih kupaca u vidu nadzemne niskonaponske mreže (samonosivi kablovski snop XOO/O-A $3 \times 70 + 71,5 \text{mm}^2 + 2 \times 16 \text{mm}^2$) bila je presudna u odluci da se ista iskoristi i za komunikaciju i razmjenu podataka između brojila električne energije i koncetratora putem PLC komunikacije. Na ovaj način su izbjegnuti značajni troškovi koje bi imali da smo pristupili izradi nove komunikacione infrastrukture.

Navedena PLC komunikacija je omogućena na način što svako od brojila u sistemu, kao i koncetrator, sadrži u sebi PLC modem odgovarajućih karakteristika. Rad PLC modema je definisan standardom CENELEC EN 50065-1, što je prikazano u *Tabeli 1* (2). Komunikacija je NPL (*Narrowband Power Line*) komunikacija, odnosno uskopojasni PLC. Uskopojasni PLC (NPL) predstavlja komunikaciju u frekventnom opsegu od 3-148,5kHz.

TABELA 1 – Izvod iz CENELEC standarda

Frekventni opseg	Namjena	Amplituda signala
3kHz – 9kHz	Za distributere električne energije	
9kHz – 95kHz	(A-band) za distributere električne energije	5V za 9kHz 1V za 95kHz
95kHz – 125 kHz	(B-band) za korisnike	0.63V
125kHz – 140 kHz	(C-band) za korisnike	0.63V
140kHz – 148.5kHz	(D-band) za korisnike	0.63V

Komunikacija između koncetratora i AMM centra ostvarena je putem GSM/GPRS mreže, s tim da je korištena tehnika VPN tunelovanja.

OPIS REALIZOVANOG SISTEMA

Poražavajući pokazatelji višegodišnje analize gubitaka električne energije, otežana naplata novčanih sredstava za utrošenu energiju, kao i značajan broj neočitanih brojila prilikom obračuna zbog nedostupnosti mjernih mjesta (brojila smještena unutar stambenih objekata) bili su presudni faktori u odluci da se navedeni AMM sistem implementira na TS 10(20)/0.4 kV Razdjelna (1). Naime, analiza gubitaka električne energije na navedenom trafo području za vremenski period januar 2009 - decembar 2012. godine pokazala je da su gubici električne energije na nedopustivom nivou i oni po godinama iznose:

- 2009.god - 24.60%,
- 2010.god. - 22.45%,
- 2011.god. - 20.07%,
- 2012.god. - 19.43%.

Svih ovih godina vršene su redovne i vanredne kontrole mjernih mjesta, zamjena postojećih brojila sa novim ili baždarenim brojilima i izmještanje mjernih mjesta na priključne stubove kod krajnjih kupaca za koje je postojala osnovana sumnja da imaju nelogičnu potrošnju električne energije. Međutim, sprovedene mjere nisu dovele do značajnijih rezultata u pogledu smanjenja gubitaka energije, te se stoga pristupilo realizaciji ideje da se izvrši ugradnja tzv. „pametnih“ brojila kod krajnjih kupaca sa mogućnošću daljinskog nadzora i upravljanja brojilima, odnosno do potpune implementacije AMM sistema na ovom trafo području.

Finansijska analiza sa stanovišta trenutnog duga za utrošenu električnu energiju svakog od krajnjih kupaca pojedinačno, ali i analiza i statistika naloga za isključenje mjernih mjesta po osnovu duga pokazali su da ukupno 17 krajnjih kupaca od ukupno 73 (procentualno izraženo ~23%) ima nedopustivo visok nivo dugovanja, i da se kao takvi iz mjeseca u mjesec neprestano pojavljuju na listi mjernih mjesta koja je neophodno isključiti sa mreže. Mnogobrojni interni sporazumi, kao i reprogramiranje duga u više ciklusa nije dovelo do smanjenja duga već je produžilo agoniju dugovanja tih potrošača. Aktiviranjem naloga za isključenje ovih potrošača imalo je za posledicu u najvećem broju slučajeva da ti potrošači ne dozvoljavaju pristup mjernom mjestu, da verbalno i fizički napadaju radnike elektrodistribucije i da vremenom stiču subjektivni utisak kako su oni dominantni i kako treba da troše električnu energiju, ali ne i da je plaćaju. Značajan podatak je da su približno četvrtina potrošača (tačnije 23%) „problematični“ po pitanju plaćanja potrošnje električne energije i obzirom da njihovo ponašanje na terenu negativno utiče na one koji redovno izmiruju svoja dugovanja u smislu da oni bespotrebno uredno plaćaju kad mogu da se ophode drukčije.

Analiza obračuna, koji se vrši na mjesečnom nivou, pokazala je da u prosjeku prilikom svakog obračuna bude neočitano 7% mjernih mjesta, što je bio još jedan od problema ovoga trafo područja.

Realizacija implementacije AMM sistema na TS 10(20)/0.4 kV Razdjelna odvijala se u sledećim fazama:

- Snimanje postojeće niskonaponske mreže i mjernih mjesta (položaj mjernog mjesta, vrsta i tip priključka) ručnim GPS uređajima i eksportovanje podataka na lokalni računar
- Izmještanje mjernih mjesta postavljanjem ormara, opremljenih sa novim brojilima i limitatorima snage, na priključne stubove
- Zamjena brojila na mjernim mjestima koja se nalaze van objekta ili koja su u ranijem periodu izmještena na stubove niskonaponske mreže
- Ugradnja mjerne garniture i koncentratora unutar trafostanice
- Parametrizacija postavljenih entiteta sistema, uspostavljanje veze između elemenata sistema i pokretanje korisničke aplikacije

U prvoj fazi, nakon obavljenog snimanja niskonaponske mreže i mjernih mjesta, došlo se do sledećih podataka:

- 13 mjernih mjesta je izmješteno na stub u ranijem periodu,
- 12 mjernih mjesta smješteno je na fasadi objekta
- 25 mjernih mjesta se nalaze unutar objekta i mogu se nesmetano izmjestiti na stub,
- 23 mjerna mjesta se nalaze unutar objekta i na tim mjestima postoje otežani uslovi za izmještanje mjernih mjesta (stambeni objekat sa dva ili više brojila priključen jednim priključnim kablom).

Sa ovim podacima došlo se do saznanja koliko je neophodno materijala (mjernih ormara, priključnih kablova i ostalog pratećeg materijala) za izmještanje mjernih mjesta. Snimanje mreže i mjernih mjesta je takođe otkrilo sve slabe tačke niskonaponske mreže, koje su uredno otklonjene u toku implementacije sistema.

Izmještanje mjernih mjesta je faza koja je zahtevala najviše vremena, a izvršena je na način što su mjerni ormari u radionici opremani sa novim brojilima i limitatorima snage, a zatim se sledeći dan postavljali na terenu kod krajnjih kupaca. U slučaju stambenih objekata koja su bila priključena jednim priključnim kablom, a unutar objekta se nalazilo dva ili više brojila električne energije krajnjih kupaca, izmještanje je vršeno tako što su postavljani novi priključni vodovi, što je iziskivalo dodatne materijalne troškove i radne aktivnosti. Postavljeni ormari su predviđeni za montažu na stub sa jednim, dva, četiri ili šest mjerenja, zavisno od toga koliko se priključaka nalazilo na svakom od stubova niskonaponske mreže ponaosob.

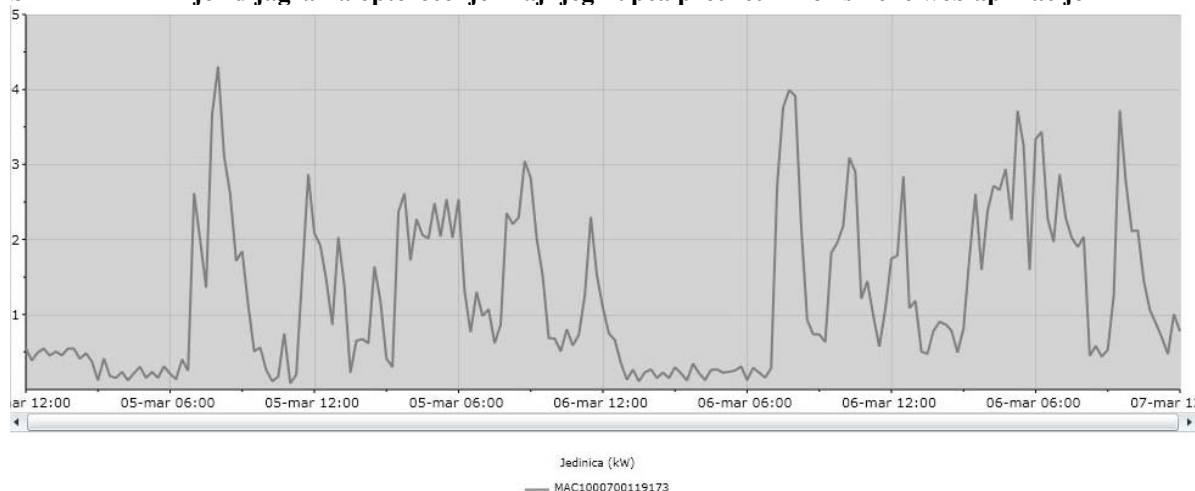
Na mjernim mjestima koja su locirana na fasadi objekta ili su u ranijem periodu izmještena na stub niskonaponske mreže izvršena je klasična zamjena postojećih brojila sa novim brojilima koja imaju mogućnost daljinskog nadzora i upravljanja. Ova faza nije zahtevala značajnije materijalne troškove, a u vremenskom pogledu trajala je veoma kratko.

Nakon ugradnje poslednjeg potrošačkog brojila izvršena je ugradnja zbirnog mjerenja i koncentratora unutar objekta trafostanice. Zbirno mjerenje, kao najbitniji segment u fazi praćenja stepena gubitaka energije u okviru trafo područja Razdjelna, a koncentrator kao srce AMM sistema i dio koji će biti glavni u smislu komunikacije sa brojilima sa jedne i AMM centrom sa druge strane i njihovoj razmjeni podataka, informacija i naredbi.

Završna faza je predstavljala definisanja parametara svakog od entiteta sistema, uspostavljanje veze između entiteta i konfigurisanje korisničke aplikacije, što je bila obaveza proizvođača brojila. Najbitnije je spomenuti korisničku aplikaciju, koja omogućuje pristup AMM sistemu i definisanju svih neophodnih akcija nad entitetima (brojilo, koncentrator, zbirno mjerenje) sistema. Svakodnevno praćenje stepena gubitaka, uključenje i isključenje

brojila na zahtjev, iščitavanje dijagrama opterećenja krajnjih kupaca, alarmiranje u slučaju skidanja poklopca priključnice, dejstvo stranog magnetnog polja, zamjena redosleda faza su samo neki od parametara koji se mogu svakodnevno pratiti putem navedene aplikacije. Pristup je dozvoljen samo tačno određenim radnicima elektrodistribucije uz jasno definisanje jedinstvenog korisničkog imena i šifre.

SLIKA 1 - Primjer dijagrama opterećenje krajnjeg kupca preuzet iz korisničke web aplikacije



COST/BENEFIT ANALIZA

Da bi se mogla tačno definisati isplativost i njena obim, uvođenjem AMM sistema na TS 10(20)/0.4kV Razdjelna, neophodno je tačno definisati sve troškove i koristi, te ih izraziti u novčanim jedinicama, međusobno uporediti i na bazi dobijenih vrijednosti doći do zaključka o isplativosti. Karakteristika troškova i benefita AMM sistema prikazana je u Tabeli 2.

TABELA 2 - Troškovi/koristi AMM sistema

TROŠKOVI	KORISTI
Nabavka novih multifunkcionalnih brojila, koncentratora, mjerne garniture i pripadajućeg softvera	Smanjenje i nadzor gubitaka električne energije na cjelokupnom trafo području
Materijal neophodan za izmještanje mjernih mjesta (mjerni ormari, kablovi, limitatori, stezaljke,...)	Izbjegnuti troškovi očitavanja (očitanje se vrši na mjesečnom nivou)
Telekomunikacioni troškovi	Bolji stepen naplate potraživanja
Angažovanje radne snage na implementaciji AMM sistema (rad i transport)	Stalni nadzor i kontrola mjernih mjesta-alarmiranje u slučaju pojave bilo kakve anomalije u sistemu

Većinu navedenih troškova predstavljaju troškovi investicionog karaktera, što znači da je na početku realizacije AMM sistema potrebno uložiti značajna novčana sredstva, a onda nakon implementacije sistema troškovi eksploatacije su minimalni. Analiza cijena nabavke brojila, mjerne garniture, koncentratora i softvera (instaliranje i održavanje softvera), zatim troškovi materijala neophodnih za izmještanje mjernog mjesta (mjerni ormar, kabl, limitatori,...) i angažovanje stručno osposobljene radne snage (rad i transport) pokazala je da su troškovi sledeći:

- Mjerno mjesto sa trofaznim brojilom 570,00 KM
- Mjerno mjesto sa monofaznim brojilom 490,00 KM

U ukupnom iznosu, uvažavajući činjenicu da je struktura vrste brojila krajnjih kupaca 40 trofaznih i 33 monofazna, **troškovi iznose 38.970,00 KM.**

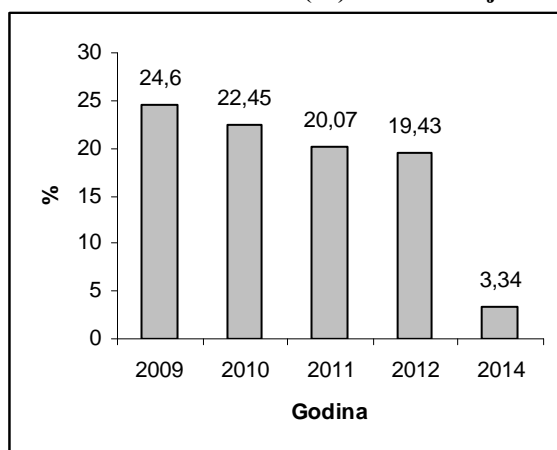
Najznačajnije uštede su sadržane u smanjenju netehničkih gubitaka i njihova struktura je sledeća:

- Gubici električne energije u 2012. god. su iznosili 19.43%, odnosno izraženo u kWh 93.776kWh (razlika zabilježenih kWh na zbirnom mjerenju 477.590kWh i fakturisane energije potrošačima 384.814kWh). U finansijskom pogledu ti gubici iznose 10.990,64 KM.
- Gubici električne energije po uspostavljanju AMM sistema za period oktobar 2013. god. – mart 2014. god. su iznosili 3.34%. Za navedeni period zbirno mjerenje je registrovalo skoro identičan protok energije kroz TS kao za isti period 2012./2013. god. Na godišnjem nivou ti gubici će iznositi 15.950,00kWh, odnosno 1.869,5165KM.
- **Zaključak je sledeći: godišnje se uštedi 9.121,12 KM po osnovu smanjenja stepena gubitaka na TS 10(20)/0.4 kV Razdjelna i njenoj pripadajućoj niskonaponskoj mreži.**

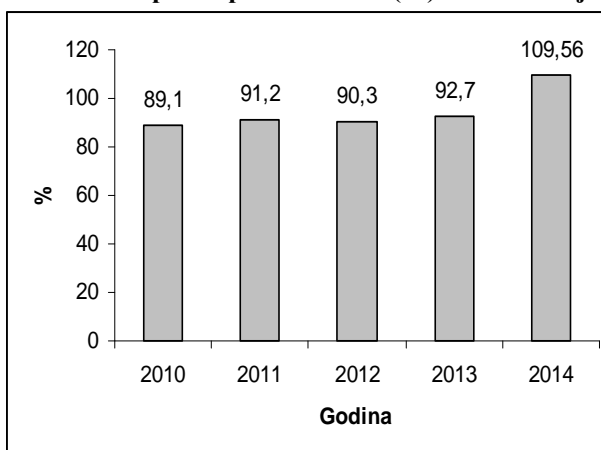
Analiza stepena naplate potraživanja na dan 01.10.2013.god. pokazala je da ranije navedeni „kritični“ potrošači (njih 17) imaju ukupan dug u iznosu 16.661,98KM, odnosno čine 75,44% ukupnog duga (22.085,08KM) svih potrošača na TS 10(20)/0.4kV Razdjelna. **Rezultati analize su poražavajući jer četvrtina potrošača duguje tri četvrtine ukupnog duga.** Finansijska struktura duga na dan 01.03.2014. god. pokazala je da je iznos duga istih potrošača 13.942,02KM. Iz navedenog se vidi da je nivo dugovanja za period 01.10.2013. – 01.03.2014. god. **smanjen za 2.719,96KM, odnosno za 16.32%.** Sprovedenjem identične dinamike metoda naplate za očekivati je da se na godišnjem nivou dugovanja „kritičnih“ potrošača smanje za oko 5.500,00KM, odnosno da u roku od tri godine dugovanja tih potrošača se u potpunosti izmire.

Finansijski iznos ušteta po osnovu smanjenja gubitaka električne energije i naplatom potraživanja koja su do momenta implementacije AMM sistema faktički bila nenaplativa, je značajan i na godišnjem nivou iznosi približno 14.600,00KM. Po osnovu ovih ušteta AMM sistem će se otplatiti za nekih dvije i po godine za ovo trafo područje.

SLIKA 2-Gubici na TS 10(20)/0.4kV Razdjelna



SLIKA 3-Stepen naplate na TS 10(20)/0.4kV Razdjelna



Međutim, potrebno je naglasiti da su uštede sadržane i u smanjenju troškova očitavanja – vrši se očitavanje na mjesečnom nivou, što predstavlja direktan vid uštete, a indirektno se radnik koji je ranije vršio očitavanje potrošnje električne energije sada može angažovati na drugim poslovima. Samovoljno priključenje, skidanje poklopca brojila, kao i djelovanje stanim magnetnim poljem na brojilo u cilju sprečavanja urednog registrovanja potrošnje energije se alarmira i bilježi u knjigu događaja sa tačnim datumom i vremenom obavljene radnje, što predstavlja finansijski teško mjerivu komponentu. Implementacijom AMM sistema su izbjegnute sve neprijatne situacije prilikom isključenja krajnjih kupaca, verbalni i fizički kontakti radnika elektrodistribucije sa krajnjim kupcima na terenu što takođe predstavlja benefit od velikog značaja.

ZAKLJUČAK

Problemi koji su bili karakteristični na TS 10(20)/0.4kV Razdjelna (visok stepen gubitaka električne energije, otežana naplata novčanih potraživanja po osnovu duga za utrošenu energiju, verbalni i fizički napadi na radnike elektrodistribucije prilikom isključenja, značajan broj neočitanih mjernih mjesta prilikom obračuna) su izgradnjom AMM sistema u potpunosti neutralisani i to je činjenica koja ovaj projekat čini izuzetno uspješnim i isplativim. Takođe, osim primarnog unapređenja osnovne djelatnosti mjerenja potrošnje električne energije, nadzor nad entitima sistema i njihovo daljinsko podešavanje, ovaj sistem u ogromnoj mjeri elektrodistribuciju čini spremnom u oblasti liberalizacije tržišta električnom energijom.

Pravi efekti (benefiti) se postižu, pažljivim izborom trafo područja na kome postoji problemi gubitaka i naplate potraživanja električne energije i potpunim uspostavljanjem AMM sistema sa svim elementima na čitavom trafo području.

LITERATURA

1. R.Kuljić, M.Vujičić, 2013, Elaborat „Analiza gubitaka na trafo području TS 10/0.4 kV Razdjelna“, 3
2. EN 50065-1: Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148.5 kHz, CENELEC, Brussels, 1991