

REALIZACIJA KOMUNIKACIONE INFRASTRUKTURE U AMM SISTEMU

Milan Šormaz, Nataša Vejnović, ZP "Elektrokrajina" a.d. Banjaluka

KRATAK SADRŽAJ

U radu je predstavljen sistem za daljinsko čitanje brojila el.energije implementiran u distributivnom preduzeću ZP "Elektrokrajina" a.d. Banjaluka (ukupno 7500 brojila). Prezentovani sistem omogućava, osim daljinskog čitanja, daljinsko upravljanje i nadzor potrošnje električne energije (AMM-Automated Meter Management). Predstavljeno je kompletno tehničko rješenje i njegova komunikaciona infrastruktura. Takva infrastruktura obezbjeđuje ravnopravnu integraciju različitih komunikacionih tehnologija u jedinstven komunikacioni sistem. U radu je dat uporedni prikaz PLC (NPL i BPL), 3G, GPRS i Wireless tehnologije, način realizacije i iskustva sa terena (procenat uspješnih očitavanja brojila, vrijeme odziva, brzina prenosa podataka, greške pri prenosu itd.). Akcenat je posebno stavljen na PLC komunikaciju koja je ostvarena preko niskonaponske (NN) mreže tj. između koncentratora i brojila el.energije, kao i preko srednjenaponske (SN) mreže.

Ključne riječi: AMM, daljinsko čitanje, komunikacija, PLC.

1. UVOD

Deregulacija elektroenergetskog sektora dovela je do potrebe za poboljšanjem kvaliteta usluga i povećanjem efikasnosti elektrodistributivnih preduzeća. Tehnološka dostignuća u oblasti elektronike, telekomunikacija i informatike omogućila su potpunu automatizaciju distributivnih sistema. Ta automatizacija između ostalog obuhvata i sisteme za daljinsko očitavanje brojila električne energije (AMR-Automated Meter Reading). Različite ekonomske analize su pokazale da bi bilo neisplativo realizovati takav jedan sistem samo za daljinsko čitanje brojila, pa su sistemu dodate funkcije upravljanja brojilima (uključivanje, isključivanje, promjena tarifa itd.). Takav AMM sistem treba da ispuni sledeća očekivanja proizvođača: smanjivanje perioda isporuke i naplate energije, eliminaciju krađe, smanjenje ukupnih troškova poslovanja, bolje poznavanje stanja u mreži, kvalitetniju i pouzdaniju isporuku električne energije, bržu reakciju na kvarove, smanjenje troškova izmjene tarifnog sistema, bolje planiranje očekivane potrošnje; kao i potrošača: unapređenje usluge, uvođenje novih, fleksibilnijih tarifnih sistema, transparentnost mjerenja i naplate utrošene energije, smanjenje grešaka u očitavanju. Svaki kvalitetan i aktuelan AMM sistem mora biti zasnovan na sledećim kriterijumima:

- korištenje otvorenih standarda u dizajnu,

- nadogradivost,
- pouzdanost,
- sigurnost.

Vrlo važno mjesto u ovom sistemu ima komunikaciona mreža, pa se kao primarni zadatak nameće izbor komunikacionog medijuma koji će se koristiti za prenos podataka. U sledećim poglavljima biće objašnjene komunikacione tehnologije koje su korištene u AMM sistemu, njihove prednosti i ograničenja.

2. ARHITEKTURA AMM SISTEMA

Sistem je dizajniran tako da omogućava jednostavnu integraciju sa ostalim sistemima poput sistema za upravljanje trafo stanicama (SCADA), GIS, CRM sistema i td. Realizovani AMM sistem ima sledeću strukturu:

- digitalno brojilo,
- konvertor protokola,
- koncentrator,
- AMM kontrolni centar.

Brojila su osnovni elementi na mjernom mjestu i povezuju se sa drugim elementima AMM sistema (modemi, kolektori, koncentratori). Montiraju se kao pretplatnička za krajnjeg korisnika ili kao kontrolna brojila u trafostanicama. Konvertori protokola su dio AMM systemske strukture i implementiraju se po potrebi (kod upotreba BPL po NN mreži i serijske veze brojila, dok kod upotrebe NPL komunikacije po NN mreži lokalni kolektori podataka ne postoje). Ukoliko se implementiraju oni omogućavaju konekciju između električnog brojila na jednoj i koncentratora na drugoj strani. Konvertori protokola (lokalni kolektor) i brojila obavljaju dvosmernu komunikaciju preko IEC 62056-31 protokola. Kolektor kontinuirano vrši iščitavanje brojila. Svi podaci, pored vrijednosti, imaju i vrijeme očitavanja. Komunikacija između kolektora i aplikacije za očitavanje brojila na koncentratoru podataka, vrši se preko standardnog TCP/IP protokola.

Na strani brojila podržani su sledeći komunikacioni protokoli:

- DLMS/COSEM,
- Modbus,
- IEC62056-21,
- IEC62056-31,
- drugi standardni komunikacioni protokoli.

Fizički komunikacioni interfejs prema brojilima je serijski (RS 232/485), a prema koncentratorima je standardni Ethernet interfejs. Koncentrator podataka je jedinica za koncentraciju podataka. To je modul koji na jednoj strani komunicira sa električnim brojilima koristeći odgovarajuće protokole (po potrebi uz pomoć konvertora protokola) i kontrolnog centra na drugoj strani. Osnovna namjena je prikupljanje podataka i upravljanje potrošnjom brojila u jednom ili više trafopodručja. Podržava rad sa brojilima sa bilo kojim standardnim komunikacionim protokolom. Karakteriše ga veoma brz odziv pri očitavanju podataka i programiranju parametara brojila. Periodično prikupljanje podataka vrši se nezavisno od postojanja komunikacije sa kontrolnim centrom. Period čuvanja svih relevantnih podataka sa brojila iznosi do 12 meseci.

AMM sistem ima hijerarhijsku strukturu tipa stabla. Na najvišem nivou se nalazi čvor centralnog kontrolnog centra. Opciono ispod čvora kontrolnog centra mogu postojati čvorišta lokalnih centara za prikupljanje podataka. Na sledećem nivou je obavezno čvorište koncentratora u trafostanicama ispod koga mogu biti čvorišta lokalnih kolektora podataka. Poslednji entitet u strukturi je pretplatničko brojilo. Kolektori autonomno vrše očitavanje grupe brojila koja su za njega povezana. Preko aplikacije za očitavanje brojila na koncentratoru podataka, očitani podaci se zapisuju u bazu koncentratora. Kontrolni centar se u definisanim vremenskim intervalima automatski obraća koncentratorima i prikuplja očitane podatke u centralnu bazu. Iz kontrolnog centra se šalju komande i zahtjevi ka ostalim entitetima mreže.

3. KOMUNIKACIONA INFRASTRUKTURA

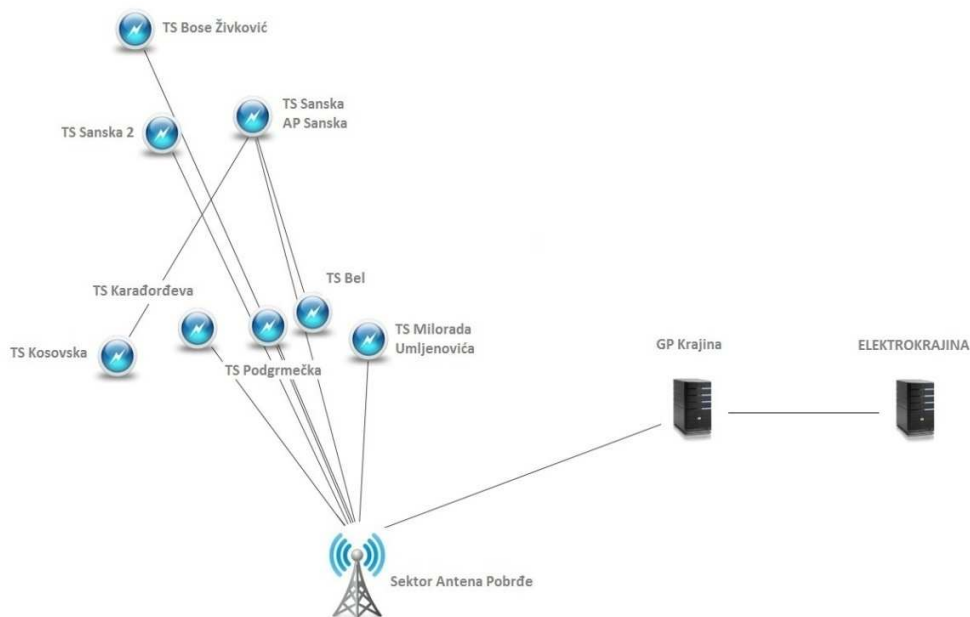
Kako bi AMM sistem funkcionisao potrebno je izgraditi određenu komunikacionu infrastrukturu. Generalno, svaki tip komunikacije ima svoje tehničke prednosti i nedostatke, i ne postoji jedno tehnološko rešenje koje je idealno za zadovoljavanje svih potreba. Zbog toga je za realizaciju AMM sistema potrebno implementirati više različitih tehnologija, kako bi se ostvarila neophodna optimizacija. Na izbor komunikacione tehnologije utiče i broj potrošača kao i vrsta sredine (urbana ili ruralna). Komunikacione tehnologije koje se primjenjuju u realizovanom AMM sistemu su:

- GSM/GPRS,
- 3G (HSPA),
- WiFi,
- Optika,
- PLC (Power Line Communication):
 - ✓ NPL (Narrowband Power Line) - uskopojasni PLC,
 - ✓ BPL (Broadband Power Line) - širokopojasni PLC.

GPRS (General Packet Radio Service) predstavlja digitalni prenos podataka preko postojeće GSM mreže. Omogućava protok do 114 kbit/s, sa prosječnim brzinama od 56 kbit/s. Bitno je naglasiti da se usluga telekom operatora tarifira po količini prenesenih podataka, a ne po jedinici vremena. Ovo je posledica paketskog prenosa podataka, gdje se resursi mreže koriste samo kad se podaci prenose. U realizovanom AMM sistemu GPRS tehnologija je iskorištena u slučajevima izdvojenih potrošača, gdje rješenje prenosa podataka preko niskonaponske mreže postaje ekonomski neprihvatljivo. U tim slučajevima se koriste brojlara sa ugrađenim GSM/GPRS modемом, koja direktno komuniciraju sa AMM centrom. Kod industrijskih kupaca el.energije, kod kojih se mjerenja izvršavaju poluindirektno ili indirektno za komunikaciju koncentratora sa sistemom koristi se GSM/GPRS modem.

Sistemi treće generacije mobilnih mreža omogućavaju veće brzine prenosa podataka (4 puta veće nego kod GPRS-a) a samim tim i mnogo širi spektar usluga. HSPA (High Speed Packet Access) je tehnologija koja predstavlja novu evoluciju 3G mreža i omogućava brzine i do 7 Mbit/s. U realizovanom sistemu iskorištena je postojeća infrastruktura 3G mreže mobilnog operatora za povezivanje nekoliko trafostanica u urbanom području sa AMM centrom.

WiFi (Wireless Fidelity) predstavlja bežičnu mrežu za prenos podataka (WLAN) koja počiva na grupi standarda IEEE 802.11. Radio komunikacija se obavlja u dva opsega frekvencija tzv. slobodnog spektra od 2.4 GHz i 5 GHz, za koji nije potrebna licenca. Protok podataka za WiFi koji oprema podržava je 54 Mbit/s, praktično ostvarene brzine se kreću od (25-35) Mbit/s. Na SLICI 1 su prikazane trafostanice koje su povezane WiFi bežičnim putem. Primarna pristupna tačka se nalazi na RTRS predajničkom stubu (Pobrđe) preko koje se ostvaruje veza sa AMM centrom. Na sve trafostanice, kao i na zgradi Direkcije, postavljena je oprema (bežični uređaj BulletM5 koji radi na 5GHz, antena i PoE napajanje), preko koje se ostvaruje kako međusobno tako i povezivanje sa AMM centrom. Na primarnoj pristupnoj tački postavljena je sledeća oprema: bežični uređaj Bullet M5 (5MHz), sektor antena čiji je radijus širenja signala 90 stepeni i PoE napajanje. Zbog konfiguracije terena TS Kosovska i TS Bel nisu mogle biti direktno povezane na primarnu pristupnu tačku. Zbog toga je na TS Sanska postavljena dodatna antena, koja je sekundarna pristupna tačka za navedene trafostanice, a preko switch-a (koji je postavljen u TS Sanska) ostvarena je veza ove trafostanice sa primarnom pristupnom tačkom, i dalje prema AMM centru. Veza između AMM centra (RJ Elektrodistribucija) i zgrade Direkcije Elektrokrajine ostvaruje se kroz postojeću mrežnu infrastrukturu (optika).



SLIKA 1 - WiFi komunikacija

PRISTUPNA TAČKA	TRAFOSTANICA	UDALJENOST
AP Pobrđe	TS Bose Zivkovic	1926m
AP Pobrđe	TS Sanska2	1617m
AP Pobrđe	TS Sanska	1598m
AP Pobrđe	TS Podgrmecka	951m
AP Pobrđe	TS Karadjordjeva	798m
AP Pobrđe	TS Milorada Umljenovica	691m
AP Pobrđe	TS GP Krajina	1234m
AP TS Sanska	TS Bel	709m
AP TS Sanska	TS Kosovska	960m

TABELA 1 - Udaljenosti između pristupnih tačaka i trafostanica

Osnovna ideja PLC je korištenje postojeće energetske mreže za komunikaciju, a samim tim i izbjegavanje troškova izgradnje nove komunikacione infrastrukture. S obzirom na frekvencijsko područje koje se koristi za komunikaciju, PLC možemo podijeliti na uskopojasni i širokopojasni. Uskopojasni PLC u potpunosti je obuhvaćen regulativom, među kojima su najvažnije norme o elektromagnetnoj kompatibilnosti (EMC). NPL ili uskopojasni PLC predstavlja komunikaciju u standardizovanom CENELEC opsegu od (3-148) kHz. Komunikacija se ostvaruje integrisanim modemom ili povezivanjem putem lokalnog serijskog interfejsa na modem. Modemi su podešeni da mogu da rade na jednoj od 4 različite frekvencije unutar CENELEC-A opsega (3-95) kHz koji je isključivo rezervisan za distributere električne energije. Maksimalna brzina koja se može ostvariti je 1.2 kbit/s, dok praktično te vrijednosti mogu da padnu i na 300 bit/s. Nove generacije PLC sistema koriste frekvencije od (1.6-30) MHz, što je omogućilo povećanje propusnog opsega i korištenje energetskih vodova za širokopojasne aplikacije. Širokopojasni PLC ili BPL predstavlja TCP/IP baziranu komunikaciju koja omogućava značajno veće brzine (do 200 Mbit/s). Praktično izmjerene brzine se kreću od 30-120 Mbit/s za BPL na SN mreži, a od 10-40 Mbit/s za BPL na NN mreži. U toku testiranja postizane su brzine i do 160 Mbit/s, ali su radi stabilnosti mreže spuštene na manje vrijednosti, pošto za ovaj projekat brzina nije od prevelikog značaja. U slučaju kada se BPL bude koristio i za neke druge sisteme (SCADA, internet za krajnje korisnike, i td.) ove brzine bi se mogle znatno povećati.

VRSTA KOMUNIKACIJE	FREKVENCIJSKI OPSEG	PROTOK PODATAKA	OSTVARENE BRZINE PRENOSA PODATAKA
NPL	(3-148) kHz	2.4 kbit/s	1.2 kbit/s
BPL	(1.6-30) MHz	200 Mbit/s	(30-120)Mbit/s za SN
			(10-40) Mbit/s za NN
GPRS	900 MHz	(56-114)kbit/s	56 kbit/s
3G/HSPA	900 MHz	14 Mbit/s	7.2 Mbit/s
WiFi	4.9-5.9 GHz	54 Mbit/s	(25-35)Mbit/s

TABELA 2 - *Uporedne karakteristike komunikacionih tehnologija*

Na trafo područjima 20/0.4 kV/kV koji imaju direktnu vezu po SN vodu sa trafostanicama 110/20 kV/kV izabrana je BPL komunikacija po SN vodu, a one koja imaju "vidljivu" liniju sa centrom izabrana je WiFi komunikacija od koncentratora do sistema. Tamo gdje nije bio moguć nijedan drugi vid komunikacije iskorišteni su 3G ili GPRS. To se pre svega odnosi na indirektna i poluindirektna brojila za koja svako brojilo ima koncentrator (ili par brojila na jedan koncentrator), te direktna brojila koja za komunikaciju sa koncentratorom koriste GPRS kartice.

4. PRAKTIČNA ISKUSTVA (REZULTATI PRIMJENE SISTEMA)

U zavisnosti od načina vezivanja brojila (serijska kod BPL-a), komunikacije sa koncentratorom (GPRS, BPL, direktna - kod poluindirektnih i indirektnih brojila) iskustvo je pokazalo velike razlike u broju očitanih brojila i broju ostvarenih očitavanja u odnosu na broj traženih očitavanja. Postoje razlike i unutar jednog trafopodručja gdje su ugrađena brojila od dva različita proizvođača. Sa zahtjevanim stanjem svakih sat vremena, izraženo u procentima, za broj ostvarenih očitavanja u odnosu na broj traženih očitavanja imamo sledeće rezultate:

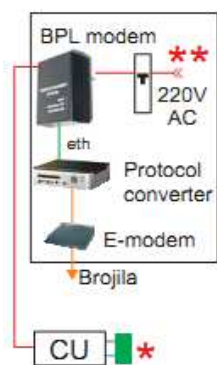
- BPL po NN vodu: 99.8% (uzorak od 150 brojila); za uzorak od preko 3000 brojila veći od 97%,
- GPRS direktno brojilo: 83.82% (uzorak od 52 brojila),
- NPL direktna brojila - uzeto za jedno trafopodručje sa brojilima dva različita proizvođača: 72.58% za brojila jednog (uzorak od 103 brojila), gotovo 100% (na uzorku od 61 brojila) za brojila drugog proizvođača,
- Direktna veza brojila i koncentratora:
 - poluindirektna brojila: 57.8% (uzorak od 21 brojila),
 - indirektna brojila: 80% (uzorak od 15 brojila).

Slanjem komande za direktno očitavanje određenom broju brojila, za svako brojilo ponaosob, u okviru jednog trafopodručja za procenat uspešnosti izvršavanja komande dobili smo približno iste vrijednosti. Treba naglasiti da na ovaj procenat utiče pored tipa komunikacije i trenutna opterećenost koncentratora, odnosno vrijeme kada se ta naredba šalje odnosno izvršava. Moguće je da zbog zauzeća samog koncentratora, komanda ne bude izvršena. Podaci neće biti izgubljeni, jer ih koncentrator pamti u svojoj internoj memoriji i podaci se prebacuju u bazu nakon uspostavljanja komunikacije. Pored ovih postoje i razlike u brzini izvršavanja pojedinih komandi kao i u procentu izvršavanja istih. Treba napomenuti da na brzinu izvršavanja utiču različite vrste medijuma koje signal za izvršavanje treba proći od brojila do AMM centra.

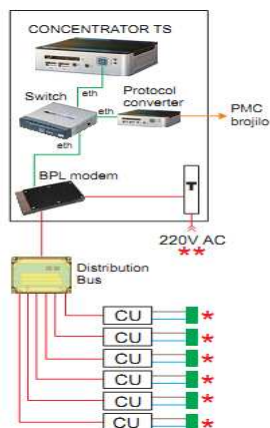
Za komandu direktnog očitavanja jednog brojila uočena su sledeća vremena odziva :

- BPL po NN i SN mreži - reda nekoliko sekundi,
- BPL po NN, 3G - desetak sekundi,
- GPRS – desetak sekundi,
- NPL (bez obzira na vrste komunikacije između koncentratora i AMM centra) - reda minuta.

Podaci nisu potpuni jer nismo mogli da uporedimo ove vrijednosti sa brojilima koji imaju BPL modem za komunikaciju u individualnoj gradnji. Problemi koji su takođe postojali, a koji su uspješno riješeni, odnose se na nepostojanje GSM signala (u podrumima ili trafostanicama) ili nepostojanja vidljive linije između koncentratora i AMM centra (WiFi), što je riješeno izvlačenjem antena na odgovarajuću poziciju. Na SLIKAMA 2 i 3 prikazano je pored jednopolne šeme, načina povezivanja BPL modema sa CU i konvertorom protokola, izvedeno stanje na terenu za slučaj BPL komunikacije po niskonaponskoj odnosno srednjenaponskoj mreži.



SLIKA 2 - BPL oprema za NN mrežu



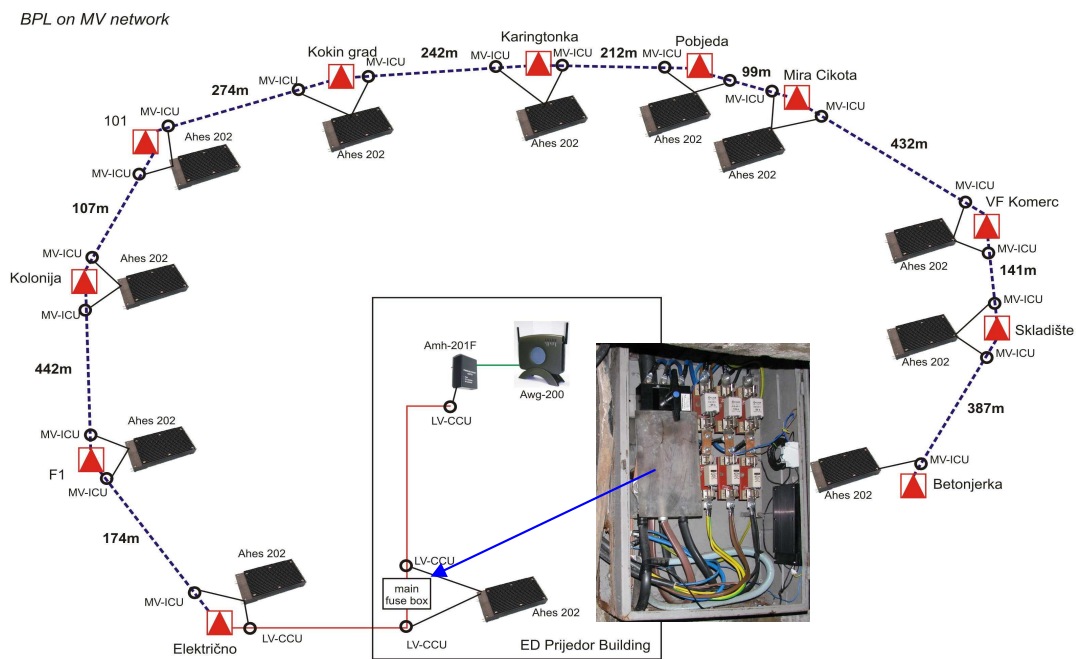
SLIKA 3 - BPL oprema za SN mrežu

Napomena: Kapler povezan na L2 i L3, napajanje povezano na L1, PMC – Trafostanično kontrolno brojilo, CU – Capler Unit

Realizovan je i pilot projekat povezivanja 11 trafostanica (preko SN mreže) sa zgradom jedne radne jedinice (preko NN mreže) u okviru Elektrokrajine, u cilju testiranja prenosa podataka velikim brzinama do 200 Mbit/s. Komunikaciona mreža (SLIKA 4) izvedena je na bazi širokopojasne tehnologije putem energetske mreže (BPL), odnosno BPL modemima koji imaju sledeće tehničke karakteristike:

- maksimalna brzina prenosa do 200 Mbit/s,
- bazni softver za setovanje modema,
- softver za daljinski nadzor i upravljanje komunikacionom mrežom,
- visok nivo zaštite podataka,
- visoku pouzdanost prenosa.

BPL modemi su preko induktivnih (ICU) i kapacitivnih (CCU) kaplera spojeni na SN odnosno NN mrežu. Kapleri omogućavaju sprezanje telekomunikacionog signala na energetska mrežu.



SLIKA 4 - BPL preko SN i NN mreže

Rezultati ispitivanja komunikacionog sistema dati su u sledećoj tabeli:

KOMUNIKACIJA IZMEĐU TS	Brzina u Mbps (TX/RX)	RASTOJANJE [m]
ED Prijedor <-> TS Električno	175/146	40
TS Električno <-> TS F1	160/171	174
TS F1 <-> TS Kolonija	95/120	442
TS Kolonija <-> TS 101	136/117	107
TS 101 <-> TS Kokin grad	149/134	274
TS Kokin grad <-> TS Karingtonka	121/115	242
TS Karingtonka <-> TS Pobjeda	167/139	212
TS Pobjeda <-> TS Mira Cikota	173/159	99
TS Mira Cikota <-> TS VF Komerc	79/67	432
TS VF Komerc <-> TS Skladište	160/167	141
TS Skladište <-> TS Betonjerka	105/102	387

TABELA 3 - Rezultati ispitivanja komunikacione mreže

5. ZAKLJUČAK

Izgradnjom sistema za daljinsko očitavanje primarno se unapređuje osnovna djelatnost mjerenja potrošnje električne energije. Osim daljinskog očitavanja mjernih podataka, sistem obezbjeđuje nadzor nad funkcionisanjem i ispravnošću mjernih uređaja, kao i daljinsko podešavanje istih. Osnovni uslov uspješnog funkcionisanja sistema je postojanje komunikacije između mjernih uređaja, koncentratora podataka i kontrolnog centra. U moru komunikacionih tehnologija koje su danas u upotrebi, potrebno je izabrati one koje će najbolje odgovoriti zahtjevima na terenu a u isto vrijeme biti i ekonomski isplative, a da odgovaraju konzumu (domaćinstva ili ostala potrošnja, odnosno individualna ili kolektivna gradnja). Upravo zbog ovog uslova ekonomske isplativosti, najveći osvrt je dat na komunikaciju putem energetske mreže (NPL). Oformljena je radna grupa u okviru projekta IEEE P1901 koja radi na razvoju finalnog standarda za širokopojasnu komunikaciju (BPL).

6. LITERATURA

1. Projekat realizovanog AMM sistema ZP „Elektrokrajina“ a.d Banjaluka
2. Arnaut V, 2005, „Sistemi daljinskog očitavanja brojila i upravljanja brojilima“
3. Hrasnica H, Haidine A, Lehnert R, 2004, „Broadband powerline communications networks“

E-mail: *milan.sormaz@elektrokrajina.com*
natasa.kuzmanovic@elektrokrajina.com