

D2 I 05

**RAČUNARSKA MREŽA USPOSTAVLJENA
PUTEM ELEKTRIČNE INSTALACIJE U OBJEKTU**

J. MANDIĆ LUKIĆ*, D. POKORNI
Energoprojekt – Entel, Beograd, Srbija
N. SIMIĆ
Elektrotehnički Fakultet, Beograd, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

U okviru poslovne zgrade Energoprojekt je ispitivan prenos podataka putem niskonaponske mreže. Ostvaren je prenos između faznog i neutralnog provodnika, i na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je niskonaponska mreža pogodan medijum za prenos podataka, i da se može koristiti za formiranje kućne mreže bez potrebe za novom kablovskom infrastrukturom. U radu su izloženi eksperimentalno dobijeni rezultati merenja karakteristika prenosa podataka putem PLC mreže [1], formirane u okviru poslovne zgrade kompanije Energoprojekt. Izvršeno je merenje karakteristika kanala prenosa, u opsegu od 2 do 34 MHz, kao i trenutnog protoka po kanalu, pri prenosu datoteke veličine 40MB. U sledećoj fazi planiramo ispitivanje prenosa između neutralnog i zaštitnog provodnika.

Ključne reči:

Niskonaponska mreža, Prenos podataka, Merenje, Karakteristika, Kanal, Ethernet

1 UVOD

U radu su izloženi eksperimentalno dobijeni rezultati merenja karakteristika prenosa podataka putem PLC mreže [1], formirane u okviru poslovne zgrade kompanije Energoprojekt. Izvršeno je merenje karakteristika kanala prenosa između korisničkih uređaja instaliranih u okviru računarske mreže i master uređaja koji upravlja mrežom u opsegu od 2 do 34 MHz.

Dodatno, pošto je instalirana računarska mreža putem navedenih PLC uređaja, upoređen je trenutni protok po kanalu, pri prenosu datoteke veličine 40MB.

2 OPIS OPREME

Korišćena oprema se sastoji od dva gateway-a, pri čemu je jedan konfigurisan da bude master uređaj u mreži, a drugi je konfigurisan da bude ripiter, dva korisnička uređaja za prenos govora i podataka i tri korisnička uređaja za prenos podataka putem PLC mreže.

* Jasmina Mandić Lukić, Energoprojekt ENTEL, Bulevar Mihajla Pupina 12, Beograd

Niskonaponski gateway ima mogućnost prenosa podataka do 205Mbps i mogućnost rada sa 64 MAC adrese i 32 paralelne PLC konekcije. Konfiguracija gateway-a se vrši putem interfejsa na bazi HTTP-a ili putem industrijske konzole sa komandnom linijom za podešavanje.

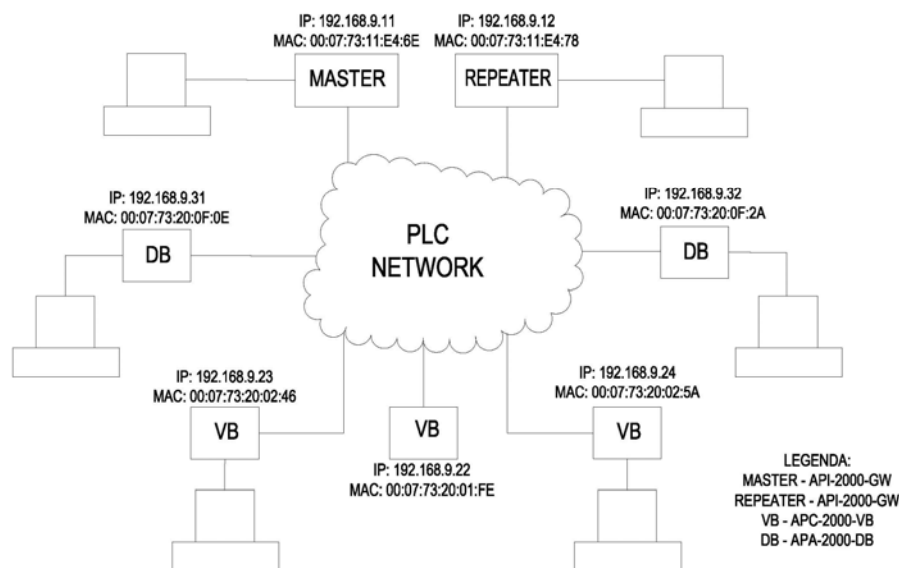
Korisnički uređaj za prenos govora i podataka predstavlja jednostavan uređaj koji ispunjava zahteve za triple-play, odnosno istovremeni prenos glasa, video signala i podataka. Uz napojni kabl za prenos podataka putem PLC-a poseduje RJ45 interfejs za Ethernet i RJ11 interfejs za povezivanje analognih telefona. Prednost mu je mogućnost povezivanja analognog telefona na paketsku mrežu za prenos podataka.

Korisnički uređaj za prenos podataka predstavlja naponski adapter sa 100Base-T Ethernet interfejsom. Ima mogućnost prenosa podataka do 205Mbps i omogućava triple-play uslugu, odnosno istovremeni prenos glasa, video signala i podataka. Male je veličine, lak za prenošenje i montažu unutar objekta.

Sva tri uređaja su bazirana na istoj softverskoj platformi, sa fabrički konfigurisanim parametrima. Predefinisani parametri se mogu menjati povezivanjem računara na master uređaj. Modifikovana podešavanja se smeštaju u memoriju uređaja, i učitavaju se pri svakom podizanju uređaja, pri čemu se setovanje podataka vrši jedino pri restartovanju sistema. Predefinisana podešavanja se čuvaju u memoriji uređaja i uređaj uvek može da se vrati na predefinisane vrednosti.

3 SISTEM ZA EKSPERIMENTALNO MERENJE

Za potrebe merenja karakteristika kanala, uspostavljena je mreža prema blok šemi sa slike 1. Vršena su ispitivanja karakteristika kanala prenosa između Master uređaja i ostalih uređaja povezanih u lokalnu računarsku mrežu. Ispitivanje je vršeno sa komunikacionim kanalom uspostavljenim između faznog i neutralnog provodnika, dok je ispitivanje karakteristika kanala između zaštitnog i neutralnog provodnika [2] u okviru objekta ostavljeno za sledeću fazu eksperimentalnog merenja karakteristika PLC mreže.



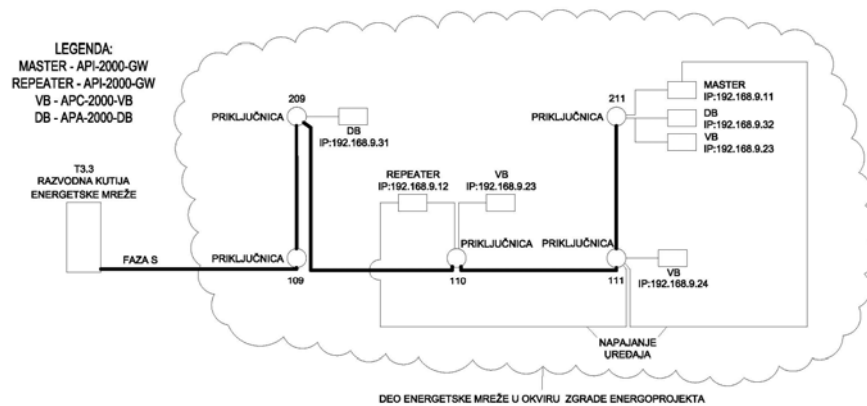
Slika 1. – Blok šema mreže za ispitivanje karakteristika kanala

Jednopolna šema povezivanja priključnica sa razvodne table je data na slici 2. Korišćene su četiri priključnice, sa kojih su uređaji povezivani putem produžnih kablova.

Pri povezivanju master uređaja vođeno je računa o tome da se povezivanje napajanja uređaja i mrežnog napojnog kabla za prenos podataka vrši na različitim priključnicama, prema slici 3.

4 REZULTATI MERENJA KARAKTERISTIKA KANALA PRENOSA

Merenja su u okviru objekta izvršena putem softverskog paketa za eksperimentalno merenje karakteristika kanala. Dobijeni su grafici u opsegu od 4 do 34MHz, pri čemu su učestanosti merenja date na x-osi, dok su na y-osi date vrednosti odnosa signal-šum u dB na pojedinim učestanostima merenja. Veća vrednost odnosa signal-šum predstavlja bolje uslove prostiranja signala, odnosno kroz dati podkanal (kanal nosioc na datoj učestanosti) je ostvariv protok višeg nivoa.



Slika 2. – Jednopolna šema priključnica u zgradi Energoprojekt



Slika 3. – Način povezivanja GW-a

Prema podacima dobijenim od strane proizvođača opreme, minimalni odnos signal-šum za ostvarivanje kvalitetne veze visokog protoka iznosi 24dB. Ipak, treba reći da je protok kroz PLC

mrežu, u okviru eksperimenta ostvaren i pri nižim vrednostima odnosa signal-šum u prenosnom kanalu.

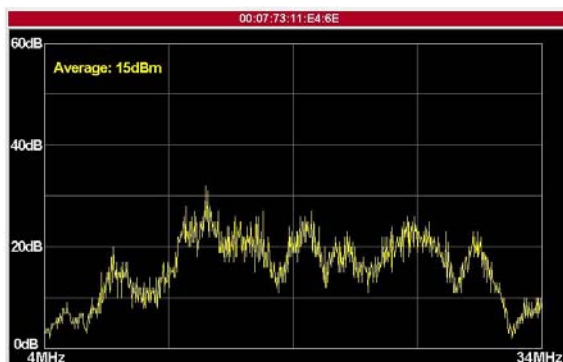
Izmerene vrednosti odnosa signal-šum u mreži, između master uređaja i ripitera, odnosno master uređaja i krajnjih uređaja su prikazane na slikama 4,5,6,7,8 i 9. Priloženi grafici predstavljaju zavisnost odnosa signal-šum u kanalu od učestanosti nosioca, pri čemu se prenos podataka može ostvariti po svakom od 1536 definisanih podnosioca u opsegu 4÷34MHz.

Sa slika se može primetiti varijacija odnosa signal-šum po učestanostima, odnosno između različitih uređaja priključenih na niskonaponsku mrežu. Varijacija koja je posledica različite učestanosti [3], može se primetiti na kanalu ostvarenom između udaljenijih uređaja, gde odnos signal-šum ima nižu vrednost na učestanostima ispod 10MHz i iznad 28MHz, dok je u međuopsegu nešto viša i približno konstantna.

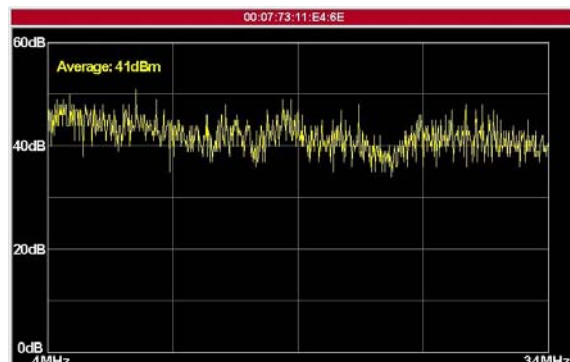
Varijacija odnosa signal-šum između mastera i pojedinih uređaja u mreži je posledica rastojanja između uređaja, što se može videti sa topologije date na slici 2. Može se videti da je najslabiji odnos signal-šum izmeren između mastera i uređaja DB-31, koji je najudaljeniji od master uređaja, kao i između master uređaja i ripitera. Rastojanje između datih uređaja, odnosno dužina naponskih vodova koji ih povezuju iznosi približno 30 metara.

Prema podacima dobijenim od strane proizvođača [4] spektralna gustina signala na određenoj učestanosti zavisi od odnosa signal-šum u prenosnom kanalu na toj učestanosti. Iz toga se može zaključiti da je ostvarivi protok po datom kanalu višeg ili nižeg intenziteta.

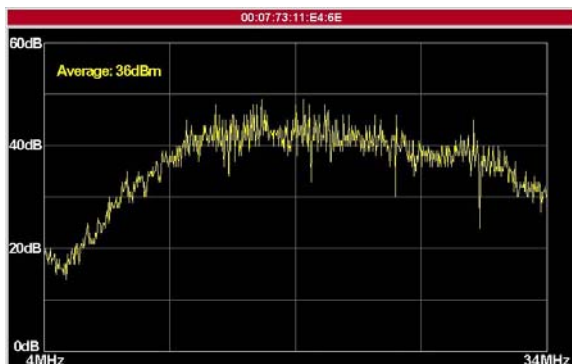
Na osnovu merenja, odnosno dobijenih rezultata. Zaključak je da je moguće ostvariti prenos podataka kroz niskonaponsku mrežu. Da bi mogućnost prenosa podataka bila utvrđena pristupljeno je merenju protoka kroz kanale ostvarene putem niskonaponske mreže.



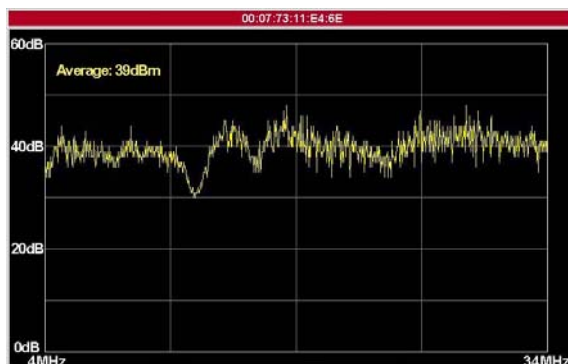
Slika 4. – Odnos signal-šum u kanalu master – ripiter



Slika 5. – Odnos signal-šum u kanalu master – vb-22



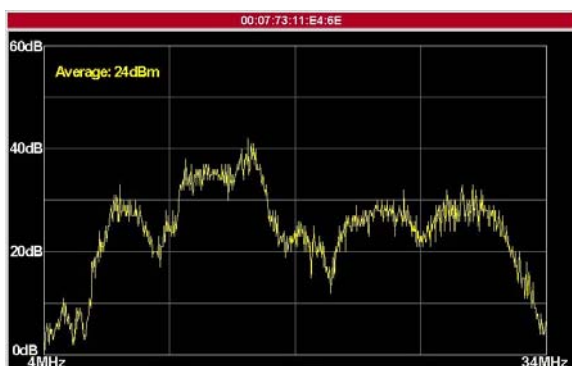
Slika 6. – Odnos signal-šum u kanalu master – vb-23



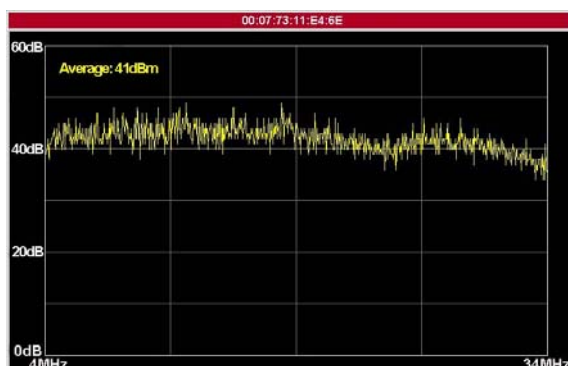
Slika 7. – Odnos signal-šum u kanalu master – vb-24

5 REZULTATI MERENJA PROTOKA KROZ MREŽU

Za merenje protoka ostvarenog prenosom podataka putem niskonaponske mreže uspostavljena je računarska mreža prikazana na slici 10. Dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima, koji su ostvareni merenjem protoka kroz identičnu računarsku mrežu ostvarenu putem UTP kablova. Za merenje protoka iskorišćen je prenos datoteke veličine 40MB između umreženih računara. Izmerene su vrednosti protoka u oba smeru, pri čemu će u radu biti prikazane vrednosti samo u jednom smeru za računarsku mrežu baziranu na UTP kablovima, jer nije primećena razlika u ostvarenom protoku kroz mrežu.

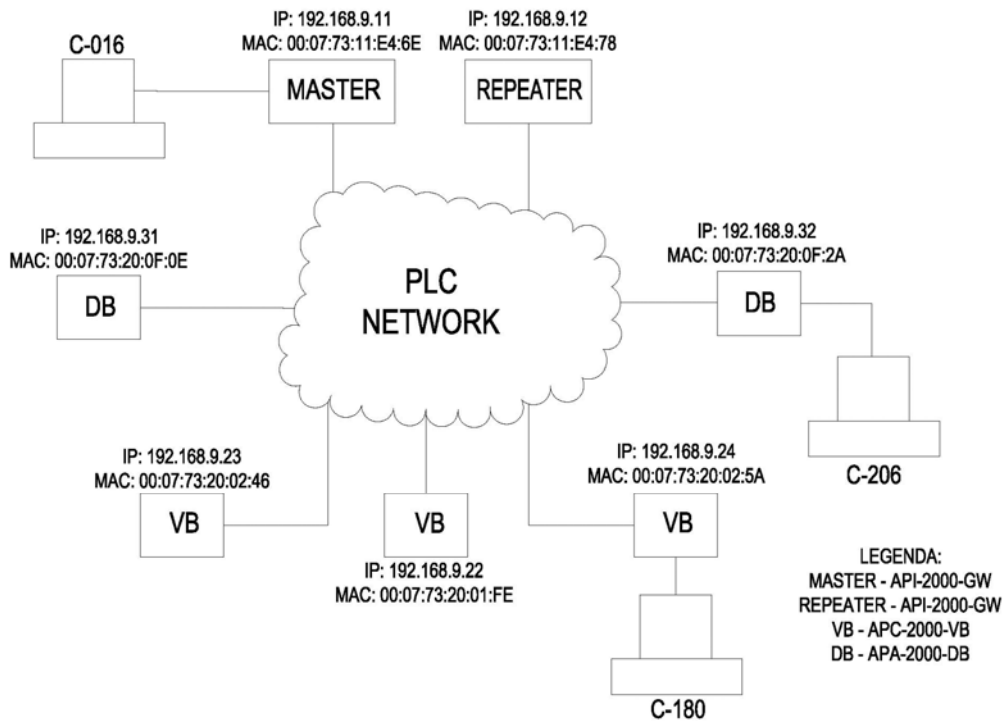


Slika 8. – Odnos signal-šum u kanalu master – db-31

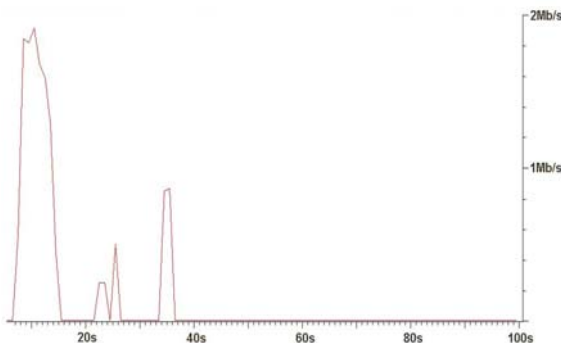


Slika 9. – Odnos signal-šum u kanalu master – db-32

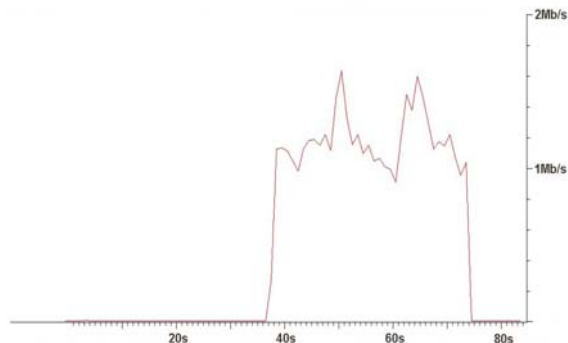
Rezultati merenja su prikazani na slikama 11, 12, 13, 14, 15 i 16. Y-osa na graficima predstavlja trenutni protok u vremenu, dok je na x-osi data vremenska osa. Vremenska osa se proteže od 0 do 100s, pri čemu je protok između datih računara u određenom vremenskom trenutku na x-osi, predstavljen vrednošću na y-osi. Sa slika se može primetiti da je pri prenosu podataka između korisničkog uređaja za prenos podataka i master uređaja ostvaren najmanji protok, pri čemu ima vidne oscilacije, ali u normalnom radu mreže nije primećena nepravilnost te vrste.



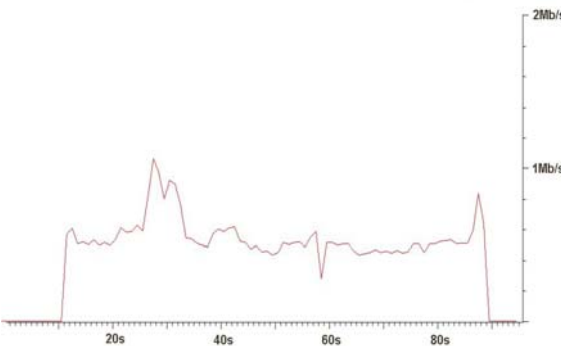
Slika 10. – Blok šema računara priključenih u računarsku mrežu



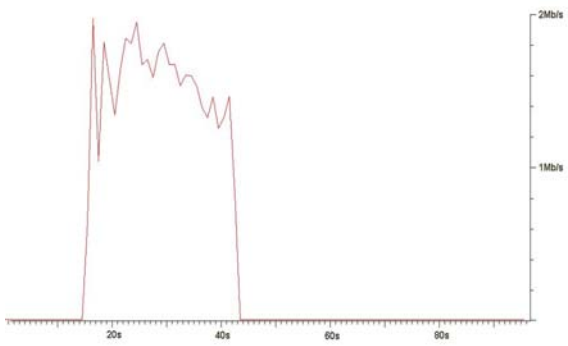
Slika 11. – Protok između računara C-016 i C-180 kroz niskonaponsku mrežu



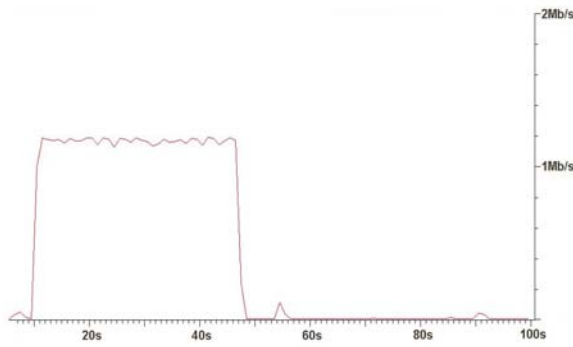
Slika 12. – Protok između računara C-180 i C-016 kroz niskonaponsku mrežu



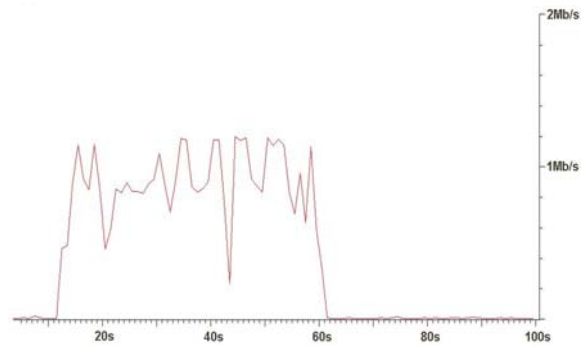
Slika 13. – Protok između računara C-206 i C-180 kroz niskonaponsku mrežu



Slika 14. – Protok između računara C-180 i C-206 kroz niskonaponsku mrežu



Slika 15. – Protok između računara C-180 i C-016 kroz 100BaseT mrežu

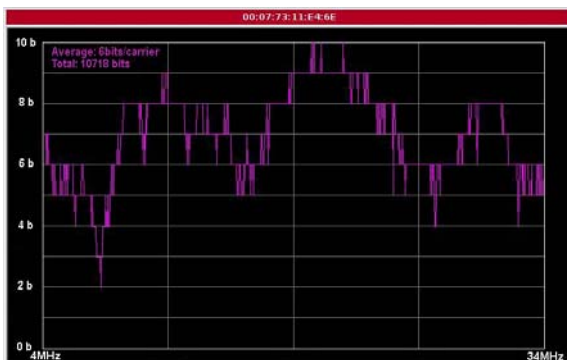


Slika 16. – Protok između računara C-180 i C-206 kroz 100BaseT mrežu

Poređenjem rezultata se može doći do zaključka da se nivo protoka kroz niskonaponsku mrežu ne razlikuje bitno u odnosu na mrežu uspostavljenu putem UTP kablova sa karticama baziranim na 100BaseT standardu. Bitna prednost niskonaponske mreže kao medijuma je što ne zahteva postavljanje nove kablovske infrastrukture, već koristi postojeću, u vidu niskonaponske mreže objekta.

6 UTICAJ OPTEREĆENJA MREŽE NA PROTOK PO KANALU PRENOSA

U okviru eksperimenta su izvršena merenja uticaja opterećenja naponske mreže na vrednost protoka po kanalu prenosa. Merenja su izvršena na sledeći način, prvo je izvršeno merenje trenutnog bitskog protoka bez opterećenja naponske mreže. U sledećoj fazi je na naponskoj utičnici gde se nalazi master priključen naponski potrošač, da bi u trećoj fazi dati naponski potrošač bio prebačen na utičnicu gde se nalazi korisnički uređaj. Rezultati merenja u vidu grafika trenutnog bitskog protoka po kanalu između mastera i korisničkog uređaja VB-23 su dati na slikama 17, 18 i 19.



Slika 17. – Bitski protok između master i vb-23 bez naponskog opterećenja



Slika 18. – Bitski protok između master i vb-23 sa naponskim opterećenjem kod mastera



Slika 19. – Bitski protok između master i vb-23 sa naponskim opterećenjem kod vb-23

Sa priloženih grafika se može videti da je uticaj naponskog opterećenja veći ukoliko je opterećenje priključeno pored master uređaja, u odnosu na opterećenje priključeno pored korisničkog uređaja.

7 SLEDEĆA FAZA EKSPERIMENTA

Merenja, opisana u radu, su vršena na kanalu za prenos podataka ostvarenom između faznog i neutralnog provodnika niskonaponske mreže objekta. Sledeći korak u ispitivanju bi trebao biti merenje karakteristika kanala između neutralnog i zaštitnog provodnika niskonaponske mreže. Prednosti uspostave komunikacionog kanala putem neutralnog i zaštitnog provodnika ogledaju se u stabilnosti mreže, jer mreža ne zavisi od trenutnih položaja prekidača i osigurača u mreži, mogućnosti priključenja uređaja nezavisno od rasporeda faznih provodnika u okviru objekta i nižem nivou snaga šuma i smetnje u odnosu na kombinaciju faznog i nultog provodnika.

Zaštitni provodnik se uvodi u okviru objekta i na njega se priključuju elementi uređaja dostupni dodiru, a koji bi mogli doći pod napon i ugroziti bezbednost korisnika.

ZAKLJUČAK

Posle izvedenih merenja na niskonaponskoj instalaciji u okviru poslovne zgrade Energoprojekta, može se zaključiti da postoji potencijal za prenos signala putem niskonaponske mreže.

Prenos podataka u okviru kancelarije je funkcionisao na zavidnom nivou, i očekuje se da prenos podataka po kombinaciji neutralnog i zaštitnog provodnika bude još bolji.

8 LITERATURA

- [1] - Merenje karakteristika sistema za prenos podataka putem PLC mreže, Dr Nenad Simić, Mr Jasmina Mandić-Lukić, Darko Pokorni, Telfor Novembar 2007, Beograd
- [2] Merenje karakteristika naponske mreže pri prenosu podataka, Elaborat, Ministarstvo za Nauku i zaštitu životne sredine, Projekat – Razvoj tehničkih uređaja za upravljanje potrošnjom električne energije u domaćinstvu, evidencioni broj 250012, Maj 2007
- [3] - Broadband Powerline Communication – Network Design, Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine, Ralf Lehnert – John Wiley and Sons Ltd., 2004
- [4] Powerline Communications, Klaus Dostert – Prentice Hall, 2001
- [5] - Model propagacije signala u razdjelnim elektroenergetskim mrežama u frekvencijskom području od 5 do 30 MHz, Dr. Sc. Dubravko Sabolić, Zagreb, Energija 4, 2005, HEP
- [6] - www.currenttechnologies.com
- [7] - Load profile and communication channel characteristics of the low voltage grid, Lars Selander, Tonny Mortensen, Goran Lindell, Proc. DistribuTECH DA/DSM Europe 98, London, U.K., 1998.

9 SKRAĆENICE

PLC	-	Power Line Communication
MAC	-	Media Access Control
HTTP	-	HyperText Transfer Protocol
UTP	-	Unshielded Twisted Pair

Abstract:

Data transfer through power line communication network was tested in Energoprojekt building. Power line communication network was realized through line and neutral conductor. Based on attained results, powerline communication network is a good way to make a home network using low voltage cable infrastructure, without a need to install a new UTP cables, dedicated for a home network. The subject paper presents characteristics of powerline network as a telecommunication infrastructure for transfer of data. Existing powerline network in Energoprojekt building is used for the measurement, which is conducted in frequency band from 2 to 34MHz for the powerline network characteristics. As well, the feasible capacity is measured through powerline LAN network and UTP LAN network, during the transfer of 40MB sized file. Measured values are compared and results are presented in the paper. Test of data transfer through powerline network realized through neutral conductor and protection earth is planned in next phase.