

Rezultati ispitivanja niskonaponskih mreža u funkciji prenosa širokopojsnih signala

Jasmina Mandić Lukić, Nenad Simić, Nedžad Hadžiefendić

Sadržaj — Predmet rada je prezentacija rezultata daljih istraživanja karakteristika elektroenergetskih niskonaponskih mreža i instalacija u ulozu medijuma prenosa širokopojsnih multimedijalnih i informatičkih signala u opsegu frekvencija 1 – 30 MHz. Rezultati prethodnih istraživanja prezentirani su u [1], [2] i [3]. U okviru sadašnjih istraživanja izvršeni su izbor i dalja razrada postupka za merenja transmissionih parametara mreža i instalacija, kao i prirode i intenziteta prisutnih šumova i smetnji. Izvršena su merenja instalacija u odabranim objektima. Na osnovu rezultata merenja definisane su optimalne konfiguracije lokalnih mreža u poslovnim i stambenim objektima.

Ključne reči — niskonaponske mreže i instalacije, prenos signala

I. UVOD

Predmet rada je prezentacija rezultata daljih istraživanja karakteristika elektroenergetskih niskonaponskih mreža i instalacija u ulozu medijuma prenosa širokopojsnih multimedijalnih i informatičkih signala u opsegu frekvencija 1 – 30 MHz. Prethodna i tekuća istraživanja vršena su u okviru istraživačkog programa „Unapređenje sistema i razvoj tehničkih uređaja za prenos informatičkih i multimedijalnih signala posredstvom elektroenergetskih instalacija i niskonaponskih mreža“ koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj. Rezultati prethodnih istraživanja prezentirani su u redovnim godišnjim izveštajima i publikovani su u radovima [1], [2] i [3]. U okviru tekućih istraživanja definisani su zahtevi koje treba da ispunjava merna oprema za ispitivanje i zaključeno, kao optimalno rešenje, da te funkcije izvršavaju komunikacioni uređaji, opremljeni posebnim programskim sadržajima. Kao karakteristični objekti za vršenje ispitivanja odabrane su zgrade Tehničkih fakulteta i Energoprojekta.

U ovom radu prikazani su i komentarisani odabrani rezultati izvršenih merenja. Na osnovu rezultata merenja definisane su optimalne konfiguracije lokalnih mreža u poslovnim i stambenim objektima.

Jasmina Mandić Lukić, Energoprojekt-Entel, Bulevar Mihaila Pupina 12, Beograd (telefon: 011-3101-230; E-mail: jmlukic@ep-entel.com)
Nenad Simić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd (telefon: 011-3443-825; E-mail: nenad.simic@beotel.net)
Nedžad Hadžiefendić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd (telefon: 011-3218-328, E-mail: nedžad@etf.rs)

II. IZBOR MERNOG POSTUPKA

Specifičnosti niskonaponskih instalacija u ulozu komunikacionih medijuma, koje su uslovile primenu odgovarajućih telekomunikacionih uređaja i sistema, postavljaju iste zahteve i za merne opreme, kojima se vrše ispitivanja njihovih karakteristika. Drugim rečima, neophodno je da se za ova ispitivanja primenjuju odgovarajući merni postupci, odnosno da merni uređaji, u toku ispitivanja instalacija, treba da funkcionišu na isti način kao komunikacioni uređaji u toku redovne eksploatacije. Očigledno je optimalno rešenje da se sami komunikacioni uređaji, opremljeni posebnim programskim sadržajima, osposobe za merne funkcije.

Za merenja karakteristika instalacija u ovoj fazi rada na projektu, korišćeni su standardni komunikacioni uređaji firme CURRENT Technologies International, opremljeni odgovarajućim programskim paketom za merenja na mrežama i instalacijama.

Sistemske karakteristike ovih uređaja su sledeće:

- nominalni frekvencijski opseg 2 – 34 MHz;
- radni frekvencijski opsezi 10, 20 ili 30 MHz, unutar nominalnog opsega;
- sistem modulacije OFDM sa širinom podopsega približno 20 kHz;
- maksimalni binarni protok u fizičkom sloju 205 Mbit/s;
- standardna sprega sa okruženjem 10/100 Mbit/s, Ethernet.

Standardne garniture za formiranje manjih i srednjih lokalnih mreža sačinjavaju centralni uređaj (master), regenerator (repeater), jedan ili više njih i potreban broj terminalnih uređaja, konstruisanih za različite namene. Za funkcije centralnog uređaja i regeneratorske koriste se isti HW uređaji, odgovarajuće programirani za jednu ili drugu funkciju.

Za merenje na instalaciji koja sadrži master uređaj i više terminalnih potrebno je da na master bude priključen računar sa odgovarajućim programskim paketom, preko koga se vodi ceo proces. Pozivom adrese izabranog terminala uspostavlja se komunikacija sa masterom i inicira se merenje određene karakteristike. Rezultati svih merenja prikazuju se u vidu dijagrama zavisnosti merene veličine kao funkcije frekvencije, u definisanom frekvencijskom opsegu. Korišćeni programski paket podržava sledeća merenja:

- Nivo snage signala na ulazu prijemnog uređaja, odnosno slabljenje signala na trasi, pri poznatoj snazi predajnika,
- Odnos signal – šum na ulazu prijemnog uređaja,

- Nivo snage šuma i smetnji na ulazu prijemnog uređaja,
- Raspodelu binarnih protoka između signala nosilaca u podopsezima
- Vrednost ukupnog binarnog protoka u vezi, u funkciji vremena.

III. PRIKAZ ANALIZIRANIH INSTALACIJA

Prema programu istraživanja, merenja karakteristika instalacija u odabranim poslovnim objektima, vršena su zgradama Energoprojekta i Elektrotehničkog fakulteta. Ovakvo opredeljenje je posledica odluke da se merenjima obuhvati jedna starija zgrada, zgrada Tehničkih fakulteta i jedna novija, Energoprojekt.

U zgradi Energoprojekta instalacija je strukturirana u dva nivoa. Prvi nivo je razvođenje po lamelama i spratovima, zaključno sa spratnim razvodnim ormanima. Na svakom spratu, o okviru jedne lamele, postoje po dva spratna razvodna ormana, koji ujedno imaju i funkcije razvodnih tabli, od kojih se instalacija grana po prostorijama, što predstavlja drugi nivo. Jednopolna šema instalacije koja pripada jednom spratnom razvodnom ormanu prikazana je na sl. 1.

Master uređaj je uvek bio uključen na utičnicu u uokvirenoj prostoriji na levoj strani slike a terminali su priključivani na razne utičnice u instalaciji. Dužine provodnika na kojima su vršena merenja bile su od 5 metara do 65 metara.

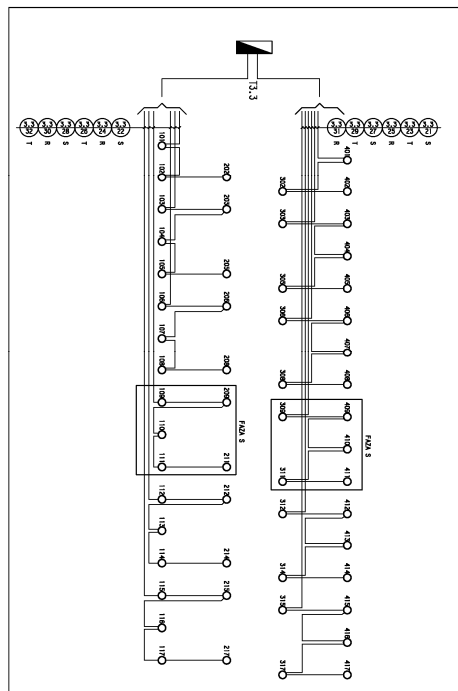
U toku merenja master uređaj je naizmenično priključivan u sprege N – PE i L – N dok su terminali uvek bili u sprezi L – N (značenje oznaka: N – neutralna žila, PE – zaštitna žila i L – fazna žila).

IV. REZULTATI MERENJA

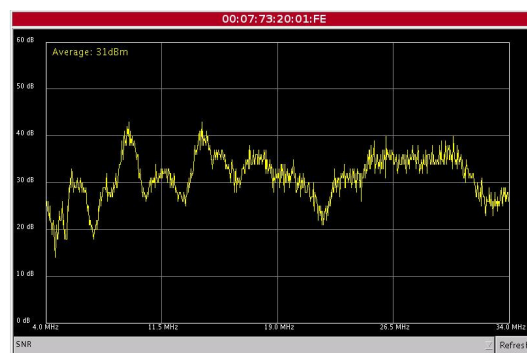
Rezultati merenja prezentirani su u vidu dijagrama zavisnosti merene veličine u funkciji frekvencije, unutar opsega 2 – 34 MHz. Kao veličina koja presudno utiče na mogućnost održavanja i kvalitet komunikacije prikazan je odnos snaga signala i šuma na ulazu prijemnika. U daljem su prikazani reprezentativni rezultati ovih merenja.

Kao prvi izloženi su rezultati merenja između dve utičnice, gde je dužina provodnika bila 18 metara. Oba uređaja priključena su u sprezi L – N. Sl. 2 prikazuje zavisnost odnosa signal-šum na ulazu prijemnika u navedenom frekvencijskom opsegu.

Za ocenu mogućnosti održavanja i kvaliteta veze presudan podatak je odnos signal – šum. Gotovo svi proizvođači garantuju pune performanse njihovih sistema ako je odnos signal – šum najmanje jednak 18 dB u 80 % frekvencijskog opsega (ovde je naveden jedan od najstrožijih kriterijuma, nađenih u literaturi). Prikazani dijagram pokazuje da je u oko 95 % frekvencijskog opsega odnos signal-šum bolji od 20 dB, što obezbeđuje vrlo visok kvalitet veze.

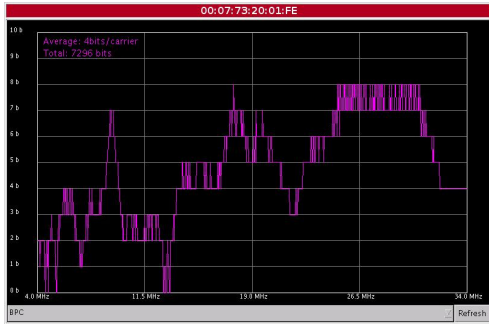


Sl. 1. Jednopolna šema instalacije spratnog razvodnog ormana T 3.3.



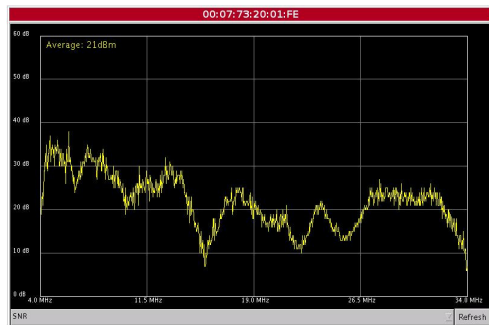
Sl. 2. Odnos signal - šum na ulazu prijemnika u zavisnosti od frekvencije (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-60dB)

Pored ovog dijagrama merenjima su dobijeni i podaci o raspodeli binarnog protoka po OFDM podnosiocima. Ovaj dijagram je prikazan na sl. 3. Poređenje sl. 2 i 3 pokazuje najznačajniji kvalitet OFDM prenosa: u podopsezima frekvencijskog opsega u kojima je odnos signal šum maksimalan, podnosiocima je dodeljen maksimalan binarni protok.



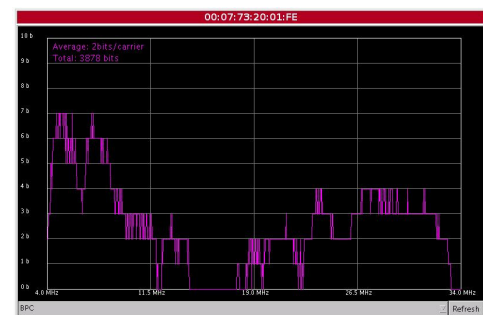
Sl. 3. Dijagram raspodele binarnog protoka po OFDM podnosiocima (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-10 bits/carrier)

Kao sledeći reprezentativni dijagram dat prikaz rezultata merenja na najnepovoljnijoj trasi, gde je ukupna dužina provodnika između uređaja iznosila oko 65 metara, s tim da se približno na sredini trase nalazio razvodni orman.



Sl. 4. Odnos signal - šum na ulazu prijemnika u zavisnost od frekvencije na trasi dužine 65 metara (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-60dB)

Na dijagramu na sl. 4 prepoznaju se tri oblasti. Do frekvencije oko 15 MHz, odnos signal – šum je iznad 20 dB, što odgovara povoljnim uslovima prenosa. Od te frekvencije pa do približno 26 MHz, taj odnos varira između 10 dB i 20 dB što predstavlja zonu nepouzdanog rada. Iznad te granice odnos signal-šum neznatno prevazilazi 20 dB, što dozvoljava pouzdan rad.



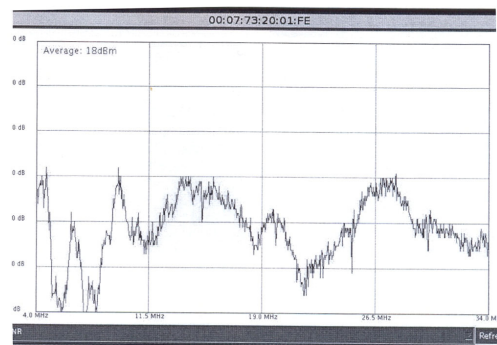
Sl. 5. Dijagram raspodele binarnog protoka po OFDM podnosiocima (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-10 bits/carrier)

Ova konstatacija ima potvrdu na dijagramu na sl. 5. U zoni do oko 15 MHz podnosiocima je dodeljen visok binarni protok, koji se postepeno smanjuje ka navedenoj granici. Iznad te granice pa približno do 26 MHz protok je znatno smanjen, a mestimično ga i nema. Iznad 26 MHz protok je približno ravnomerno raspodeljen po podnosiocima, ali sa manjim vrednostima nego u prvoj zoni, što je u potpunosti u korelaciji sa vrednostima odnosa signal-šum.

Takođe su značajni rezultati dobijeni pri merenjima na instalacijama u zgradi Elektrotehničkog fakulteta. Merenja su vršena na segmentu instalacije koji obuhvata kabinete 84 i 85, kao i razvodnu tablu 34, na koju su spojena oba kabineta. Približno određene dužine provodnika između razvodne table i priključaka u kabinetima iznose po 20 metara, odnosno ukupna dužina između priključaka u kabinetima je oko 40 metara.

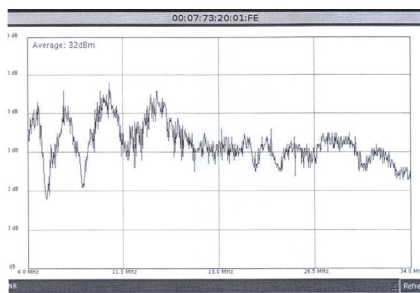
Glavni ciljevi ovih merenja bili su poređenje uslova prenosa pri spregama L – N i N – PE, kao i provera mogućnosti izbegavanja nepovoljnih uticaja niskih impedansa razvodnih tabli lociranjem mastera ili regeneratora u njihovoj neposrednoj blizini.

Prva grupa merenja vršena je na trasi između kabineta 84 i 85, tako što su oba terminala priključeni na provodnike iste faze, u sprezi L – N. Rezultati su prikazani na sl.6. Zapažaju se velike varijacije odnosa signal- šum s tim da te vrednosti u znatnom delu frekvencijskog opsega padaju ispod 18 dB. Isto merenje ponovljeno je kada su terminali priključeni na razne faze i pod tim uslovima komunikacija nije bila moguća.

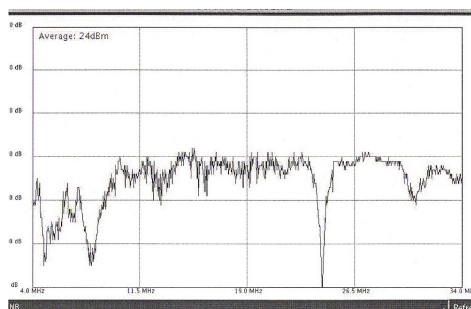


Sl. 6. Odnos signal-šum na trasi: kabineti 85 – 84, sprega L – N (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-60dB)

Druga grupa merenja vršena je na trasama između razvodne table i kabineta 84 i 85. Uređaj uz razvodnu tablu priključen je u sprezi N – PE a terminali u kabinetima u sprezi L – N. Rezultati su prikazani na sl. 7 i 8. Treba napomenuti da su sva merenja ponavljana za sprege terminala na razne faze i da su se dobijeni rezultati razlikovali najviše za +/- 1 dB.



Sl. 7. Odnos signal-šum na trasi : razvodna tabla RT 34 (sprega N – PE) – kabinet 84 (sprega L – N) (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-60dB)



Sl. 8. Odnos signal-šum na trasi : razvodna tabla RT 34 (sprega N – PE) –kabinet 85 (sprega L – N) (vrednosti na apscisi: 4MHz-34MHz, vrednosti na ordinati: 0-60dB)

Konačno, izvršeno je merenje između terminala u kabinetima 84 i 85 s tim da je uređaj uz razvodnu tablu vršio funkciju regeneratora. Dobijeni rezultati su gotovo identični sa rezultatima sa trase RT 34 – kab. 85 , što je logično, ta trasa kao nepovoljnija određuje kvalitet cele veze. Takođe su i pri ovim merenjima terminali u kabinetima 84 i 85 priključivani sukcesivno na različite faze, ali to nije imalo nikakav uticaj na performanse veze. Poređenje dijagrama odnosa signal-šum pokazuje izrazitu superiornost varijante sa regeneratom. U direktoj vezi, odnos signal-šum prevazilazi zahtevanu vrednost 18 dB u manje od 50 % frekventijskog opsega, dok je u varijanti sa regeneratom taj zahtev je ispunjen u 90% opsega.

V. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata detaljnih analiza uslova prostiranja signala, kao i efekata preslušavanja uz obimne eksperimentalne verifikacije, proizašli su zaključci od kojih su neki već ranije izloženi, ali se zbog svog značaja ovde ponavljaju u celini.

- Potvrđena je opravdanost ranije usvojenog opredeljenja da se za prenos signala kroz instalacije primenjuje sprega N – PE kada god je to moguće, zbog dokazanih prednosti u pogledu prostiranja signala i uticaja šumova i smetnji;
- nepovoljan uticaj razvodnih tabli (ili razvodnih ormana) može se efikasno izbeći ako se masteri

ili regeneratori lociraju neposredno uz njih; ti uređaji treba da budu u sprezi N – PE kako bi cela trofazna instalacija bila ravnomerno pokrivena;

- Utvrđeno je da je, zbog vrlo malog slabljenja preslušavanja između žila u provodnicima, moguća komunikacija između uređaja koji su priključeni različitim spregama. To dozvoljava da se master i regeneratorski uređaji uvek priključuju u sprezi N – PE, dok terminali mogu da budu ili u istoj ili u L – N sprezi [4].

LITERATURA

- [1] J.M. Lukic, D. Pokorni and N. Simic, “Characteristics of Low – Voltage Installations as Transport Medium in Office Buildings”, XLIV International scientific conference on information, communication and energy systems and technologies, Nis, Serbia, June 25.-27., 2008.
- [2] J.M. Lukic, B. Milinkovic, N. Simic and N. Hadziefendic, “Presentation of the Results of Measuring Characteristics of Power Line Installations in the Signals Transmission”, XLV International scientific conference on information, communication and energy systems and technologies, Veliko Tarnovo, Bulgaria, June 25.-27., 2009.
- [3] J.M. Lukic, N. Hadziefendic, N. Simic, “Elektroenergetske instalacije kao telekomunikacioni transmisioni medijum”, 17. Telekomunikacionio forum TELFOR 2009, Beograd, Srbija, Novembar 24.-26., 2009.
- [4] Unapređenje sistema i razvoj tehničkih uređaja za prenos informatičkih i multimedijalnih signala posredstvom elektroenergetskih instalacija i niskonaponskih mreža, Istraživački projekat Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, Elektrotehnički fakultet univerziteta u Beogradu, 2010.
- [5] “White paper on medium voltage powerline communication (PLC) networks”, CIGRE, Working Group D2.14, December, 2005.
- [6] “Broadband PLC Applications”, CIGRE, Study Committee D2, Group Nr: WG D2.21, October, 2008.

ABSTRACT

The scope of this paper is to present measured characteristics of low voltage networks and installation, when they function as broadband multimedial and IT transport medium, within the frequency band 1-30 MHz. Previous test results are given in [1], [2] and [3].

Concerning measurement of transmission parameters on low voltage networks, as well as nature and intensity of present noises and disturbances, the procedures are chosen and further elaborated. According to measured results, optimal configuration of local networks in business and residential buildings is defined.

RESULTS OF MEASUREMENTS ON LOW VOLTAGE NETWORKS AS BROADBAND TRANSPORT MEDIUM

J. Mandic-Lukic, N.Simic and N. Hadziefendic