



KATEGORIZACIJA ELEKTRODISTRIBUTIVNIH VODOVA ZA PRUŽANJE ŠIROKOPOJASNIH TELEKOMUNIKACIONIH SERVISA

Igor R. Vujičić

Meter&Control d.o.o, Beograd

Abstract:

U radu je predstavljena analiza odgovarajućih tipova i karakteristika elektroenergetskih vodova koji su u eksploataciji u elektrodistributivnim mrežama u Srbiji. Pored toga, prikazan je i opšti uticaj karakteristika elektrodistributivnog voda na prenos telekomunikacionih signala u megahercnom frekvencijskom opsegu. Na osnovu izloženih analiza predložen je scenario testiranja i merenja koja je potrebno izvršiti u cilju verifikacije karakteristika PLC tehnologije koja će se primeniti na definisanim tipovima vodova, sa aspekta: mogućnosti integracije različitih tipova usluga na nivou pristupa korisnicima, QoS parametara u PLC mreži i elektromagnetnih uticaja. Rezultati predloženih merenja će doprineti utvrđivanju primenljivosti niskonaponske mreže elektrodistributivnih preduzeća u Srbiji za realizaciju širokopojasne PLC mreže.

Key words:

distributivni vodovi niskog napona,
širokopojasne usluge,
PLC komunikacija,
slabljenje,
impedansa,
kvalitet usluge.

UVOD

Liberalizovano tržište telekomunikacija na kome su elektrodistributivne kompanije našle svoj interes u pružanju telekomunikacionih usluga (obzirom da poseduju sopstvenu telekomunikacionu infrastrukturu i da su interno obezbeđivale različite telekomunikacione servise kao podršku svojoj osnovnoj delatnosti), s jedne strane, i procesi deregulacije i liberalizacije tržišta električne energije, s druge strane, ubrzali su razvoj PLC (*Power Line Communication*) tehnologije [1]. PLC tehnologija koristi elektrodistributivne vodove kao medijum za prenos telekomunikacionih signala. Istraživanja u ovoj oblasti su poslednjih nekoliko godina veoma intenzivirana u nameri da PLC tehnologiju pozicioniraju kao ekonomičnu alternativu za širokopojasni pristup telekomunikacionim uslugama, koja je u pogledu kvaliteta servisa (QoS) konkurentna ostalim tehnologijama u pristupnoj ravni zasnovanih na žičnom ili bežičnom pristupu.

Dakle, PLC tehnologija koristi niskonaponsku (NN) elektrodistributivnu mrežu za lokalni pristup do krajnjeg korisnika. NN mrežu čine NN vodovi, i ostali elementi mreže (NN ćelije trafostanice, stubovi, spojnice, ovesna oprema, kablovske završnice, osigurači, ...) koji povezuju sekundar transformatora u SN/NN trafostanici (transformacija sa srednjeg napona: 20 ili 10 kV, na niski napon: 0,4 kV) do objekta korisnika usluge (merni orman, odnosno merno mesto kod korisnika).

Prema mestu primene, osnovna podela elektrodistributivnih NN vodova je na nadzemne vodove (na stubovima, ili fasadama-krovovima objekata) i podzemne vodove. U zavisnosti od kategorije navedene podele vodova zavisi

i složenost i način realizacije elektrodistributivne mreže, a samim tim i PLC mreže, jer PLC mreža koristi njenu infrastrukturu. Podela vodova na nadzemne i podzemne je najgrublja podela. U obe kategorije vodovi se dalje mogu podeliti u zavisnosti od materijala unutrašnjih provodnika od kojih se formira NN vod (bakar ili aluminijum), poprečnog preseka, izolacionog omotača voda, konstrukcije morfologije (uvrnuti ili paralelni provodnici), i sl. Činjenica je da je u okviru elektrodistributivne mreže u bilo kom području u eksploataciji veći broj različitih tipova vodova, koji znatno usložnjavaju ili onemogućuju determinističku studiju određivanja karakteristika prenosa telekomunikacionih signala preko elektrodistributivne mreže. U skladu sa navedenim, neophodno je sagledati modele i izvršiti merenje propagacionih karakteristika svake od vrste i kategorije vodova kroz vrednosti slabljenja signala po jediničnoj dužini voda.

ANALIZA TIPOVA NISKONAPONSKIH VODOVA ZA PRIMENU U PRISTUPNOJ TELEKOMUNIKACIONOJ RAVNI

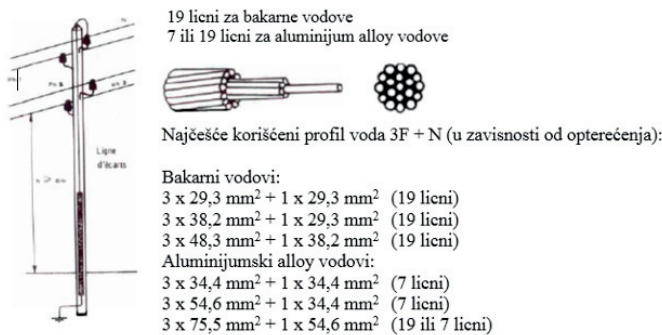
Niskonaponska mreža predstavlja deo elektrodistributivne mreže koji se koristi za prenos električne energije od NN izlaza SN/NN trafostanice do kupaca električne energije, odnosno njihovih objekata, realizovan nadzemnim ili podzemnim vodovima. Broj NN izlaza trafostanice zavisi od topologije mreže, urbanističkih planova, gustine naseljenosti područja, itd. U odnosu na fizičku strukturu u performanse NN vodova, kao infrastruktura za realizaciju PLC mreže mogu se koristiti sledeće vrste vodova:



Nadzemni vodovi

Generalno, nadzemni NN vodovi se koriste u područjima relativno niske gustine naseljenosti, ili gde se energijom napajaju individualni objekti, gde sa stanovišta troškova nije opravdano korišćenje podzemnih vodova. Postoje, i u praksi se mogu naći, dve vrste nadzemnih vodova: neizolovani i izolovani nadzemni vodovi.

Na sl. 1. je ilustrovana primena i struktura neizolovanih NN vodova. Na stubovima su montirana po četiri potporna izolatora na koje se pričvršćuju isprepleteni neizolovani provodnici (užad). Uže se sastoji od sedam ili više žica použenih u koncentričnim slojevima. Sve žice u užetu imaju isti nazivni prečnik. Oko središnje žice, zavisno od preseka užeta, nalaze se 1 do 4 sloja žica. Susedni slojevi imaju suprotne smerove použavanja, s tim da spoljni sloj ima desni smer.



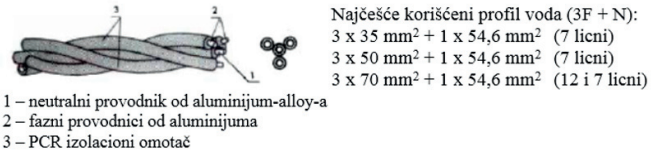
Sl. 1. Neizolovani nadzemni niskonaponski vodovi

Gornji provodnik na stubu je neutralni provodnik, dok su donja tri provodnika fazni provodnici. Od materijala, u eksploataciji su bakarni provodnici, mada se u poslednjih nekoliko godina intenzivno koriste provodnici od legura aluminijuma.

U poslednje vreme se kod izrade novih priključaka, ili prilikom rekonstrukcije mreže, koriste uobičajeno izolovani vodovi. Međutim, realno stanje na terenu podrazumeva ipak visoku zastupljenost i neizolovanih vodova, naročito u prigradskim i ruralnim područjima.

Izolovani nadzemni vodovi se koriste u NN mrežama zbog ekonomskih i tehničkih prednosti u odnosu na vodove realizovane neizolovanim provodnicima. Prednosti su: veća bezbednost, manji pad napona po dužini voda, smanjenje rizika od požara u šumskim područjima, manju visinu stubova, mogućnost pričvršćivanja na fasade objekata gde je potrebno izbeći korišćenje stubova u gradskim područjima, jednostavnije i bezbednije održavanje mreže, itd. Svakako, izolovani nadzemni vodovi se primarno montiraju na stubove, u kom slučaju nisu potrebni izolatori, već odgovarajuća ovesna oprema.

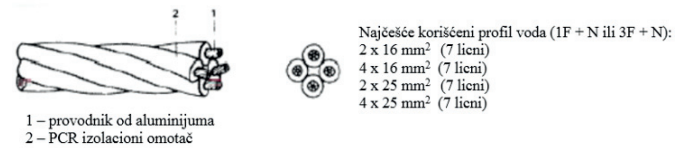
Sa druge strane, glavni nedostaci izolovanih vodova su: niža granica pregrevanja izolacionih slojeva u slučajevima preopterećenja, i aktuelni preseki ovih vodova ograničavaju njihovu upotrebu u napajanje važnih, koncentrisanih centara potrošnje.



Sl. 2. Izolovani nadzemni niskonaponski vodovi

Sl. 2 ilustruje strukturu izolovanih nadzemnih vodova. Fazni provodnici su ukršteni oko neutralnog provodnika, koji je mehanički ojačan i služi kao noseći provodnik.

Od stuba koji je najbliži objektu kupca, napajanje objekta se vrši drugim tipom nadzemnog voda (ilustrovanim na sl. 3.). U zavisnosti od toga da li je kućni priključak monofazni li trofazni, strukturu tog napojnog voda čine 2 (1 faza i nula) ili 4 (3 faze i nula) izolovana ukrštena provodnika.



Sl. 3. Nadzemni vod za kućni priključak

Korišćenje neizolovanih NN vodova u telekomunikacione svrhe može biti ograničeno zbog intenzivnijeg VF zračenja u odnosu na zračenje izolovane vodove. Naime, pri prenosu VF signala kroz nadzemne vodove, vodovi se ponašaju kao antene, čije je zračenje smetnja za druge sisteme koji rade u istom frekvencijskom spektru. Ovo zračenje je izraženije kod neizolovanih nadzemnih vodova. U svakom slučaju, pomenuto zračenje ograničava predajnu snagu PLC signala. Zbog ograničenja predajne snage PLC sistem postaje osetljiviji na smetnje koje su prisutne u NN mreži. Navedeni uslovi čine odnos signal-šum veoma važnim faktorom u prenosu telekomunikacionih signala NN vodovima. Pored toga, može se očekivati da VF signali mogu imati veće slabljenje pri prenosu preko izolovanih NN vodova.

Podzemni vodovi

Postoje najčešće dve forme kablova koje se koriste za podzemne linije: forma sa tri središnja fazna provodnika sa perifernim neutralnim provodnikom, i forma sa četiri središnja provodnika. Razlika je u izvedbi neutralnog provodnika.

U prvom slučaju, neutralni provodnik je izveden kao koncentričan i obuhvata fazne provodnike. Materijal provodnika je aluminijum ili bakar.

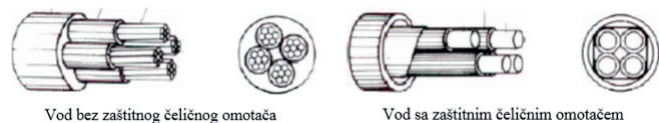
U slučaju kabla sa četiri središnja provodnika, fazni provodnici su kružno postavljeni (ilustrovano na Sl. 4.), dok je u nekim slučajevima i neutralni provodnik iste izvedbe kao i fazni te čine simetričnu 4-sektoru strukturu. [3]



Sl. 4. Četverožilni kabl



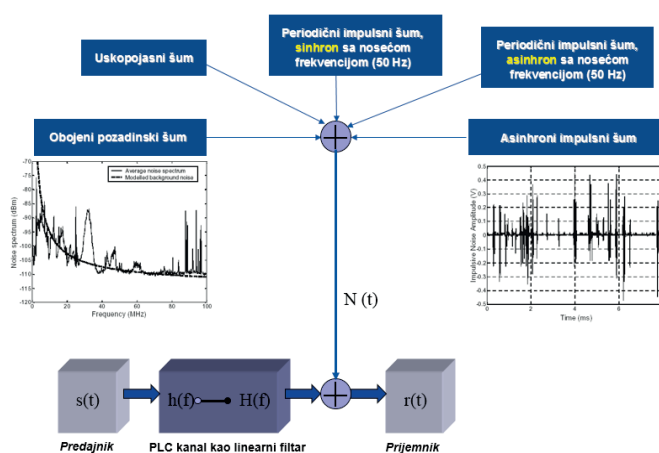
Za kućne priključke najčešće se koriste četverožilni središnji provodnici standardnih preseka $4 \times 16 \text{ mm}^2$, $4 \times 25 \text{ mm}^2$ ili $4 \times 35 \text{ mm}^2$. Provodnici su aluminijumski ili bakarni. Na sl. 5. je ilustrovana struktura kablova za oba slučaja, sa ili bez zaštitnog sloja (*screen*-a).



Sl. 5. Podzemni kablovi za kućni priključak

Sa aspekta emisije signala visoke frekvencije (VF), može se očekivati da upotreba podzemnih NN vodova može biti prikladnija za realizaciju PLC mreže, ali sa većim slabljenjem u odnosu na nadzemne NN vodove. Takođe, PLC link realizovan preko podzemnih NN vodova je generalno manje osetljiv na smetnje kao što je uskopojasni šum, koje se javljaju na mreži.

Obzirom da gore navedeni tipovi vodova, te i mreže koje su njima realizovane, nisu primarno namenjeni za prenos telekomunikacionih signala, već za prenos električne energije, postoji niz faktora koji otežavaju pouzdan prenos širokopojasnih telekomunikacionih signala preko NN vodova (odnosi se na frekvencije od 1 MHz do 30 MHz). Faktori koji najviše utiču na prenos širokopojasnih telekomunikacionih signala preko NN voda su prekomerni nivo šumova i slabljenje signala.



Sl. 6. Šumovi na niskonaponskom vodu

Karakteristike PLC kanala zavise od doba dana i područja na kome je mreža instalirana. Smetnje su uzrokovane brojnim nezavisnim izvorima šuma. Ukupni šum na širokopojasnom PLC kanalu se može opisati sumom pet tipova šuma (sl. 6.): obojeni pozadinski šum (na nižim frekvencijama, uskopojasni šum (na višoj frekvenciji – od broadcast stanica), periodični impulsni šum asinhron sa nosećom frekvencijom, periodični impulsni šum sinhron sa nosećom frekvencijom, i asinhroni impulsni šum [4].

Takođe, NN vodovi i njihovi međusobni spojevi (grananje mreže, prelazak sa nadzemnog na podzemni tip voda, spojevi različitih materijala vodova, različitih poprečnih preseka, itd.) su neprilagođeni sa stanovišta impedanse voda. Na svim tačkama prelaza i grananja nastaju mnogobrojne refleksije signala. Eho (višestruka propaga-

cija signala) rezultira frekvencijski selektivnom slabljenjem u funkciji prenosa na PLC linku koji je realizovan preko NN voda. Takođe, signal koji se prenosi slabi proporcionalno dužini voda i frekvenciji signala [4].

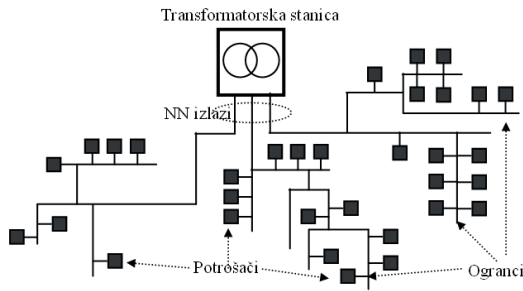
Dakle, prostiranje signala ne zavisi samo od tipa NN voda, već i od varijacije u vremenu i prostoru (kroz dužinu kablova) i od karakteristične impedanse na svakom kablova, a koja zavisi od uređaja koji se napajaju sa predmetnog NN voda. Ovo je specifična i suštinska karakteristika NN mreže kao komunikacionog medijuma: uređaji koje mreža napaja se stohastičko uključuju i isključuju, što uzrokuje trenutne varijacije karakteristika prostiranja signala, koje su više izraženije sa porastom rastojanja od trafostanice do objekta korisnika usluge.

U svrhu merenja karakteristika NN elektrodistributivne mreže kao komunikacionog kanala, kao što je slabljenje signala, impedansa mreže, itd., NN vodovi se mogu podeliti u 5 klasa u pogledu dužine: do 100 m, 200 m, 300 m, 400 m i preko 400 m (NN vodovi ne bi trebali biti duži od 400 m za optimalan prenos električne energije), iako u praksi postoji određen procenat i znatno dužih vodova (i do 1500 m), uglavnom u ruralnim područjima.

TOPOLOGIJA ELEKTRODISTRIBUTIVNE MREŽE NISKOG NAPONA

Niskonaponske mreže se grade u skladu sa postojećim standardima, (IEC standardi ili lokalni standardi, usklađeni sa IEC). Standardi definišu načine instaliranja različitih vrsta vodova i opreme u NN mrežama. Kao što je navedeno, mreže mogu biti realizovane nadzemnim vodovima ili podzemnim kablovima. Svaki od ovih tipova provodnika ima različite karakteristike za prenos telekomunikacionih signala. Pri izgradnji NN mreže koriste se i kombinovana rešenja (delom se koriste nadzemni, a delom podzemni vodovi, pa čak postoje i višestruki prelazi sa tipa na tip u okviru jednog NN izvoda). U opštem slučaju, NN mreže imaju radialnu topologiju (topologiju stabla), ali njihova struktura može biti različita i zavisi od lokacije i dužine mreže, gustine potrošača, i načina izvedbe mreže. Područja kojima se preko NN mreže isporučuje električna energija, mogu biti gradska - urbana, prigradska - suburbana, ili ruralna. Prema tipu potrošača, područja se mogu podeliti na pretežno rezidencijalna, poslovna ili industrijska. Svi ovi faktori utiču na topologiju i način realizacije NN mreže, ali i na topologiju i strukturu PLC mreže, i komunikacione zahteve potencijalnih korisnika PLC servisa.

Na sl. 7. predstavljena je jedna od mogućih struktura NN mreže. U opštem slučaju, postoji nekoliko grana mreže (NN izlaza iz transformatorske stanice) koji povezuju transformatorsku stanicu (TS) sa grupama korisnika. Svaka od grana može imati različitu strukturu i napajati različit broj korisnika. Koncentracija potrošača po delovima trafo-područja (područja koje napaja jedna TS), odnosno po NN izlazima, takođe može biti različita. Pored toga, raspodela potrošača po NN izlazima može biti simetrična ili asimetrična. NN izlazi, kao i celokupna mreža imaju topologiju stabla.



Sl. 7. Jedna od struktura niskonaponske elektrodistributivne mreže

Dakle, obzirom na raznolikost strukture elektrodistributivnih NN mreža, nije moguće definisati tipičnu strukturu NN mreže.

PARAMETRI KVALITETA USLUGE I KLASIFIKACIJA USLUGA

Topologija PLC mreže je veoma zavisna od topologije NN elektrodistributivne mreže, koja predstavlja infrastrukturu za realizaciju PLC sistema i ima veliki uticaj na kvalitet širokopoljasnih servisa. Međutim, organizacija PLC mreža za pristup može biti realizovana na različite načine, u zavisnosti od nekoliko faktora: pozicioniranja PLC bazne stanice (PLBS), načinu segmentiranja mreže, itd. [6]

Logička komunikacija kod PLC mreža za pristup se realizuje kao bus mreža, koja povezuje NTU (*Network Terminal Unit*) PLC modeme kod korisnika na okosnicu mreže preko PLC bazne stanice, odnosno PLC čvora u trafostanici (PLBS), pri čemu svi korisnici dele kapacitet transmissionog medijuma.

Za bilo koji tip NN voda, i bez obzira na topologiju NN mreže na kojoj se realizuje širokopoljaska PLC mreža, može se očekivati da će korisnik zahtevati najmanje isti kvalitet koje nude i konvencionalne telekomunikacione tehnologije za pristup (DSL, CaTV, PSTN, Wireless).

IP infrastruktura širokopoljaska PLC mreže može da podrži realizaciju raznovrsnih telekomunikacionih usluga. Ovi potencijalni tipovi usluga se razlikuju u pogledu zahteva vremenske tačnosti, konstantnosti bitske brzine, i tipu konektivnosti. [2]

Za usluge u realnom vremenu, kao što je VoIP ili prenos videa uživo (live video konferencija) kritičan uslov je vremenska tačnost. Kvalitet ovih usluga u velikoj meri može biti pogoršan uticajem kašnjenja (*Delay*) i džitera (*Jitter*).

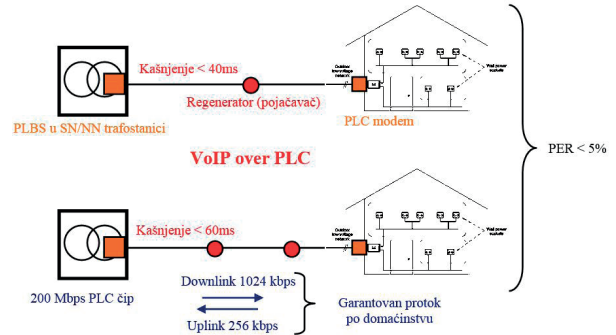
Sa druge strane, za aplikacije koje nisu u realnom vremenu vremenska tačnost nije kritičan kriterijum prihvatljivosti tehnologije sa aspekta korisnika. Primer ovakvih aplikacija su HTTP (*Web servisi*) ili SMTP (*e-mail*),

Obzirom da je VoIP aplikacija u realnom vremenu, tajming je ključan i obavezan za zadovoljavajući nivo kvaliteta usluge (QoS). U [5] su definisani sledeći QoS u širokopoljaskim PLC mrežama – za svaku VoIP komunikaciju i pripadajući RTP/RTCP u svim uslovima saobraćaja:

- ◆ Kašnjenje u jednom smeru (one-way latency), uključujući upravljanje džiterom, između NTU PLC interfejsa (kod korisnika) i Head End PLC interfejsa (PLC čvora u trafostanici) ne sme preći 40 ms u

slučaju jedne repeticije u NN ćeliji. U slučaju dve repeticije kašnjenje mora biti manje od 60 ms. Ova vrednost kašnjenja se odnosi na oba smera.

- ◆ Učestanost greške paketa (packet error rate) mora biti manji od 5%. Izgubljeni paket je paket koji je izgubljen tokom prenosa na mreži ili je primljen nakon isteka gore definisanog kašnjenja.



Sl. 8. Kašnjenje signala na PLC linku

Kako bi se, sa aspekta tipova i dužine elektrodistributivnih vodova u eksploataciji, proverila i potvrdila primenljivost postojećih NN vodova za pružanje različitih tipova širokopoljasnih usluga sa definisanim QoS, neophodno je izvršiti merenje kašnjenja signala na različitim klasama NN vodova opisanim u poglavlju II.

Danas, sa širokopoljaskim PLC modemom koji podržava brzine od 200Mbps [7], koji se kao PLC čvor instalira u SN/NN trafostanici, može se očekivati da se može postići kapacitet od najmanje 1024 kbps za *downlink* i 256 kbps za *uplink* po korisniku. Kako bi se proverila ova pretpostavka, neophodno je izvršiti merenje bitske brzine po korisnicima na konkretnom primeru reprezentativne trafostanice.

Obzirom da je TCP/IP protokol *best effort* protokol, ne garantuje konstantnu bitsku brzinu. Nestabilna i promenljiva bitska brzine degradira QoS za usluge u realnom vremenu. Za VoIP je naročito je bitno da bitska brzina bude konstantna kako bi kvalitet usluge bio zadovoljavajući. Za druge usluge, kao što je HTTP i SMTP konstantna bitska brzina nije neophodna. Navedene usluge predstavljaju krajnosti. Ostale usluge, kao npr. *Streaming* radio (preko Interneta), nisu tako zahtevne u pogledu konstantnosti bitske brzine kao što je to VoIP, ali ne dozvoljavaju ni velike varijacije.

Takođe, sa aspekta konektivnosti usluge razlikuju se: *connection oriented* - konektivno orijentisane usluge (usluge koje zahtevaju prethodno uspostavljanje veze između krajnjih tačaka komunikacije pre prenosa podataka), i *connection-less* - usluge koje nisu konektivno orijentisane.

Od gore navedenih zahteva i od rezultata merenja kvaliteta usluge na realnom širokopoljaskom PLC sistemu, zavise i klase usluga koje će se komercijalno konkurentno pružati preko NN mreže.

PLANIRANA MERENJA NA NISKONAPONSKIM ELEKTRODISTRIBUTIVNIM VODOVIMA

U cilju merenja karakteristika NN vodova pri prenosu VF telekomunikacionih signala u frekvencijskom opsegu



od 1 MHz do 30 MHz planirana je realizacija pilot projekta širokopojasnog PLC sistema, u Beogradu. Nakon instalacije PLC infrastrukture na odabranom traforeonu, vršiće se merenje slabljenja signala na definisanim klasama NN vodova. Takođe, vršiće se merenje i dinamičke promene impedanse mreže na svakoj klasi voda u cilju razumevanja uticaja promene impedanse na kvalitet komunikacije za različite tipove usluge.

U toku je odabir konkretnog traforeona za realizaciju širokopojasne PLC mreže. U užem izboru za realizaciju je nekoliko reprezentativnih trafostanica sa pripadajućim NN mrežama. Kriterijumi za izbor trafo-reona su:

- ♦ Broj rezidencijalnih korisnika koji se napajaju iz trafostanice: 200-250 individualnih domaćinstava
- ♦ Topologija mreže: topologija drveta (radijalna)
- ♦ Broj izvoda trafostanice: 6 - 8 NN izvoda
- ♦ NN mreža treba biti realizovana upotrebom svakog od tipova vodova predstavljenih u poglavlju II:
 - 2-4 NN izvoda realizovana podzemnim vodom
 - 1-2 NN izvoda realizovana izolovanim nadzemnim vodovima
 - 1 NN izvod realizovan neizolovanim nadzemnim provodnicima
 - 2 kombinovana NN izvoda - realizovani podzemnim kablom i izolovanim nadzemnim vodom

Dužine izvoda treba da pokrivaju najmanje 4 od 5 definisanih klasa vodova u pogledu dužine vodova definisanih u poglavlju II.

Na odabranom traforeonu će biti realizovana širokopojasna PLC mreža: u trafostanici će se instalirati NN Head End (PLC čvor), a kod korisnika će se instalirati NTU PLC modemi. U cilju merenja QoS, biće odabrano do 20 rezidencijalnih korisnika koji će koristiti sledeće usluge: prenos podataka, širokopojasni pristup Internetu, VoIP, i VoD/IPTV. U zavisnosti od rezultata merenja slabljenja PLC signala, predviđeno je korišćenje regeneratora signala (pojačavača) na nekim segmentima vodova.

Predloženi QoS parametri koji će se meriti tokom realizacije pilot projekta, a vezano za gore navedene usluge su: učestanost greške paketa, kašnjenje, džiteri i bitska brzina.

ZAKLJUČAK

Korišćenje NN elektrodistributivnih vodova za prenos širokopojasnih telekomunikacionih signala uključuje raznovrsne tipove vodova koji se razlikuju po materijalu

unutrašnjih provodnika (bakar ili aluminijum), poprečnim preseccima, izolacionom omotaču voda, konstruktivnoj strukturi, itd.

U radu su predstavljene vrste i karakteristike NN vodova koji su u eksploataciji u Srbiji, kao i topologija NN elektrodistributivne mreže. Predložena su merenja slabljenja signala i impedanse mreže za svaki od predstavljenih tipova NN vodova.

PLC mreža, realizovana na NN elektrodistributivnoj infrastrukturi, može se koristiti za pružanje raznovrsnih telekomunikacionih usluga. Ove usluge imaju različite zahteve u pogledu vremenske tačnosti, bitske brzine i tipa konektivnosti. Kako bi se osigurao adekvatan QoS za svaku od usluga, potrebno je na definisanim tipovima NN vodova izvršiti merenje parametara kvaliteta usluga (kašnjenje, džiter, bitska brzina i učestanost gubitka paketa). Rezultati predloženih merenja u okviru pilot projekta će verifikovati korišćenje PLC tehnologije na različitim tipovima NN vodova koji se mogu koristiti kao komunikacioni medijumi za realizaciju širokopojasne PLC mreže u elektrodistributivnim preduzećima u Srbiji.

LITERATURA

- [1] I. Vujičić, N. Gospić, "Power utility companies as telecommunication service operators", Conference Proceedings ICEST 2005, Niš, 2005 vol. 2, pp 508-511.
- [2] „D10 – Reference guide on optimization of PLC access network and their connection to the backbone network”, OPERA. IST Integrated Project No 507667. Funded by EC.
- [3] „D44 – Report presenting the Architecture of PLC system, the Electricity network topologies, the operating modes and the equipment over which PLC access system will be installed”, OPERA. IST Integrated Project No 507667. Funded by EC.
- [4] I. Vujičić, N. Gospić, "Impact of power line characteristic for providing the telecom services", Conference Proceedings TELSIS'05, Niš, 2005, vol. 1, pp 78-82.
- [5] "D45 – Specification of PLC system requirements", OPERA. IST Integrated Project No 507667. Funded by EC.
- [6] I. Vujičić, N. Gospić, N. Rajaković "Topologija širokopojasnih PLC mreža za pristup realizovanih na elektroenergetskim distributivnim mrežama niskog napona", Zbornik radova 15. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2007, Beograd, 2007, pp 153-156.
- [7] DS2 official web site: (<http://www.ds2.se>)

CATEGORIZATION OF ELECTRICITY DISTRIBUTIVE LINES FOR DELIVERING OF BROADBAND TELECOMMUNICATION SERVICES

Abstract:

Existing types and characteristics of electricity distributive lines which are in exploitation in power networks in Serbia are presented in the paper. Beside, general influence of electricity lines characteristics on telecommunication signal transmission in MHz range is described. Based on presented analysis, test scenario and necessary measurements for verification of PLC technology on defined line classes and types is suggested. Verification considers applicability of various broadband services in last mile access, QoS parameters and electromagnetic influences. Results of suggested measurements, discussed in this paper, will contribute to determination of applicability of low voltage electricity lines in Serbia for realization of broadband telecommunication services.

Key words:

Low Voltage lines,
Broadband services,
PLC communication,
Attenuation,
Impedance,
QoS.