

PLC (*Power Line Communication*) – perspektiva, pravni okvir i način funkcionisanja

Aljoša Petojević
Smart Digital
Novi Sad, Srbija
aljosa.petojevic@gmail.com

Dejan Nemeč
Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija
denem@uns.ac.rs

Sažetak – Prenos podataka preko elektroenergetske mreže, PLC, u novije vreme zaokuplja sve više pažnje. Ovaj koncept je poznat odavno, ali novije tehnologije omogućavaju velike brzine i veoma jednostavnu primenu u kućnim mrežama. Ovaj rad se bavi istorijatom, perspektivama, načinom funkcionisanja i mogućim primena PLC tehnologije. PLC funkcioniše na različitim frekvencijama, a kako se primenjuje na postojećim sistemima čija primarna uloga nije prenos podataka, potrebno je precizno specificirati parametre u cilju izbegavanja problema.

Ključne riječi – PLC; NB; BB; regulativa; energetska mreža.

I. UVOD

U protekle dve decenije potreba za sve bržim telekomunikacionim vezama motivisala je sve grane telekomunikacija za istraživanjima novih mogućnosti. Komunikacija putem elektroenergetske mreže, PLC (*Power-Line Communication*), nije izuzetak. PLC rešenja su u prethodnim periodima uglavnom bila ili napuštena ili definisana kao loša kroz njegovu praktičnu primenu. Ova tehnologija se pojavljuje još u XIX veku, a danas, kako rastu potrebe za sve obimnijim povezivanjem uređaja, ponovo privlači veliku pažnju.

PLC je telekomunikaciona tehnologija koja koristi električne provodnike za istovremeni prenos podataka i električne energije, tj. ova tehnologija omogućava da električni uređaji opremljeni PLC tehnologijom istovremeno mogu slati i primati podatke kroz kabl za napajanje. Postoji više različitih arhitektura koje rade na različitim frekventnim opsezima i sa različitim brzinama prenosa podataka, od 100 bit/s do 2 Gbit/s. I ove niske brzine imaju značajnu primenu u praksi, recimo prilikom povezivanja strujnih brojlara koja imaju potrebu za pravovremenom razmenom veoma male količine podataka. PLC tehnologija se može koristiti u različitim scenarijima gde postoji potreba za prenosom podataka: u distributivnim elektroenergetskim mrežama (*smart grid*), objektima (npr. HAN – *Home Access Network*), vozilima, plovilima, avionima.

Nadležne internacionalne i nacionalne regulatorne organizacije su prilagodile ili su u fazi prilagođavanja PLC regulativnih standarda i tehnologija sa fokusom na protoke unutar predefinisanih frekvencija i propusnih opsega, tipova modulacija, načina kodovanja i elektromagnetnih ograničenja.

II. ISTORIJA PLC KOMUNIKACIJA I PERSPEKTIVA

PLC, tehnologija komunikacija preko vodova električne naponske mreže, je stara ideja koja datira od davne 1838. god. kada je Edward Davy predložio daljinsko merenje snabdevanja električnom energijom u svrhu provere napona u baterijama telegrafskog sistema veza između Londona i Liverpula [1]. 1897. god. sličan sistem su primenili u Švajcarskoj, a 1905. god. u Čikagu, kada su prijavljivani i prvi patenti.

Od tih vremena, komunalne službe širom sveta koristile su ovu tehnologiju za daljinska merenja i kontrolu prenosa, koristeći jedan nosilac uskopojasnog opsega, (NB – *NarrowBand*), koji je radio na niskim frekvencijama prenoseći podatke od nekoliko bajta do nekoliko kilobajta u sekundi.

Dvadesetih godina prošlog veka prvi sistemi komunikacije preko vodova visokih napona počeli su da rade na frekvencijama od 15 do 500 kHz za telemetrijske svrhe. Tokom tridesetih godina, telekomunikacija preko električne mreže je uvedena u distributivnim sistemima srednjeg (10-20 kV) i niskog napona (240/415 V). Četrdesetih godina na tržištu su se pojavljivali i potrošački proizvodi koji su korišćeni u kućnoj upotrebi. Pedesetih godina prošlog veka pojavile su se prve jednostavne aplikacije (uključivanje/isključivanje javne rasvete) na frekvenciji od 10 Hz. Osamdesetih godina počela su istraživanja na frekventnom opsegu od 5-500 kHz, omogućavajući brži prenos informacija. Tokom devedesetih godina vršeni su eksperimenti za daljinsko očitavanje brojila u opsegu 60-80 kHz. 1997. god. ASCOM (Švajcarska) i Norveb (Velika Britanija) sproveli su istraživanja o dvosmernom prenošenju podataka koristeći PLC tehnologiju. Kako je tehnologija sazrevala, tako se zauzimao širi propusni opseg, (BB – *BroadBand*), a koristeći frekvencije od 2 do 30 MHz dostizale su se veoma velike brzine prenosa podataka.

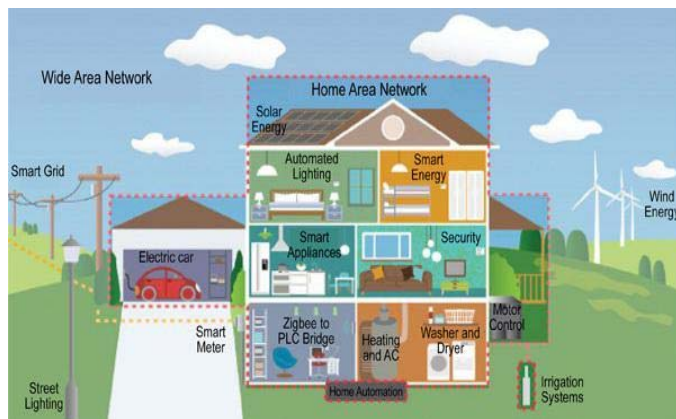
2000. god. prvi eksperimenti sprovedeni su u Francuskoj od strane „EDF R&D“ i „ASCOM“. Dve godine kasnije francuska kompanija „SPiDCOM Technologies“ stigla je na tržište sa svojim procesorom od 224 Mbit/s, „najbržim na svetu“ u to vreme. Iste godine na tržištu pojavila se i kompanija Virecom Technologies koja je specijalizovana za upravljanje električnom energijom preko PLC-a, a koristi tehniku prenosa na vodovima niskog napona (standard CENELEC EN50065-1) [2]. U 2003. god, akvizicija kompanija Schneider Electric i

Ilevo (specijalizovana za komunikacije preko električne mreže), stvorila je novu kompaniju Schneider Electric Powerline Communications, posvećenu snabdevanju opreme, razvoju softvera i pružanju usluga putem PLC-a.

Početak regulisanja PLC tehnologije na evropskom nivou datira od 2001. god. sa standardom HomePlug 1.0, a ubrzo zatim i sa HomePlug Turbo, a već 2007. god. HomePlug AV standardom (200 Mbit/s), sa implementiranim novim funkcijama kao što su kvalitet servisa i VLAN (*Virtual Local Area Network*). U 2010. god. ratifikovan je standard IEEE 1901-2010 (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) kojim je omogućena upotreba PLC adaptera koji dosežu teoretsku brzinu od 500 Mbit/s.

2010. god. u Francuskoj PLC počinje da se koristi za upravljanje električnom mrežom i za očitavanje informacija sa električnih brojlara. U 2012. god. ERDF (*Électricité Réseau Distribution France*) lansirala G3-PLC konzorcijum u cilju promovisanja G3-PLC protokola, kao jednostavne i jeftine tehnologije bez novih instalacija i dodatnog velikog održavanja mreže u okviru koncepta koji je nazvan „Mreža preko električnih instalacija“ PLN (*Power-Line Networking*) koji uvodi nove funkcionalnosti, kao što su dvosmerne komunikacije [3]. G3-PLC je razvijen kako bi zadovoljio potrebu industrije za potencijalno sveobuhvatnim standardima za komunikaciju preko električnih vodova koji omogućava viziju „pametne mreže“ (*smart grid*). G3-PLC olakšava brzu, pouzdanu i dugotrajnu komunikaciju preko postojeće električne mreže, sa mogućnošću zaobilazanja problema koji nastaju u transformatorima. Troškovi infrastrukture smanjuju se, a G3-PLC obezbeđuje i podršku za IPv6 (*Internet Protocol version 6*) protokol. Dvosmerne telekomunikacione mreže zasnovane na G3-PLC-u će omogućiti operatorima inteligentne mogućnosti nadzora i kontrole. Distributeri električne energije u celoj mreži moći će da prate potrošnju u realnom vremenu, da primenjuju varijabilne tarife i postavljaju limite na potrošnju električne energije radi boljeg upravljanja vršnim opterećenjima. Zauzvrat, potrošači će imati uvid u potrošnju električne energije u realnom vremenu, čime se promovise koncept korisničkog upravljanja električnom energijom u odnosu na koncept kada to nije bilo moguće. Uz dodavanje varijabilnih tarifnih rasporeda, korisnici će biti podstaknuti da smanjuju potrošnju električne energije u vreme većih elektroenergetskih opterećenja.

U domenu širokopojasnog segmenta PLC komunikacija, proteklih nekoliko godina došlo je do značajnih pomaka. U oktobru 2016. god. HomePlug Alliance iznela je podatak da se proizvodi HomePlug specifikacije već koriste na 220 miliona lokacija, što je ovaj standard na neki način globalizovalo [4]. HomePlug tehnologija omogućava prenos podataka preko vodova električnog napajanja za distribuciju brzog Interneta, UltraHD videa, virtuelne stvarnosti, VoIP-a (*Voice over IP*), digitalne muzike i *smart energy* aplikacija. HomePlug hibridni mrežni uređaji namenjeni su za korisnike i provajdere servisa širom sveta, kako bi pružili što bolji kvalitet usluga kombinujući žičnu komunikaciju sa bežičnom Wi-Fi ekstenzijom za pokrivanje takozvanih mrtvih tačaka u udaljenijim prostorijama [5]. Sl. 1 prikazuje neke od mogućih primena PLC tehnologije.



Slika 1. Mogućnosti primene PLC-a [6]

III. PRAVNI OKVIR ZA PLC U EVROPSKOJ UNIJI

Svaki tehnički uređaj koji koristi određeni frekventni opseg mora biti usklađen sa propisanim standardom u zakonskim okvirima. PLC mreže su električne mreže i telekomunikacione mreže, što na neki način otežava definisanje pravnog okvira. Smernice Evropske Komisije EC (*European Commission*) definišu EU regulativnu strukturu dok oficijalne organizacije poput ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) i CENELEC (franc. *Comité Européen de Normalisation Électrotechnique*; engl. *European Committee for Electrotechnical Standardization*) specificiraju ograničenja [7]. Precizni propisi za PLC opremu i mreže nisu definisani, pa je instalacija PLC mrežnih uređaja dozvoljena za instaliranje iza privatnog električnog brojila, tzv. „zatvorena“ ili „InHome“ PLC instalacija, pod uslovom da se takvom instalacijom ne stvore problemi interferencije sa drugim regulisanim komunikacionim tehnologijama (npr. DSL – *Digital Subscriber Line*), te u takvim slučajevima PLC oprema bi morala biti deinstalirana i uklonjena. U slučaju instalacija na otvorenom gde se ubacuje PLC signal na nivou transformatora HV/LV (*High Voltage/Low Voltage*) za stvaranje lokalnih električnih petlji, neophodno je eksperimentalno odobrenje nadležnih institucija, u zavisnosti od regiona u kojem se izvodi instalacija.

PLC oprema klasifikovana je kao telekomunikaciona oprema i kontrolisana je od strane EU pod propisom EMC (*ElectroMagnetic Compatibility Directive* 2014/30/EU). Prethodni propis EMC *Directive* 2004/108/EC povučen je 20.04.2016. Novom regulativom regulišu se problemi vezani za interferenciju i za tržišni aspekt.

RED (*Radio Equipment Directive*) 2014/53/EU je relevantna direktiva za PLC proizvode sa implementiranim bežičnim sistemima kao što su Wi-Fi i ZigBee. 13.06.2016. godine novi propis RED je zamenio propis *Directive* 1999/5/EC R&TTE (*Radio and Telecommunications Terminal Equipment*). Oba propisa EMC i RED treba da budu prevedena u zakonski okvir svih članica Evropske Unije, tako da će ista regulativa biti sprovedena u svim zemljama članicama EU.

PLC oprema mora biti usklađena sa DOC (*Declaration of Conformity*) kako bi dobili odobrenja za njihovu bezbednu upotrebu. Percepcija da će CENELEC regulisati ovu

tehnologiju je pogrešna, jer CENELEC standardi za proizvođače mogu ali ne moraju biti obavezujući. EMC ili RED direktive regulišu tržište. Cilj EMC direktive je da se spreči nepoštovanje parametara koji se odnose na PLC uređaje, instalacije i mreža u EU, kako bi zaštitili EMC okruženje. EMC tako obezbeđuje da neće doći do elektromagnetnih smetnji u mrežama i takođe da uređaji u mreži imaju određene sposobnosti da odreaguju brzo na eventualne probleme interferencije signala.

Kada je proizvod usklađen sa EMC-om, dozvoljen je ulaz na tržište, i takvi proizvodi se testiraju u raznim okruženjima.

Svi širokopojasni sistemi (DSL, CaTV, *Ethernet* itd.) emituju elektromagnetnu energiju, kao i svi PLC sistemi. Emitovanje elektromagnetne energije može prouzrokovati interferenciju sa nekim radio servisom i širokopojasnim komunikacionim sistemima. PLC je najkritičnija tehnologija koja može da ima uticaj na druge sisteme, prvenstveno iz razloga što ta tehnologija koristi infrastrukturu za prenos koja prvobitno nije bila namenjena za prenos podataka, već za prenos električne energije. U situacijama kada se korisnik neke opreme, koja koristi licenciranu telekomunikacionu opremu, konstatuje problem interferencije signala, razmatraju se razni scenariji i testiranja. Ako se nakon uvida u postojanje problema isti ne može rešiti sporazumno, nadležni organ članice EU treba da zatraži dokaze da dolazi do interferencije. Ovakve situacije u poslednje vreme nisu česte ali uvidom u postojanje problema interferencije dolazi se do novih saznanja koja su korisna za buduća rešenja vezanih za problem interferencije. U situacijama kada je došlo do interferencije sagledavaju se činjenice zbog čega je neko prijavio problem, na primer ako neko želi da koristi određenu telekomunikacionu opremu ili radio prijemnik u neposrednoj blizini PLC infrastrukturnog ormara. U takvim situacijama logično je da to ne može biti predmet deinstalacije PLC sistema, ali ako neki rezidentni korisnik licencirane telekomunikacione opreme prijavi smetnje i ustanovi se da je u neposrednoj blizini instalirana PLC oprema, takva oprema se mora izmestiti na lokaciju sa koje se ne proizvode smetnje.

IV. FREKVENTNI OPSEZI PLC-A

PLC emituje signal kroz infrastrukturu električne mreže. Postoji mnogo tipova PLC sistema koji funkcionišu na raznim frekvencijama, te se tako PLC može podeliti na tri klase:

- UNB-PLC (*Ultra NarrowBand* PLC)
- NB-PLC (*NarrowBand* PLC)
- BB-PLC (*BroadBand* PLC)

Tačan spektar koji PLC koristi zavisi od država ili kontinenta gde se koristi. Za teritoriju Evropske Unije za definisanje frekventnih opsega nadležan je CENELEC, za Sjedinjene Američke Države FCC (*Federal Communications Commission*), EPRI (*Electric Power Research Institute*) za Kinu i ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*) za Japan.

A. UNB (*Ultra NarrowBand*)

UNB radi na frekvencijama od 300 Hz do 3 kHz sa veoma malom mogućnošću prenosa podataka do 100 bit/s ali na

razdaljine do čak 150 km. Obično se koristi za daljinsku komunikaciju sa brojilima potrošnje električne energije uključujući i neka „*smart*“ brojila.

Ovakav sistem popularan je u Severnoj Americi za očitavanje potrošnje električne energije, jer korišćenje ovako niskih frekvencija ne blokiraju transformatori. Primer nekih sistema su TWACS (*Two-Way Automatic Communication System*) i Turtle TS1 i TS2 [8].

B. NB-PLC (*NarrowBand* PLC)

NB-PLC sistemi rade na frekventnom opsegu od 3 kHz do 500 kHz, sa mogućnošću prenosa do 500 kbit/s i uglavnom se koristi za kontrolne, komandne i *Smart Grid* aplikacije, gde je akcenat stavljen na stabilnost i pouzdanost u odnosu na brzinu prenesenih podataka. *Smart Grid* aplikacije su jedan od primera rastućeg koncepta IoT (*Internet of Things*), u kojem se gotovo svaki zamišljeni entitet može opremiti jedinstvenim identifikatorom UID (*Unique Identifier*) i kapacitetom za komunikaciju preko mreže. IoT pretpostavlja korišćenje i nekih drugih tehnologija prenosa podataka (Tab. I).

Evropski standard CENELEC razdvaja frekvencije u četiri grupe: A, B, C i D. CENELEC A koristi frekventni opseg od 3-95 kHz koji se koristi za komunalne usluge i za *smart grid*, CENELEC B koristi frekventni opseg od 95-125 kHz kao opseg bez posebnih ograničenja, CENELEC C koristi frekventni opseg od 125-140 kHz za HAN i CENELEC D koristi frekventni opseg od 140-148,5 kHz za alarmne i sigurnosne sisteme. *Smart* brojila koriste CENELEC A opseg ali neki modeli rade u CENELEC C opsegu. Na ovim frekvencijama transformatori su prepreke koje se moraju premostiti posebnim bajpas sistemima. U Evropi to ne predstavlja veliki problem za implementaciju, jer trafo stanice mogu snabdevati i nekoliko stotina korisnika, a PLC se nalazi na vodu između transformatora i korisnika.

U Severnoj Americi i Aziji ne postoje ograničenja ko može koristiti NB-PLC frekvencije. Uopšte, u Severnoj Americi mnogi korisnički objekti imaju svoje transformatore što bi uveliko povećalo investiranje za premošćavanje, tako da se ova tehnologija retko koristi. Novi standard G3-PLC ne zahteva ovakve tehnike premošćavanja transformatora, tako da G3-PLC ima perspektivu za korišćenje u Severnoj Americi.

U objektima problem sa transformatorima nije izražen. NB-PLC unutar objekata može se koristiti za alarmne sisteme, daljinsku kontrolu osvetljenja i za komunikaciju sa pametnim uređajima unutar samog objekta, ali nije pogodan za računarske mrežne komunikacije zbog male brzine prenosa podataka.

Komunalne službe koriste NB-PLC za komunikaciju sa udaljenim prekidačima za prenos električne energije visokog napona.

Primeri NB-PLC sistema su PRIME, G3-PLC, INSTEON, X10 i *HomePlug C&C* (*HomePlug Command and Control*).

TABELA I.

TELEKOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE KOJE SU POGODNE ZA POVEZIVANJE U IOT-U

| Mreže | Tehnologija | Frekvencija | Domet | Protok | Specifičnosti |
|-------------|--|-------------------|----------|-----------------------------------|---|
| HAN/ LAN | RFID (<i>Radio Frequency Identification</i>) | 13,56 MHz | < 1m | 6,6 ~ 26,5 kbit/s | Jedinstveni ID-ovi; velika brzina prenosa; simultano multi-tag očitavanje. |
| | NFC (<i>Near Field Communication</i>) | 13,56 MHz | < 10 cm | < 424 kbit/s | <i>Peer-to-peer</i> komunikacija; kratko <i>set-up</i> vreme. |
| | ZigBee | 868/915/2400 MHz | 50-300 m | 20 kbit/s, 40 kbit/s, 250 kbit/s | <i>Self-deployment</i> ; podrška za adresiranje i rutiranje <i>Ad hoc</i> , topologije stabla i <i>mesh</i> obezbeđuje fleksibilnu mrežu. |
| | Z-Wave | 868/908/2400 MHz | 30-100 m | 9,6 kbit/s, 40 kbit/s, 200 kbit/s | RF komunikacija malih brzina; podrška za <i>Full mesh</i> mreže. |
| | Bluetooth | 2,4/5 GHz | 10-100 m | 1 Mbit/s, 24 Mbit/s | Komplikovana procedura <i>Setup-a</i> ; <i>ad hoc</i> topologija. |
| | Wi-Fi | 2,4/5 GHz | < 300 m | < 1000 Mbit/s | Najkorišćenija WLAN tehnologija; velike brzine protoka. |
| | Dash7 | 433/868/915 MHz | < 5 km | < 10 Mbit/s | Režim niske potrošnje energije; podrška za <i>peer-to-peer</i> , <i>star</i> i <i>mesh</i> topologije. |
| WAN | PLC (<i>Power Line Communication</i>) | 1-30 MHz | 1-3 km | 2-3 Mbit/s | Korišćenje postojećih kablova za istovremeno prenošenje i podataka i električne energije. |
| | <i>Cellular</i> (GSM, GPRS, 3G, LTE) | 700 MHz ~ 2,7 GHz | < 50 km | < 300 Mbit/s | Postojeća infrastruktura; široko rasprostranjen i isplativ. |
| | WiMAX | 2,5/3,5/5,8 GHz | < 50 km | < 75 Mbit/s | Napredna IP-bazirana arhitektura; fleksibilan propusni opseg kanala koji olakšava prenos velike brzine. |

C. BB-PLC (BroadBand PLC)

BB-PLC sistem koristi spektar od 1,8 MHz do 250 MHz. BB-PLC se najviše koristi u takozvanom *Home Networking-u*, gde je prioritet dat brzom prenosu podataka gde se dostižu brzine i do 2 Gbit/s, za npr. multimedijalne aplikacije. Široki spektar BB-PLC mrežnih komunikacionih tehnologija je potreban za različite aplikacije, od automatizacije kuće do pristupa Internetu koji se često naziva širokopojasni pristup preko električnih instalacija, BPL (*Broadband over Power Line*). BPL se u literaturi može identifikovati i kao IPL (*Internet over Power Line*), zatim PDSL (*Power line Digital Subscriber Line*) i PLN (*Power Line Networking*).

Kako se u Evropi ove frekvencije u određenom delu koriste za radio prenos, radio emisija iz PLC-a mora biti strogo kontrolisana, a u Japanu se iz tog razloga uopšte ne sme koristiti ovaj opseg. U Sjedinjenim Američkim državama ne postoje ograničenja za BB-PLC.

Moguća interferencije između PLC-a i bežičnih sistema telekomunikacija na frekvencijama od 2 do 30 MHz se mogu dogoditi sa brodskim, avionskim, vojnim komunikacijama, službama za hitno uzbunjivanje stanovništva, KT (Kratki Talasi) predajničkim sistemima komercijalnih radio emitera, radio amatera itd. Neki frekventni opsezi se uopšte ne koriste za PLC npr. Od 500 kHz do 1800 kHz zbog mogućeg preklapanja sa srednjetalasnim sistemima, kao i u spektru UKT (UltraKratki Talasi) komercijalnog radio prenosa od 86 do 109 MHz.

BB-PLC će u budućnosti imati svoju primenu u sistemima pametnih kuća (*smart home*), gde će svaki električni uređaj imati mogućnost komunikacije sa određenim aplikativnim softverima.

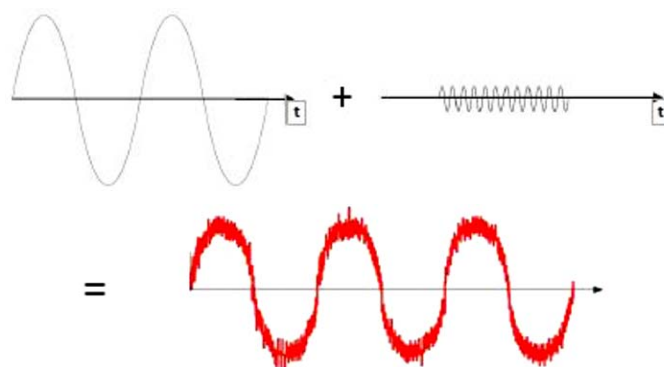
V. FUNKCIONISANJE PLC-A

PLC signal podataka se generiše kao diferencijalni napon između dva provodnika koji se propagira između predajne strane ka prijemnoj. Kao i ostale telekomunikacione tehnologije koje koriste žičani medijum za prenos, podaci koji

se šalju preko PLC-a modulišu se i ubacuju u medijum za prenos, a prijemna strana te podatke demoduliše kako bi ih reprodukovala u izvornom obliku. U medijumu postoji signal koji obezbeđuje električnu energiju i signal koji prenosi podatke. Sl. 2 prikazuje princip formiranja signala u medijumu za prenos, gde se vidi da signal koji se prenosi čine niskofrekventni strujni signal i visokofrekventni signal za prenos podataka koji deluje kao šum.

Prednost PLC tehnologije je to što za uspostavljanje telekomunikacionih kanala nije potrebno izvoditi dodatne radove na instaliranju nove infrastrukturne mreže kablova već se koriste postojeći strujni vodovi. Gledano globalno, elektroenergetske veze su rasprostranjene širom zemaljske kugle, te se može tumačiti da korišćenjem PLC tehnologije, svi uređaji koji su povezani na elektroenergetsku mrežu mogu biti nadgledani i kontrolisani sa udaljene lokacije.

PLC radi na različitim frekvencijama i koristi različite modulacione tehnike. Tab. II prikazuje podelu u tri osnovne grupe za prenos podataka vezane za brzinu prenosa, modulacione tehnike, frekventni opseg, kom standardu PLC tehnologije pripadaju i mogućnost primene.



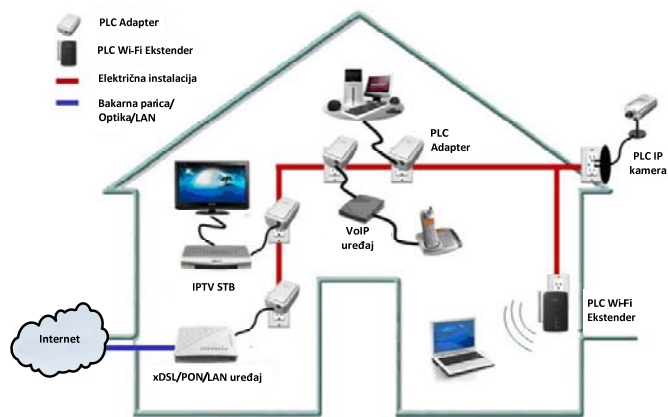
Slika 2. Integracija frekvencija mrežnog napona sa PLC signalom

TABELA II. OSNOVNE GRUPE BRZINA PRENOSA PODATAKA PUTEM PLC-A

| | Brzina prenosa | Modulacione tehnike | Standard | Frekventni opseg | Primena |
|---------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------|--------------------------|
| LDR (Low Data Rate) | 0-10 kbit/s | BPSK,FSK, SFSK, QAM | IEC 61334 | <50 kHz | Kontrola, komande |
| MDR (Middle Data Rate) | 10 kbit/s - 1 Mbit/s | PSK + OFDM | ANSI/EIA 709.1, 2, UPB | <500 kHz | Kontrola, komande, govor |
| HDR (High Data Rate) | do 2000 Mbit/s | PSK + OFDM | G.hn, IEEE1901 | 1,8-250 MHz | BB-PLC, Home networking |

PLC funkcioniše u takozvanom AC i DC okruženju, tj. može se koristiti ubacivanjem PLC signala u mreže naizmeničnog i jednosmernog napona, što proširuje njegovu primenu. Dok većina kompanija radi na implementiranju AC proizvoda, ne može se zanemariti primena PLC tehnologije u aplikacijama DC okruženja. Neke od tih aplikacija su implementirane u automobilima, avionima, vozovima, brodovima itd [9].

Na tržištu postoje razni uređaji koji omogućavaju prenos podataka preko električne instalacije (PLC coupler, PLC adapter, PLC Wi-Fi extender i drugo). Uređaji se koriste u paru, jedan se nalazi na jednoj strani električne instalacije (recimo pored modema koji se povezuje na Internet), a drugi na drugom kraju (kod korisničkog uređaja, TV, PC i slično, Sl. 4).



Slika 3. Korišćenje PLC tehnologije u objektu [9]

VI. PRIMENA PLC-A

S napretkom u ovoj oblasti primena PLC tehnologije je široko rasprostranjena u *smart grid* mrežama i solarnim mikro inverterima. PLC zapravo nema striktna ograničenja vezana za određene oblasti. PLC se najviše koristi za: javnu rasvetu, kontrolu saobraćaja, navodnjavanje, za komunikaciju mašina-mašina (npr. prodajni automati, komunikacija recepcija-soba), telemetrija (bušotine), transport (elektronika u automatskim vozilima itd.). U praksi se PLC sve više koristi i za povezivanje kućnih uređaja na Internet (HAN).

VII. ZAKLJUČAK

PLC je zanimljiv koncept i potencijalno jeftina solucija za izgradnju telekomunikacione mreže koristeći postojeću infrastrukturu električne mreže u objektima, vozilima, avionima,

plovilima i u velikim distributivnim mrežama elektroenergetskog napajanja visokog, srednjeg i niskog napona [10]. Primena PLC-a se može ostvariti u kućnim mrežama, HAN, za pristup širokopojasnom Internetu, automatizovanim kućnim aparatima, u automatskom očitavanju mernih mesta. Za razliku od bežičnih komunikacija koje su se u raznim scenarijima pokazala kao nedovoljna da ispune sve zahteve narastajućem broju *smart* uređaja, rešenja koristeći prenos preko PLC-a su ispunila svoj zadatak. PLC tako nudi veoma stabilne konekcije i veoma interesantnu alternativu za bežične komunikacione sisteme, a u dobro isplaniranim projektima daju najbolje rezultate, koristeći infrastrukturu naponske mreže sa mogućnošću prenosa i do 2 Gbit/s. Sa napretkom u tehnološkim regulativama, standardizaciji i sertifikaciji, PLC je privukao pažnju na polju naprednih komunikacionih i kontrolnih tehnologija u heterogenim mrežama današnjice.

LITERATURA

- [1] J. J. Fahie: „A History of Electric Telegraphy, to the Year 1837“, E. & F. N. SPON 16, Charing Cross, London, 1884.
- [2] Standard EN-50065-1: „Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances“ CENELEC, 2001.
- [3] G3-PLC Alliance, „G3-PLC Overview“, 2016, <http://www.g3-plc.com/what-is-g3-plc/g3-plc-overview/>
- [4] <http://www.homeplug.org/alliance/alliance-overview/>, December 2017.
- [5] Junmo Sung and Brian L. Evans: „Real-Time Testbed For Simultaneous Powerline And Wireless Smart Grid Communications“, September 2016.
- [6] Maury Wright: „Combine an MCU and Analog Front End to Implement PLC Solutions“, Article Library, Digi-Key Electronics, 2012.
- [7] Markus Rindchen: „An Overview on Global Powerline Standards and European EMC Certification“, Ninth Workshop On Power Line Communications, Klagenfurt, 2015.
- [8] Aderemi A. Atayero, Adeyemi A. Alatishe, and Yury A. Ivanov: „Power Line Communication Technologies: Modeling and Simulation of PRIME Physical Layer“, Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol II WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA
- [9] <https://sites.google.com/site/si7teamproject3/power-line-communication-systems>, Januar 2018.
- [10] Alberto Pittolo, Marco De Pianta, Fabio Versolatto, and Andrea M. Tonello: „In-Vehicle PLC: In-Car and In-Ship Channel Characterization“, mart 2016.

ABSTRACT

In recent times, data transmission over the powerline, PLC, is gaining more and more attention. This concept has been known for a long time, but newer technologies allow high speed and very simple application of PLC in home networks. This paper deals with the history, perspectives, the principles of functioning and the possible application of PLC technology. PLC operates on different frequencies, and as it is applied on existing systems whose primary role is not data transfer, it is necessary to precisely specify parameters in order to avoid problems.

PLC (POWER LINE COMMUNICATION) – PERSPECTIVE, REGULATORY FRAMEWORK AND FUNCTIONING PRINCIPLES

Aljoša Petojević, Dejan Nemec