



mr.sc. Suzana Javornik Vončina, dipl.ing.
HEP d.d., Sektor za poslovnu informatiku
Tina Jakaša, dipl.ing.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Zagreb

R3

PRIMJENA PLC-a U DISTRIBUCIJSKOJ DJELATNOSTI

SAŽETAK

Komunikacija elektroenergetskim vodovima (PLC) upotrebljava se u elektroprivrednoj djelatnosti od samih početaka elektrifikacije. Danas, u uvjetima dereguliranog tržišta električne energije, PLC omogućava prednost pred konkurencijom pa raste značaj njegove uporabe, posebice za automatsko očitavanje brojila. U članku su opisane mogućnosti uporabe PLC-a u distribucijskoj djelatnosti, dani su podaci o raširenosti njegove uporabe u Europi i SAD-u te prikazane važnije instalacije.

Ključne riječi: komunikacija elektroenergetskim vodovima, PLC, automatsko očitavanje brojila, AMR

APPLICATION OF POWERLINE COMMUNICATION IN DISTRIBUTION SECTOR

SUMMARY

Power line communication is used in power utilities since the beginning of electrification. Today PLC can help power utilities to be more competitive in the deregulated energy market. Therefore, there are more PLC installations used mostly for automatic meter reading. The usage of PLC in distribution sector is described in the article. The overview of PLC usage data in Europe and USA as well as of some important installations is given.

Key words: power line communication, PLC, automatic meter reading, AMR

1. UVOD

Ubrzo nakon početaka elektrifikacije započela su i istraživanja sposobnosti elektroenergetskih vodova za komuniciranje podacima. Razlog leži u činjenici da elektroenergetska mreža spaja sve komponente i lokacije odvijanja elektroenergetskih procesa pa je samim time idealan prijenosni medij za potrebe komuniciranja podacima unutar elektroprivrede. Tako su već 20-tih godina prošlog stoljeća nastali prvi sustavi za komunikaciju elektroenergetskim vodovima, PLC (Power line communication).

Komunikacija elektroenergetskim vodovima, PLC, je prijenos telekomunikacijskih informacija elektroenergetskim vodovima na frekvencijama višim od frekvencije prijenosa električne energije. PLC je širok pojam kojim su obuhvaćene različite tehnologije primjenjive na elektroenergetskim vodovima visokog, srednjeg i/ili niskog napona, kao i na električnim instalacijama zgrade u svrhu pružanja različitih vrsta usluga.

Prvi PLC-sustavi koristili su se na visokonaponskim elektroenergetskim vodovima i omogućavali brzinu komuniciranja reda veličine do stotinjak kbit/s pa spadaju u kategoriju uskopojasnih PLC-sustava.

Uporaba srednjonaponske i niskonaponske elektroenergetske mreže za komuniciranje podacima započela je 30-tih godina prošlog stoljeća (mrežno tonfrekventno upravljanje, MTU), a koristila se za upravljanje radom u svrhu optimalne distribucije energije, npr. upravljanje uličnom rasvjetom i promjenu tarife.

Zadnjih tridesetak godina prošlog stoljeća istraživanje se usmjerilo na funkcije automatizacije distribucije, kao što su automatsko očitavanje brojila, AMR (Automatic Meter Reading), selektivni nadzor opterećenja i upravljanje krivuljom opterećenja, s ciljem razvoja sustava koji će elektroprivredama omogućiti promjenu krivulje opterećenja i time smanjenje troškova proizvodnje električne energije. Istraživalo se u frekvencijskom području od 3 kHz do 148,5 kHz.

Kasnih 80-tih godina prošlog stoljeća poduzeće NORWEB je započelo istraživati uporabu frekvencija iznad 1 MHz za komunikaciju niskonaponskim elektroenergetskim mrežama brzine reda veličine Mbit/s kako bi istom infrastrukturom mogli ponuditi i usluge koje bi korisnici bili voljni platiti, kao što su prijenos govora ili prijenos podataka. Time je započet razvoj širokopojsnih PLC-sustava.

Postupci za daljinsko nadziranje i daljinsko očitavanje postaju posebice zanimljivi nastupanjem deregulacije energetskeg tržišta. Zbog toga se danas sve veća pozornost pridaje primjeni PLC-a na niskonaponskim i srednjonaponskim elektroenergetskim vodovima, posebice za automatsko očitavanje brojila, kao i primjeni na električnim instalacijama zgrada. Poseban interes privlače širokopojsna rješenja primjenjiva za ponudu usluga na telekomunikacijskom tržištu, ali i za primjene u distribucijskoj djelatnosti elektroprivreda.

Detaljniji prikaz uskopojsnih i širokopojsnih PLC-sustava primijenjenih na niskonaponskim elektroenergetskim vodovima dan je u [1].

Međunarodno vijeće za velike elektroenergetske sustave, CIGRE, kao vodeća svjetska organizacija za elektroenergetske sustave koja pokriva njihove tehničke, ekonomske, organizacijske i regulatorne vidove, prati razvoj PLC te u okviru studijskog odbora D2 ima radnu grupu za primjene širokopojsnog PLC-a: D2.21 Broadband PLC Applications.

U okviru studijskog odbora D2 Hrvatskog ogranka CIGRE djeluje radna grupa za praćenje PLC-a (RG 01: Iskustva u primjeni PLC-a na dereguliranom tržištu električne energije) čiji su rezultati rada prezentirani referatima [2] – [5]:

- U [2] je dan kraći pregled razvoja uporabe PLC-sustava i mogućnosti unapređenja elektroprivredne djelatnosti uz primjenu PLC-tehnologije na niskonaponskim elektroenergetskim vodovima.
- U [3] su prikazana iskustva elektroprivreda u primjeni uskopojsnog PLC-a na niskonaponskim elektroenergetskim vodovima radi davanja usluga za podršku distribucijske djelatnosti elektroprivreda. Dani su statistički podaci o raširenosti uporabe PLC-a za AMR i raširenosti samog AMR-a.
- U [4] je na temelju iskustava talijanske elektroprivrede Enel dan prilog ekonomskoj analizi uvođenja PLC-a.
- U [5] je dan prikaz situacije u Europi po pitanju širokopojsnog PLC-a koji uključuje proizvođače zastupljene na europskom tržištu, raširenost instalacija za tehničko i predkomercijalno ispitivanje širokopojsnih PLC-sustava u europskim elektroprivredama te rezultate prvih komercijalnih instalacija.

Ovaj članak se bavi uslugama za podršku distribucijske djelatnosti elektroprivrede koje omogućuje PLC. Dan je kraći pregled zahtjeva koje hrvatski deregulacijski okvir za energetske tržište postavlja na obračunske mjerne sustave, a zatim pregled mogućnosti unapređenja distribucijske djelatnosti koje daje izgradnja PLC-infrastrukture. Budući da je jedna od najraširenijih nedoumica glede PLC-a pitanje zračenja i zakonske regulative za isto, dan je pregled situacije po tom pitanju na području Europske unije i RH. Na kraju su dani javno dostupni brojčani podaci o raširenosti uporabe PLC-a u Sjevernoj Americi i Europi te prikaz stanja Enelovog projekta uvođenja AMR-a u listopadu 2005. godine i prikaz situacije u Švedskoj. Skrenuta je pozornost na korištenje širokopojsnog PLC-a za podršku distribucijskoj djelatnosti.

2. DEREGULACIJA ENERGETSKOG TRŽIŠTA U EUROPI

U Europskoj uniji proces deregulacije započet je smjernicom iz 1996. godine [6] koja je ukinula ekskluzivna prava i zahtijevala razdvajanje mrežnih aktivnosti od aktivnosti opskrbe i proizvodnje. Danas je na snazi smjernica [7] koja definira dinamiku otvaranja europskog energetskeg tržišta:

- za korisnike koji nisu kategorije kućanstvo - do srpnja 2004.
- za sve korisnike - do srpnja 2007.

Ciljevi Europske unije su:

- osigurati sigurnost opskrbe električnom energijom,
- osigurati integraciju energetskeg tržišta EU,
- implementirati energetske politiku sukladnu razvojnim ciljevima,
- promicati istraživanja i tehnološki razvoj u energetskom sektoru.

Glavni ciljevi elektroprivreda na dereguliranom tržištu su smanjenje troškova, zadržavanje korisnika, smanjenje gubitaka i povećanje prihoda pružanjem novih usluga. U tome može značajno pridonijeti primjena novih tehnologija poput PLC-a za automatizirano očitavanja brojila, daljinsko iskopčanje mjernih mjesta, upravljanje vršnim opterećenjem i kvalitetom električne energije te pružanjem dodatnih usluga poput telefonije, pristupa Internetu, video nadzora, zabave i sl.

2.1. Deregulacija energetskeg tržišta u Hrvatskoj

Deregulacijom tržišta električne energije postavljaju se sve veći zahtjevi na obračunske mjerne sustave. Na izbor tehnologije obračunskih mjernih sustava značajno utječe zakonodavni okvir pa u nastavku dajemo prikaz bitnih odrednica zakonskih propisa.

Zakonom o tržištu električne energije (NN 177/04) definirana je slijedeća dinamika otvaranja tržišta:

- 1. srpnja 2006. za kupce s godišnjom potrošnjom većom od 9 GWh,
- 1. srpnja 2007. za kupce kategorije poduzetnici, (cca 170.000 mjernih mjesta . poduzetništvo)
- 1. srpnja 2008. za sve kupce.

Otvoravanje tržišta električne energije postavlja nove zahtjeve na obračunska mjerna mjesta. Ugovori o opskrbi električnom energijom su sve složeniji i zahtijevaju podatke o 15 minutnim mjerenjima. Također se intenzivira razmjena podataka između subjekata na tržištu električne energije.

U prijedlogu mrežnih pravila definiraju se zahtjevi na mjerne uređaje prema kategorijama kupaca. Svi kupci na visokom i srednjem naponu (cca 2000 mjernih mjesta) kao i kupci na niskom naponu s priključnom snagom većom od 30 kW (cca 10.000 mjernih mjesta) trebaju imati brojilo s pohranjivanjem krivulje opterećenja.

Opći uvjeti za isporuku električne energije (NN 14/06) donose novitete na nekoliko područja:

1. Ograničavanje priključne snage:
 - uređajem za mjerenje snage kod priključne snage iznad 30kW,
 - ograničavaom strujnog opterećenja (limitator) kod priključne snage ispod 30 kW.

Iz navedenog proizlazi da brojila trebaju imati mjerenje snage ili integriranu funkciju limitatora u cilju smanjenja broja elemenata na mjernom mjestu.

2. Praćenje standardne kvaliteta električne energije:
 - broj i trajanje prekida,
 - kvaliteta napona i dr.

Elektronička brojila imaju mogućnost slanja alarma u slučaju nestanka napona kao i pohranu osnovnih podataka o kvaliteti napona. Daljinskim upravljanjem moguće je identificirati prekid napajanja i smanjiti broj izlazaka na teren.

3. Poboljšanje naplate:
 - ugradnjom brojila s funkcijom samonaplate.

4. Očitavanje brojila električne energije:
 - šestomjesečno za kupce kategorije kućanstvo (cca 3.8 milijuna očitavanja godišnje)
 - mjesečno za ostale kupce (poduzetništvo, visoki i srednji napon te javna rasvjeta - cca 2.3 milijuna očitavanja godišnje).

Uzmemo li da prosječni trošak po očitavanju iznosi 2 kn dobit ćemo iznos od cca 12.2 milijuna kuna godišnje. Uvođenjem sustava za automatsko očitavanje brojila mogu se postići značajne uštede u smanjenju pogreške očitavanja, smanjenju pogreške kod ručnog unosa podatak, smanjenju broja očitavača.

5. Uvođenje niza aktivnosti informiranja kupaca i savjetovanja o racionalnom korištenju električne energije što je moguće provesti i on-line, ugradnjom pokaznika (engl. display) u stanu, kod kupca. Kupac bi na taj način mogao vidjeti podatke o potrošnji na mjernom uređaju, što je vrlo značajno kada mu mjerni uređaj nije dostupan te savjete o racionalnom korištenju električne energije (npr. informacija o početku niže tarife i sl.).
6. Smanjenje gubitaka:
 - ugradnjom elektroničkih brojila s funkcijom alarma koji ukazuju na nepravilnosti na mjernom mjestu npr. alarm zbog skinute plombe i sl.

Iz navedenog proizlaze poslovni zahtjevi na obračunske mjerne sustave prikazani u Tablici I.

Tablica I. Poslovni zahtjevi na obračunske mjerne sustave

Poslovni zahtjevi	Zahtjevi na mjerni uređaj
poboljšana usluga korisniku (manje je pogrešnih očitavanja nego kod ručnog očitavanja pa ima manje prigovora korisnika)	mogućnost daljinskog očitavanja i direktan prijenos u billing sustav
smanjenje troškova očitavanja	mogućnost daljinskog očitavanja
smanjene vremenskog razdoblja od očitavanja do naplate	mogućnost daljinskog očitavanja
očitanje teško dostupnih brojila	mogućnost daljinskog očitavanja
povećanje sigurnosti zaposlenika (očitača) (izlaganje nesigurnom okruženju)	mogućnost daljinskog očitavanja
smanjenje troškova povezanih s iskapčanjem i ponovnim ukapčanjem brojila	mogućnost daljinskog iskapčanja
poboljšanje naplate	funkcija samonaplate ili mogućnost daljinskog iskapčanje na zahtjev
smanjenje gubitaka uslijed krađe i manipuliranja brojilom	slanje alarma uslijed otvaranja poklopca i sl.
kontrola/ograničenje zakupljenog priključnog kapaciteta	mogućnost funkcije limitatora
ponuda novih tarifa	daljinsko upravljanje tarifama, dostupnost podataka za modeliranje tarifa
smanjenje energije uravnoteženja	podaci o krivulji opterećenja za predviđanja potrošnje
smanjenje vršnog opterećenja sustava	daljinsko upravljanje tarifama
informiranje i savjetovanje kupaca	mogućnost ugradnje zaslona (display) u stambenom objektu kupca koji kupcu omogućava pregled mjernih podataka
poboljšanje kakvoće el. energije	mogućnost praćenja napona, prekida i trajanja prekida
primjena <i>multi utility</i> koncepta: očitavanje brojila za el. energiju, toplinsku energiju, vodu i plin	mogućnost daljinskog očitavanja i agregacije podataka

3. PREGLED USLUGA ZA PODRŠKU ELEKTROPRIVREDNE DJELATNOSTI OMOGUĆENIH PLC-om

Usluge za podržavanje elektroprivredne djelatnosti koje se mogu ostvariti izgradnjom PLC-sustava na niskonaponskim vodovima mogu se podijeliti na one vezane uz funkcioniranje temeljne djelatnosti i one orijentirane na poboljšanje usluge kupcu električne energije.

Usluge vezane uz funkcioniranje temeljne djelatnosti su:

- automatsko očitavanje brojila i povezane funkcije;
 - dobivanje podataka o očitavanju brojila, opterećenju i potrošnji na način koji ne zahtijeva fizički ili vizualni pristup brojilu, kao i uočavanju neovlaštenog manipuliranja brojilom ili krađe energije,
 - daje mogućnost efikasnog organiziranja aktivnosti mjerenja, naplate i prikupljanja podataka, poboljšanja usluge kupcu, postizanja prednosti pred konkurencijom te uočavanja pokušaja neovlaštenog manipuliranja brojilom;
- automatizacija distribucije;
 - nadzor i kontrola distribucijske mreže korištenjem računala i telekomunikacija u svrhu povećanja učinkovitosti distribucijske mreže,
 - omogućava operaterima mreže upravljanje uređajima na terenu u svrhu optimizacije njihova rada;

- daljinsko isključenje/uključenje;
 - instaliranje brojila koje elektroprivrede mogu isključiti putem PLC-a u slučaju neplaćanja, kao i ponovno aktivirati nakon plaćanja. Ta se brojila mogu isključiti i u slučaju uočavanja manipulacija s brojlama i krađe električne energije,
 - smanjuju se problemi i troškovi povezani s čestim promjenama korisnika brojila (npr. studentska naselja) kao i problem nedostupnih brojila;
- usluge očitavanja brojila za vodoprivrede i poduzeća za opskrbu plinom;
- rukovanje ispadima mreže;
 - automatsko uočavanje prekida u napajanju pojedinih potrošača ili grupe potrošača, a moguće i obavješćavanje o ponovnoj uspostavi opskrbe,
 - omogućuje lakše i brže određivanje mjesta kvara i ubrzavanje uklanjanja kvara,
 - obavješćavanje o ponovnoj uspostavi omogućuje bolji odziv na upite korisnika;
- praćenje kakvoće energije;
 - praćenje parametara mreže kako bi se osiguralo davanje usluge u skladu s dogovorenim performansama;
 - sve će češće cijenu i kakvoću energije određivati ugovor između kupca i elektroprivrede, a uvid u detaljan profil korištenja pomoći će objema stranama definirati optimalan ugovor i vrednovati odredbe ugovorenog;
- proaktivno održavanje i automatizacija rada osoblja za održavanje;
- održavanje se temelji na stanju mreže, a ne na vremenskom rasporedu.
- prognozirane zahtjeva za energijom na temelju poznavanja statistike o potrošnji, a kao pomoć u optimiranju proizvodnje i kupovine energije

Usluge orijentirane na poboljšanje usluge kupcu električne energije su:

- obračunavanje u stvarnom vremenu
- izdavanje združenih računa;
 - za određeni broj mjernih mjesta po želji korisnika može se izdavati jedan račun;
 - za pojedinog korisnika izdavanje jednog računa za potrošnju struje, plina i vode;
- upravljanje uređajima;
 - moguće je pratiti rad pojedinačnih električnih uređaja, kao i upravljati radom uređaja. Korisnici mogu biti informirani o neuobičajenoj potrošnji određenog uređaja ili neučinkovitom korištenju energije u usporedbi s modernijim rješenjima;
- upravljanje kupčevom potrošnjom električne energije;
 - određivanje potrošnje struje na temelju vremenskog razdoblja njenog korištenja i/ili tarifiranje potrošnje u stvarnom vremenu kod kojeg se ekonomskim signalima potiče učinkovitije korištenje energije;
 - kao opcija može se uključiti direktno upravljanje opterećenjem kada elektroprivreda uključuje ili isključuje određene kupčeve uređaje u skladu sa svojim ciljevima upravljanja krivuljom opterećenja;
 - cilj je smanjenje potrošnje električne energije ili pomak potrošnje na vrijeme kad je mreža slabije opterećena.
- elektroničko trgovanje, koje omogućava on line formiranje cijene energije, a može se koristiti za optimiziranje kupovanja energije;
- savjetodavne usluge, koje elektroprivrede mogu davati na temelju poznavanja svojih kupaca i na taj način postići prednost pred konkurencijom.

Nabrojane usluge mogu se pružati i korištenjem drugih tehnologija (npr. mobilni radijski sustavi, fiksni radijski sustavi, telefonska mreža).

Osnovne prednosti PLC-a za implementaciju usluga za održavanje distribucijske djelatnosti elektroprivreda su:

- izvrsna geografska pokrivenost, što je u odnosu na konkurentne tehnologije posebice važno distribucijama s geografski raspršenim korisnicima,
- zbog izvrsne geografske pokrivenosti moguće je pružiti homogenu razinu usluge kroz cijelo područje određene distribucije,
- zbog izvrsne geografske pokrivenosti sve mogućnosti sustava dostupne su bez obzira radi li se o urbanom ili ruralnom području i bez obzira na gustoću korisnika,

- dvosmjerna komunikacija s mjernim uređajima omogućava jednostavnije upravljanje uređajima priključenim na električnu mrežu,
- jeftinija instalacija jer veći dio infrastrukture već postoji pa cijena instalacije manje raste kod male gustoće korisnika nego kod drugih tehnologija,
- veći dio infrastrukture već postoji,
- jeftinija instalacija jer veći dio infrastrukture već postoji pa cijena instalacije za slučaj gusto naseljenih urbanih područja značajnije pada nego kod drugih tehnologija,
- stalna veza (on-line) i
- dvosmjerna komunikacija.

U slučaju korištenja širokopojasne PLC-infrastrukture uz telekomunikacijske usluge za podršku elektroprivredne djelatnosti koje se mogu pružati putem uskopojasnog PLC-a moguće je pružati i neke dodatne koje su zahtjevnije u pogledu prijenosnog kapaciteta, kao što je informiranje o energiji. Kod te usluge kupcu se preko uređaja s informacijskim zaslonom daju podaci o njegovom korištenju energije i savjeti vezani uz učinkovitije korištenje energije. Primjer mogućih informacija na zaslonu su: temperatura prostorije, vrijeme i nadnevak, trenutna tarifa, programirani odziv uređaja na tarifne signale, račun za električnu energiju do tog dana. Moguć je odabir prikaza preko predložaka.

Također, u slučaju korištenja širokopojasnog PLC-a moguće je istovremeno nuđenje usluga u pristupnim telekomunikacijskim mrežama, kao što su:

- brzi pristup Internetu,
- elektronička pošta, elektroničko trgovanje, elektroničko učenje i elektroničko bankarstvo,
- telefonija preko Interneta,
- videokonferencije,
- sigurnosni sustavi,
- zabava (igrice) i
- rad na daljinu.

Ove usluge znače mogućnost dodatne zarade za elektroprivrede.

3.1. Automatsko očitavanje brojila korištenjem PLC-a

Među uslugama za održavanje elektroprivredne djelatnosti koje se pružaju putem PLC-a najznačajnija i najrasprostranjenija je AMR odnosno AMM (Automated Meter Management).

Za AMR je uz brojilo koje ima svaki kupac energije potrebna i jedinica čija je funkcija preuzimanje podataka o očitavanju brojila u definiranim vremenskim razmacima i pohrana očitanih vrijednosti u memoriju. Ova jedinica može biti integrirana u brojilo ili posebna jedinica smještena pokraj brojila koja može biti zajednička za više brojila. Naplata se može temeljiti na fiksnim cijenama ili na cijenama ovisnim o tržištu (u tom se slučaju cijene mijenjaju iz sata u sat ili češće). Potrebno je bilježiti podatak o količini potrošene energije za svako tarifno razdoblje. Zbog toga se podaci o korištenju trebaju spremati na način koji prati fluktuiranje potrošnje tijekom vremena.

U određenim vremenskim razmacima zabilježene podatke očitava odgovarajuće elektroprivredno poduzeće, preuzima ih i pohranjuje radi mogućnosti kasnijeg pozivanja na iste. Također, elektroprivredno poduzeće u određenim vremenskim razmacima kupcima energije ispostavlja račun temeljen na količini potrošene energije i cijeni energije u razdoblju njenog korištenja.

Zahvaljujući prikupljenim podacima kupcima je omogućen uvid u vlastiti način korištenja pregledom povijesti korištenja, dok elektroprivredna tvrtka može analizirati podatke o korištenju u svrhu otkrivanja krađe energije i prijevara vezanih uz mjerenje potroška energije.

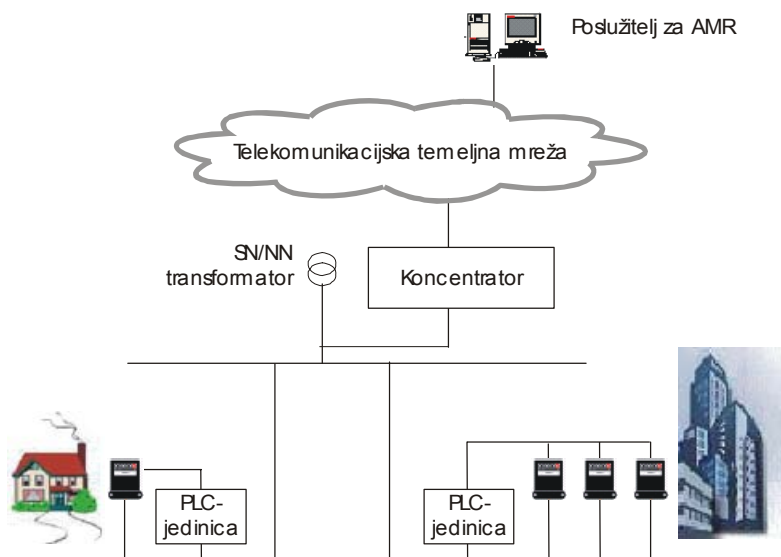
AMR-sustav ostvaren preko PLC-sustava se uz brojila sastoji od tri osnovne komponente, kao što je prikazano na Slici 1:

- krajnjih PLC-jedinica,
- središnjih uređaja ili koncentratora i
- sustava za upravljanje i nadzor na poslužitelju za AMR.

PLC-jedinica sa sučeljem prema brojilu je jedinica koja se ugrađuje u kućanstvu posebno uz brojilo ili je integrirana u brojilo. Njena je funkcija očitavanje vrijednosti brojila u definiranim vremenskim razmacima (najčešće 15-minutni intervali) i pohrana očitanih vrijednosti u memoriju.

Koncentrator je središnji uređaj uskopojasnog PLC-sustava koji se ugrađuje u trafostanici. Upravlja radom svih PLC-jedinica na području trafostanice i prikuplja vrijednosti iz njihovih brojila.

Sustav za upravljanje i nadzor upravlja s više koncentratora. Podaci koje su prikupili koncentratori pohranjuju se u sustav za upravljanje i nadzor gdje se kasnije mogu pregledavati i analizirati.



Slika 1. Arhitektura AMR-sustava ostvarenog preko uskopojasne PLC-mreže

Najnoviji podaci pokazuju trend rasta uvođenja AMR-a u elektroprivredama. U Tablici 2 dani su podaci iz Scott Report-a od 01.01.2005. godine o raširenosti AMR instalacija [8].

Vidljivo je da po raširenosti AMR-a prednjači SAD, gdje danas oko polovice kućanstava ima barem jedno brojilo u sustavu automatskog očitavanja [8].

Najveći dio implementiranih uređaja u Europi odnosi se primarno na Enelov projekt (radi se o hibridnom rješenju koje se sastoji od GSM i PLC komunikacija).

Tablica II. Raširenost AMR-implementacija u svijetu [8]

REGIJA	# ISPOSKA	% ISPORUKA	# PROJEKTI	% PROJEKTI
North America	71,846,670	70.7%	8,321	92.6%
Europe	24,658,270	24.3%	360	4.0%
Asia	4,381,252	4.3%	149	1.7%
Middle East	271,728	0.3%	24	0.3%
Central/So. Amer.	161,426	0.2%	52	0.6%
Australia/NZ	101,406	0.1%	33	0.4%
Misc.	80,278	0.1%	10	0.1%
Africa	65,603	0.1%	36	0.4%
TOTAL:	101,566,633	100.0%	8,985	100.0%

Kod odabira strategije uvođenja automatskih sustava očitavanja brojila važan je zakonodavni okvir i scenarij otvaranja tržišta s kojim se ulazi u studiju isplativosti. Detaljnija analiza isplativosti odabira tehnologije dana je u referatu [4].

Od početka 90-tih godina automatsko očitavanje brojila je postalo standard za komercijalne i industrijske kupce, no kada su u pitanju očitavanja brojila kućanstva elektroprivrede još uvijek vjeruju pouzdanosti i dugoročnoj stabilnosti elektromehaničkih brojila što je uzrokovalo sporu implementaciju elektroničkih brojila u Europi.

Talijanska elektroprivreda Enel je prva pokrenula projekt uvođenja elektroničkih brojila u kućanstva s ciljem uspostave komunikacije sa svakim brojiлом bilo gdje u mreži i u bilo koje vrijeme. Druge zemlje su je slijedile s malim vremenskim kašnjenjem. NUON, Benelux opskrbljivač je počeo projekt sa sličnom tehnologijom kao i Enel ali s nešto drugačijim pristupom. Usljedila je Skandinavija u 2004. godini pokretana švedskom energetsom regulativom. Oni su trebali otkloniti postojeće zapreke (operativne probleme s ugovaranjem i razmjenom podataka) kako bi kupci mogli brzo i jednostavno promijeniti opskrbljivača električne energije. Tako su mjerni podaci postali dostupni u svakom trenutku za obračun na zahtjev kupca [9].

Razlozi za uvođenje novih tehnologija su različiti: istočno europske zemlje su počele s implementacijom elektroničkih brojila kroz proces zamjene starih brojila, sjeverno europske zemlje su to radile prvenstveno zbog smanjenja netehničkih gubitaka, nordijske zemlje zbog regulatornih zahtjeva, a centralno europske zbog zamjene starih elektromehaničkih brojila.

Danas elektroprivrede umjesto AMR sustava uvode AMM sustave s ciljem integracije prikupljanja mjernih podataka s informatičkim sustavima za obračun i naplatu kao i procesima upravljanja podacima. Korištenjem AMM sustava smanjuje se mogućnost pogreške ručnog unosa podataka, omogućava se korištenje većeg broja tarifa (nekoliko dnevnih tarifa, vikend tarife i sl.), upravljanje opterećenjem, upravljanje naplatom, praćenje kvalitete električne energije i napona, upravljanje krađama električne energije. Današnja uporaba AMM-a je početak nove generacije mjernih rješenja u slijedećoj dekadi. Elektroprivrede koje koriste AMM sustave su spoznale njegove brojne prednosti ali i ograničenja postojećih tehnologija kao i napor u održavanju. Jedan od glavnih nedostataka dostupnih rješenja je veza od brojila do koncentratora i IP okosnice te nedostatak standarda u smislu komunikacijske operabilnosti.

Prilikom evaluiranja isplativosti uvođenja AMR-a i odabira tehnologije za isto, potrebno je uzeti u obzir sljedeće:

- trenutne troškove očitavanja i povezanih usluga,
- starost i vrstu postojećih brojila i
- gustoću naseljenosti i zemljopisnu raspršenost.

Međutim, s obzirom na prednosti koje može donijeti uvođenje AMR-a odnosno AMM-a potrebno je uzeti u obzir i sljedeće:

- smanjenje gubitaka uslijed krađe i manipuliranja brojiлом,
- smanjenje troškova povezanih s iskapčanjem i ponovnim ukapčanjem brojila kod promjene vlasnika brojila, krađe, manipuliranja brojiлом ili neplaćanja računa,
- poboljšanje pouzdanosti naplate,
- poboljšanu uslugu korisniku (manje je pogrešnih očitavanja nego kod ručnog očitavanja pa ima manje prigovora korisnika) i
- informacije koje se prikupe AMR-sustavima mogu se iskoristiti za povećanje funkcionalnosti elektroprivrede prema korisniku.

4. REGULATIVA VEZANA UZ PLC

Pitanje regulative, posebice regulative vezane uz elektromagnetsku kompatibilnost, ključno je za razvoj i budućnost PLC-a. Prilično je rašireno uvjerenje da PLC-sustavi zrače i ometaju rad radijskih službi i drugih korisnika frekvencija. U skladu s europskim principima regulacije, dozvoljeno zračenje telekomunikacijskih sustava određuje se na tehnološki neutralnom principu te za PLC treba biti dozvoljena ista razina zračenja i propisan isti način ispitivanja razine zračenja kao i za druge telekomunikacijske sustave, npr. DSL.

4.1. Regulativa za uskopojasni PLC

Prema hrvatskom Zakonu o telekomunikacijama (NN 122/03) električna i druga tehnička oprema ne smije stvarati elektromagnetske smetnje u funkcioniranju telekomunikacija, radijske opreme, telekomunikacijske terminalne opreme ni radijskih postaja, kao ni u prijemu radijskih i televizijskih emisija. Električna i druga tehnička oprema mora udovoljavati zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti u skladu s Pravilnikom o elektromagnetskoj kompatibilnosti, koji između ostalog sadrži i popis hrvatskih norma i europskih norma koje mora ispunjavati električna i druga tehnička oprema. Za proizvode koji su napravljeni u skladu s normama iz popisa u Pravilniku o elektromagnetskoj kompatibilnosti smatra se da ispunjavaju zahtjeve o elektromagnetskoj kompatibilnosti.

Jedna od normi s popisa je i CENELEC-ova norma EN 50065-1 zajedno s njenim dodacima A1, A2 i A3, preuzeta kao hrvatska norma HRN EN 50065-1:1997 Signalizacija na niskonaponskim električnim instalacijama u području frekvencija 3 kHz do 148,5 kHz. Ova norma definira dodjelu frekvencijskog područja različitim aplikacijama, ograničenja izlaznog napona krajnjih uređaja i ograničenja smetnji te daje metodu mjerenja. Metoda modulacije signala, metoda kodiranja, funkcijska svojstva (izuzev onih za sprečavanje zajedničkih smetnji), zahtjevi na okruženje, kao ni ispitivanje nisu definirani ovom normom.

Ukoliko telekomunikacijski sustav ili radijska mreža uzrokuju smetnje radijskim komunikacijama, poslove utvrđivanja uzroka smetnji i poduzimanja mjera za njihovo uklanjanje za smetnje obavlja Hrvatska agencija za telekomunikacije. Pripadna mjerenja i ispitivanja obavlja ta agencija ili ovlaštena osoba.

Budući da PLC-oprema dostupna na tržištu ima CE oznaku koja jamči sukladnost s odgovarajućim smjernicama, odnosno usklađenost s odgovarajućim harmoniziranim normama ETSI-a, CEN-a i CENELEC-a, može se upotrebljavati u Republici Hrvatskoj.

4.2. Regulativa za širokopojasni PLC

Dodatno korištenje već postojeće infrastrukture, kakva je npr. elektroenergetska mreža, za ostvarenje željene širokopojasne komunikacije je politički i ekonomski veoma privlačno. Nažalost, s razvojem širokopojasnog PLC-a povezane su i značajne teškoće. Postojeća elektroenergetska mreža nije osmišljena za širokopojasnu komunikaciju, što s jedne strane predstavlja značajan izazov pri razvoju tehnologije širokopojasnog PLC-a, a s druge strane unosi problem zračenja instalacije širokopojasnog PLC-a.

U rješavanju prvog problema uključen je niz proizvođača koji razvijaju vlastita rješenja za širokopojasni PLC te niz normizacijskih organizacija o čijem radu se može informirati u [1]. Također, Europska Komisija je pokrenula i projekt OPERA (Open PLC European Research Alliance for new generation PLC integrated network) čiji je zadatak razviti novu generaciju PLC-tehnologije primjenjive za izgradnju pristupne telekomunikacijske mreže, a jedan od rezultata treba biti normirano rješenje širokopojasnog PLC-a. Više o ovom projektu može se pročitati u [1] i [5]. U područje regulative spada rješavanje drugog problema, problema zračenja instalacije širokopojasnog PLC-a i pitanje korištenja frekvencijskog spektra.

Problemi vezani uz EMC do kojih dolazi pri implementaciji PLC-a srodni su problemima do kojih dolazi i kod implementacije ostalih širokopojasnih kablskih komunikacijskih sustava, npr. xDSL-a ili kablске televizije, čiji se rad temelji na prijenosu radijskih frekvencija žičanim medijem. Postojeća regulativa ne definira dozvoljenu emisiju kablskih sustava u frekvencijskom području od 1,6 MHz do 30 MHz koje je optimalno za rad širokopojasnog PLC-a, niti ne predviđa dodjelu frekvencijskih pojaseva kablskim sustavima. Kako ove frekvencije upotrebljavaju značajni korisnici spektra, od vojske i kontrole leta, preko služba sigurnosti, do radijskog razasijanja (engl.: broadcasting) i radijskih amatera, preduvjet za rad PLC-a je poštivanje regulative koja osigurava rad tih radijskih službi.

Hrvatski zakon ne definira pravila vezana uz uporabu radijskih frekvencija u kablskim komunikacijskim sustavima, niti ne sadrži zahtjeve vezane uz elektromagnetsku kompatibilnost kablskih mreža. Zbog toga je u nastavku iznijeto stanje regulative po pitanju PLC-a u Europskoj Uniji jer su europski rezultati najznačajniji za RH.

Premda su u Europi prvo donijeta nacionalna rješenja (Njemačka, Velika Britanija), stav Europske Komisije je da treba donijeti rješenje na razini EU, a optimalno na međunarodnoj razini kako bi se izbjegla fragmentacija tržišta. Pri definiranju regulative vezane uz širokopojasni PLC, Europska komisija ima sljedeća polazišta [10]:

- širokopojasni komunikacijski sustavi su važan čimbenik u izgradnji informacijskog društva;
- neophodno je osigurati natjecanje u području lokalne petlje;
- PLC je najbolje rješenje za istinsku konkurenciju u području lokalne petlje, jer se zasniva na postojećoj široko rasprostranjenjnoj infrastrukturi koja nije u vlasništvu dosadašnjeg telekomunikacijskog monopolista;
- širokopojasnim komunikacijskim sustavima treba osigurati što veću brzinu s tim da istovremeno ne dolazi do ometanja radijskih službi uslijed neželjenog zračenja tih sustava;
- najbolji način za utvrđivanje ograničenja vezanih uz neželjeno zračenje su probni poligoni;
- za sve širokopojasne komunikacijske sustave trebaju vrijediti ista ograničenja;
- ograničenja trebaju biti takva da omoguće rad već uobičajenih sustava bez ikakvih izmjena (Ethernet, halogene svjetiljke);
- poželjno je postaviti jednaka ograničenja neovisno o frekvenciji (engl.: flat limits);
- poželjno je uskladiti ograničenja na svjetskoj razini.

Slobodno kolanje proizvoda unutar Europske zajednice, tj. stavljanje na tržište (engl. market access) dozvoljeno je ukoliko proizvod udovoljava suštinskim zahtjevima odgovarajućih smjernica (engl. directive), na što ukazuje oznaka CE na proizvodu.

PLC-uređaji i PLC-oprema su uređaji u smislu Smjernice o EMC-u i trebaju zadovoljavati suštinske zahtjeve te smjernice i smjernice R&TTE čime dobivaju pravo na oznaku CE i dozvolu za stavljanje na tržište EU-a i ugrađivanje na prostoru EU-a. Vezano uz konstrukciju aparature (engl.: apparatus) Smjernica o EMC-u od aparature zahtijeva sljedeće:

- da ne uzrokuje elektromagnetsko ometanje radijske i telekomunikacijske opreme i druge aparature takve razine da im onemogućuje funkcioniranje u skladu s namjenom,
- imaju ugrađenu prikladnu razinu otpornosti na elektromagnetsko ometanje koja im omogućuje rad u skladu s namjenom.

Pod terminom aparatura podrazumijevaju se električne i elektroničke naprave zajedno s opremom i instalacijama koje sadrže električne i/ili elektroničke komponente.

PLC-mreža je "fiksna instalacija" u smislu Smjernice o EMC-u i pri njenom korištenju treba voditi računa o zaštiti korisnika radijskih službi. Na instalacije se ne odnosi obveza utvrđivanja elektromagnetske usklađenosti unaprijed i označavanje usklađenosti oznakom CE, već samo zahtjev za zaštitom. To znači da se u slučaju prigovora pristupa utvrđivanju udovoljavanja zahtjevima temeljem harmoniziranih normi namijenjenih korištenju u slučaju interferencije. Prema tome, PLC-mreža ne treba dobiti oznaku CE.

U listopadu 2001. godine CENELEC-u i ETSI-u proslijeđen je Mandat 313 za izradu i usvajanje harmoniziranih normi koje će definirati zahtjeve za EMC telekomunikacijskih mreža (emisija i otpornost na smetnje) ostvarenih energetskim kabelima, koaksijalnim kabelima i telefonskim paricama. Nažalost, ni do jeseni 2004. godine različiti stavovi glede dozvoljene jakosti zračenja nisu konvergirali, norma nije donesena te je tako nastavljena regulatorna nesigurnost vezana uz PLC.

Europska komisija može temeljem članka 19. Okvirne smjernice (Framework Directive) donijeti preporuku o harmoniziranoj primjeni odredbi te smjernice kako bi se ubrzalo dostizanje postavljenih ciljeva te je tako i postupila. U travnju 2005. godine donesena je preporuka *Commission Recommendation of 06/IV/2005 on broadband electronic communications through powerlines*.

Ovom preporukom nastoje se osigurati transparentni, proporcionalni i nediskriminirajući uvjeti za razvijanje PLC-sustava i uklanjanja bilo kakvih neprikladnih regulatornih barijera.

Preporuča se da se do donošenja harmoniziranih normi po Mandatu 313 sukladnost PLC-sustava sa zahtjevima Smjernice o EMC-u utvrđuje na sljedeći način:

- PLC-sustav treba biti izgrađen od opreme sukladne sa Smjernicom o EMC-u i korištene u skladu sa svojom namjenom
- PLC-sustav treba instalirati i funkcionirati u skladu s pravilima struke i u cilju zadovoljavanja suštinskih zahtjeva Smjernice o EMC-u.

Osim ovih pitanja regulative vezanih uz reguliranje uporabe frekvencijskog spektra i ograničenja zračenja, regulativa PLC-a obuhvaća i sljedeće:

- poslovnu, tj. elektroprivrednu regulativu - pitanja načina i uvjeta spajanja na transformatorsku stanicu, korištenja prava prolaza, vlasništva nad korištenom infrastrukturom, procjene vrijednosti korištene infrastrukture, dodjeljivanja troškova i obveza i sl., kao i
- zakonodavnu regulativu - pitanja vezana uz usluge koje se namjeravaju nuditi PLC-om.

5. RAŠIRENOST UPORABE PLC-a U SJEVERNOJ AMERICI

Postoje tri serije izvještaja o stanju AMR-industrije koje se temelje na različitim izvorima, a iz kojih se mogu saznati i podaci o raširenosti PLC-instalacija korištenih za AMR. To su:

- Scottovi izvještaji (The Scott Reports),
 - adresa na Internetu: www.thescottreport.com
 - izrađuju godišnje izvještaje o implementaciji AMR-a u Sjevernoj Americi, posljednji je Scott Report: AMR Deployments in North America, 8th Edition, December 2003.
 - izrađuju izvještaje o stanju na međunarodnom tržištu vezano uz AMR, The Scott Report: International AMR Deployments, 4th Edition, December 2003.
 - izvor podataka: više od 100 proizvođača AMR-rješenja
- izvještaji tvrtke Chartwell
 - adresa na Internetu: www.chartwellinc.com
 - u okviru serije izvještaja o istraživanju očitavanja brojala, *METERING Research Series* od 2001. godine tvrtka Chartwell izdala je 44 izvještaja
 - izvor podataka: *utility*-tvrtke, proizvođači PLC-a, konzultanti
- izvještaji organizacije AMRA (Automatic Meter Reading Association)
 - adresa na Internetu: www.amra-intl.org
 - izrađuju godišnje izvještaje o implementaciji AMR-a, posljednji je AMRA News 2002 Trials & Installations Report: A Snapshot of Ongoing Projects From the Utility's Perspective i AMRA Project Report 2004
 - izvor podataka: dobrovoljna prijava projekata od strane *utility*-tvrtki

Među AMR-projektima ostvarenim PLC-om i prijavljenim AMRA-i za 2003. godinu, dominiraju rješenja dvaju američkih poduzeća: Hunt Technologies i DCSI. Ova dva proizvođača spadaju u prvih pet proizvođača AMR-sustava po broju prodanih AMR-jedinica [11].

Prema [12], krajem 2004. godine Itron je držao 55 %, Cellnet 14 %, DCSI 8 %, a Hunt i Amco/Elster po 5 % AMR-tržišta Sjeverne Americe, što znači da je zastupljenost PLC-a barem 13 %.

U Tablici 3. za njih su dani podaci o broju prodanih PLC-jedinica dvaju najzastupljenijih proizvođača u Sjevernoj Americi do 2005. godine temeljeni na [11].

Vidljivo je da je trend prodaje u razdoblju od 2000. do 2005. pozitivan, ali uz smanjivanje stope rasta. DCSI od 2000. do 2005. imao porast prodaje od 145%, s tim da je nakon porasta za 71% u 2002. i 34 % u 2003., u 2004. isporučio tek 7,4 % PLC-jedinica više nego u 2003. Ovdje treba uzeti u obzir da je kroz 2002. i 2003. obavljena najveća isporuka – ukupno 1,3 milijuna jedinica za PPL. Hunt Technologies je u istom razdoblju imao ukupan porast od 44,4, % s ujednačenijim godišnjim prirastom: od 17,8 % preko 10,3 % do 11,2.

Smanjen tempo rasta prisutan je i kod proizvođača bežičnih AMR-rješenja, tako da pet najjačih proizvođača zajedno od 2000. do 2005. bilježe smanjivanje rasta prodaje i to od 14% preko 10 % do 0,3 %.

Tablica III. Isporučene PLC-jedinice proizvođača DCSI i Hunt Technologies [11]

BROJ PRODANIH PLC-JEDINICA	DCSI	Hunt Technologies
u 2001. godini	652.000	450.000
u 2002. godini	1.115.000	530.000
u 2003. godini	1.490.000	584.700
u 2004. godini	1.600.000	650.000
sveukupno od 2000. do 2005.	4.857.000	2.214.700

Poduzeće Hunt Technologies (adresa na Internetu: www.turtletech.com) se bavi PLC-om od svojih početaka sredinom 80-tih godina prošlog stoljeća i do danas je isporučilo preko 4 milijuna krajnjih PLC-jedinica za više od 480 tvrtki. Najviše prodaju manjim ruralnim elektroprivredama, ali raste im udio i na drugim segmentima tržišta. Od početnog jednosmjernog PLC-sustava, ponudu su 2002. proširili na dvosmjerne PLC-sustave, a 2004. su potpisali licencni ugovor s vodeći proizvođačem bežičnih AMR-sustava, poduzećem Itron. Iste godine sklopili su partnerstvo s proizvođačem brojila Badger Meter radi razvoja AMR-sustava prikladnog za vodoprivredu i plinopskrbu. Nešto više podataka dano je u [3].

DCSI (Distribution Control Systems Inc.) je podružnica tvrtke ESCO Technologies Inc. (adresa na Internetu: www.twacs.com), koja proizvodi i prodaje dvosmjerni automatski komunikacijski sustav temeljen na PLC-tehnologiji uskopojasnog prijenosa podataka elektroenergetskim vodovima, a instalirano ili ugovoreno preko 8 milijuna PLC-jedinica.

Prekretnica u razvoju poduzeća bila je narudžba elektroprivrede PPL koja se odlučila uvesti sustav automatskog očitavanja brojila za svih 1,3 milijuna korisnika na teritoriju veličine 25.900 km². Radi se o najvećem projektu dvosmjernog PLC AMR sustava u Sjevernoj Americi. Na konferenciji i izložbi DistribuTECH 2004 u Orlando časopis Utility Automation & Engineering T&D Magazine je dodijelio tvrtki PPL nagradu Automatic Meter Reading 2003 Project of the Year prepoznajući njihov projekt kao jedan od četiri najinovativnija projekta poduzeta unutar elektroprivrednih tvrtki Sjeverne Amerike na temelju veličine i područja implementacije, prednosti koje donosi korisnicima i elektroprivrednoj industriji u cjelini, kao i mogućih budućih prednosti za elektroprivredu.

Druga značajnija instalacija PLC-opreme proizvođača DCSI je najveći sustav za upravljanje opterećenjem u SAD-u izgrađen u poduzeću Florida Power & Light Co. Sustav uključuje više od 700.000 korisnika, a pokazao se učinkovitim i pouzdanim alatom za smanjivanje vršnih zahtjeva. FPL implementira upravljanje opterećenjem samo kad se pretpostavlja da će opterećenje sustava biti veće od graničnog pričuvnog kapaciteta, što je u prosjeku 3-4 puta godišnje: 2 puta ljeti i otprilike 2 puta zimi. Smanjenjem vršnih zahtjeva postignutim sustavom za upravljanje opterećenjem postignuta je ušteda od 1.000 MW postignuta. Zahvaljujući smanjenju zahtjeva, smanjen je broj ispada (blackouts), a i povećana prodaja energije drugim elektroenergetskim tvrtkama na Floridi [13].

U kolovozu 2005. završena je još jedna DCSI-ova PLC-implementacija za AMR na cjelokupnom teritoriju utility-poduzeća Wisconsin Public Service Co koja obuhvaća oko 269.000 brojila u rjeđe naseljenim dijelovima i oko 162.000 brojila u gusto naseljenim gradovima. Obuhvaćena su brojila za mjerenje potrošnje električne energije, vode i plina.

Više podataka o proizvođaču DCSI i njegovim instalacijama dano je u [3].

Za razliku od ova dva proizvođača uskopojasnih PLC-sustava, u Sjevernoj Americi prisutne su i implementacije usluga za podršku distribucijske djelatnosti putem rješenja proizvođača širokopojasnih PLC-sustava.

ConEdison, podružnica poduzeća Consolidated Edison, Inc., jedna je od najvećih elektroprivreda u vlasništvu investitora. Bavi se opskrbom električnom energijom, plinom i ima više od 3 milijuna kupaca. Ta elektroprivreda i proizvođač širokopojasnog PLC-sustava Ambient započeli su probni poligon implementacijom rješenja za uslugu pristupa Internetu. Prema [14], elektroprivreda ConEdison smatra da su PLC-usluge za podršku elektroprivredne djelatnosti ključne za dobar poslovni slučaj za PLC i ima dugoročno viđenje uloge širokopojasnog PLC-a za elektroprivredu. Prema njihovom gledištu, širokopojasni PLC je mogući ključ za razvoj inteligentne elektroprivredne mreže, Intelligrid, napredne elektroenergetske mreže s mogućnošću primanja signala iz elektroenergetske mreže u skoro stvarnom vremenu, praćenja elektroenergetske mreže i upravljanja njome u svrhu poboljšanog upravljanja imovinom i optimizacije sustava. Intelligrid je jedna od istraživačkih inicijativa američkog instituta za istraživanje električne energije EPRI (početna stranica na Internetu: www.epri.com).

6. RAŠIRENOST PLC-a U EUROPI

Na temelju podataka dostupnih na Internetu dan je prikaz raširenosti PLC-a u Europi. Među 25 zemalja Europske Unije dvije su pokazale opredjeljenje za širokom upotrebom naprednih sustava mjerenja: Italija i Švedska. Očekuje se da će ih ostale članice ubrzo slijediti.

Tablica IV. Raširenost upotrebe AMR-a za elektroprivrede u Europi prema proizvođačima [15].

Proizvođač	# isporučeno	%isporučeno	#Projekti	%Projekti
ADD GROUP Ltd.	210.400	43,6%	3	2,4%
Echelon	150.000	31,1%	1	0,8%
Goerlitz AG	39.600	8,2%	24	18,9%
Digital Meter Co.	17.700	3,7%	4	3,1%
Actaris	14.900	3,1%	5	3,9%
ltron	12.454	2,6%	16	12,6%

← ENEL

Svi proizvođači u tablici IV. osim Digital Meters Co. isporučuju AMR s PLC tehnologijom.

6.1. Projekt talijanske elektroprivrede Enel

Poduzeće Enel Distribuzione SpA je talijanska elektroprivreda s više od 30 milijuna kupaca. Deregulacijom tržišta električne energije 2002. godine Enel ostvaruje 25%-tni gubitak EBITDA-e (Earnings Before Interest, Tax, Depreciation, Amortization – zarada prije poreza, deprecijacije i amortizacije). To je uzrokovalo zaokret u Enellovoj strategiji koji je uspio, uvođenjem Telegastore PLC sustava (TLC), podići EBITDA za 15%.

Enel je u svibnju 2000. godine započeo razvoj sustava za daljinsko očitavanje brojila koji koristi niskonaponsku mrežu za prijenos podataka u kombinaciji s javnom telekomunikacijskom mrežom. Cilj im je bio zamijeniti sva brojila priključena na niskonaponsku elektroenergetsku mrežu i uvesti brojila prikladna za implementaciju AMR-sustava uz PLC-komunikaciju.

Sustav je nazvan Telegestore. Brojilo je posebno dizajnirano prema zahtjevima Enela i opremljeno modulom za uskopojasnu PLC-komunikaciju od brojila do koncentratora. Koncentratori komuniciraju sa središnjim sustavom za obračunavanje električne energije (kojeg je razvio IBM) putem GSM mreže. IBM i Enel imaju 12-godišnju licencu za prodaju razvijenog sustava.

Enel-ov Telegestore sustav sastoji se od brojila, koncentratora, modema i središnjeg sustava. Izvedba tog sustava prikazana je u referatu [3].

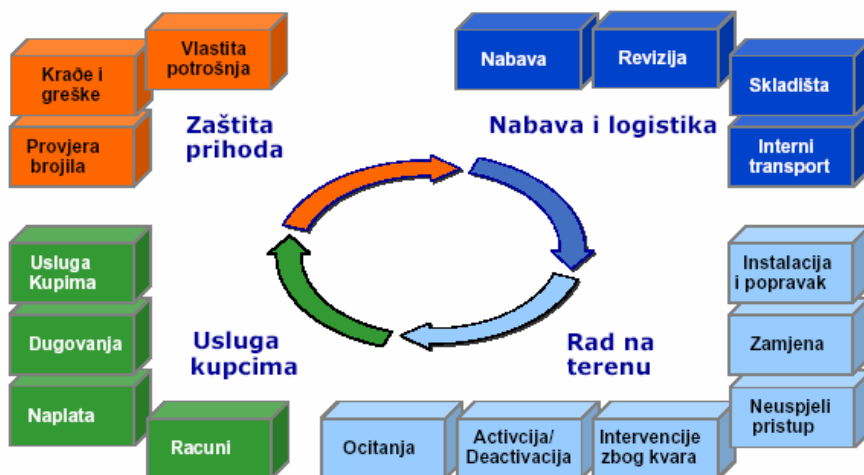
Enel je planirao do 2005. godine povezati 30 milijuna kupaca s PLC sustavom. Planirano vrijeme zamjene mjernih uređaja je 4 godine s 10.000 ljudi. Planirana dnevna proizvodnja je 50.000 komada te 40.000 komada dnevno brojila za ugraditi. Ukupan iznos investicije je 2.1 milijarde eura kroz 5 godina [3].

Glavne funkcionalnosti Telegestore sustava kao i brojne koristi njegove upotrebe dane su u referatu [4]. Sustav pruža kupcima izbor tarifnog modela koji odgovara njegovim potrebama, obračun električne energije prema stvarno potrošenoj električnoj energiji, informiranje o potrošnji električne energije, korištenje pretplatne funkcije i niz drugih dodatnih usluga. Elektroprivredama uvođenje ovakvih sustava nosi niz ušteda kroz smanjenje vršnog opterećenja, smanjenje proizvodnje električne energije i/ili

uvoza električne energije, smanjenje emisije stakleničkih plinova zbog smanjene proizvodnje, smanjenje gubitaka (krađa električne energije i sl.), poboljšanje naplate (mogućnost daljinskog isključenja kupaca), smanjenje troškova očitavanja, povećana točnost obračuna za električnu energiju (smanjuje se greške kod očitavanja i unosa u bazu podataka) i dr.

6.1.1. Analiza postignutih ušteda

Planirane godišnje uštede, nakon 2006. godine, uvođenjem Telegestore sustava Enel će ostvariti kroz 4 glavna područja: i to kroz nabavu i logistiku 150 milijuna €, radnje na terenu 100 milijuna €, usluge kupcima 50 milijuna € i zaštita prihoda 200 milijuna €. Ukupno očekivane godišnje uštede su 500 milijuna €.



Slika 2. Područja mogućih ušteda uvođenjem Telegestore projekta [16]

6.1.2. Upravljanje radnjama na terenu i ugovornim odnosima

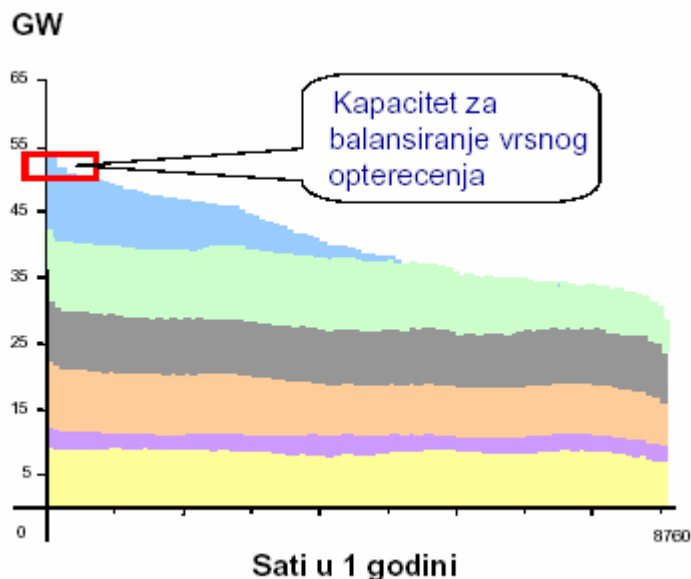
U 2004. godini daljinski je izvršeno ukupno 1.132.000 aktivnosti [3]:

- 273.000 aktivacija/trajnih deaktivacija,
- 646.000 promjena ugovora,
- 52.000 deaktivacija/ponovnih aktivacija,
- 161.000 drugih aktivnosti.

Pod pretpostavkom da izvršenje radnog naloga iznosi cca 30 eura, ušteda je veća od 33 milijuna eura. Dodatnih 108 milijuna eura uštede proizlazi iz troška 2.700 radnika potrebnih za izvršenje tog posla [3].

6.1.3. Upravljanje vršnim opterećenjem

Značajne uštede mogu se postići prebacivanjem vršnog opterećenja u sate nižeg opterećenja. Prebacivanje 1% vršnog opterećenja u sate nižeg opterećenja znači prebacivanje ekvivalenta snage od 3.000 MW. Stoga nije potreban rad elektrana za samo nekoliko sati godišnje što donosi i smanjenje zagađenja.



Slika 4. Stanje projekta u listopadu 2005. godine

Do listopada 2005. godine ostvareno je [9]:

- ugrađeno je 25.800.000 brojila,
- daljinski je očitavano dvomjesečno 23.000.000 brojila, a
- daljinski upravljano 23.000.000 brojila.

6.1.4. Pilot projekt širokopojasnog PLC-a u Brescia

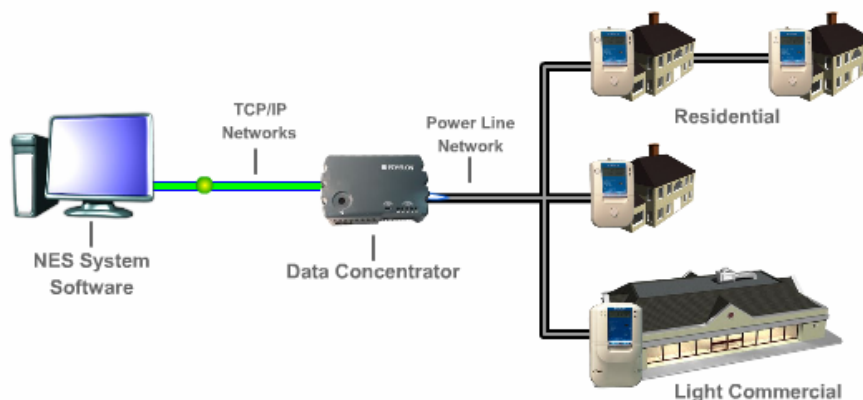
Gradska elektroprivreda ASM Brescia bavi se gotovo svim komunalnim djelatnostima u svojoj regiji: opskrba strujom, vodom, plinom; toplinarstvo, odvoz smeća, i dr. Brescia je implementirala Enel sustav uskopojasnog PLC-a. Kasnije su odlučili ispitati širokopojasni PLC te su odabrali Main.net-ovo rješenje [10]. Isti koristi za komunikaciju od koncentrata AMR-sustava do središnjeg AMR-sustava (umjesto najma GSM-a). Primjena PLC sustava omogućit će automatsko očitavanje brojila i daljinsku kontrolu, upravljanje tarifama, obračun na temelju stvarne potrošnje, provjeru stanja mreže u realnom vremenu te pružanje telekomunikacijskih usluga (širokopojasni Internet, VoIP i sl.). ASM Brescia ima oko 213.000 kupaca od čega su 200.000 kupci električne energije, 10.000 kupaca toplinarstva i 3.000 kupaca plina. Predviđa se da će biti više od 10.000 zainteresiranih kupaca za širokopojasni Internet. Projekt je započeo u siječnju 2005. godine a planirano vrijeme trajanja je godina dana.

6.2. PROJEKTI PLC-a U ŠVEDSKOJ

Švedsko tržište električne energije je deregulirano 1996. godine. Kao odgovor na deregulaciju švedsko tijelo za energetiku je preporučilo da se od 2006. godine električna brojila korisnika s više od 8.000 kWh godišnje (u ovu grupu spada trećina energetskih korisnika u Švedskoj) očitavaju barem jednom mjesečno, a od 2009. godine sva brojila. Vlada je u ožujku 2003. godine odlučila da se do 2009. godine svih 5 milijuna električnih brojila mora očitavati barem jednom mjesečno [18]. Projekt SAMS švedskog opskrbljivača Göteborg Energi AB obuhvaća 20 skandinavskih elektroprivreda kako bi se uspostavio zajednički sustav koji odgovara njihovih zahtjevima. Sustav bi trebao osigurati interoperabilnost između nekoliko mjernih tehnologija i brojila u AMR-u [15].

Vattenfall je švedska elektroprivreda u državnom vlasništvu i peta po veličini energetska kompanija u Europi s oko 6 milijuna kupaca električne energije i topline.

Vattenfall je krajem 2005. godine sklopio ugovor s Echelonom za uvođenje najveće instalacije, nakon Enel-a, modernog mjernog sustava za 700.000 mjernih mjesta. Početak projekta je prvi kvartal 2006. godine, a očekivano trajanje je 2 godine. Cjelokupan projekt obuhvatit će 13% švedskog tržišta kućanstava. Vrijednost investicije se procjenjuje između 20 i 30 milijuna \$.[20].



Slika 5. Prikaz Echelonovog NES sustava

Prikazani sustav omogućava dvosmjernu komunikaciju s brojilom, automatsko očitavanje brojila, obračun na temelju stvarno potrošene električne energije, upravljanje tarifama, funkciju samonaplate, daljinsko iskopčanje/ukopčanje, detekciju nestanka napona, zaštitu prihoda, upravljanje vršnim opterećenjem, praćenje krađe i drugo.

Vattenfal je također sklopio ugovor s poduzećem «Iskraemeco» za isporuku sustava za automatsko očitavanje 150.000 brojila. Radi se o hibridnom sustavu koji se sastoji od uskopojasnog PLC i GSM-a [19]. Projekt je vrijedan 30 milijuna eura.

Osim s Vattenfall-om «Iskraemeco» je ugovorila projekt PLC-a sa švedskom elektroprivredom Sydkraft. Radi se o hibridnom sustavu koji se sastoji od uskopojasnog PLC-a do koncentratora i GSM-a od koncentratora do centralne stanice. Iskraemeco u konzorciju na način da iskra nudi AMR mrežu, prikupljanje i obradu podataka vrši tvrtka WM-data, GSM operater je Maingate (TeliaSonera), a AMR operator je Rejlers. Na području Billeberg-a instaliran je uskopojasni PLC na 11.590 mjernih mjesta, sa ukupno 480 koncentratora podataka i 80-tak komunikatora. Poslovni zahtjev na sustav su mjesečno očitavanje i to na slijedeći način: 98% brojila očitati u roku od 1 dan, 99,5% brojila očitati u roku od 3 dana, 100% očitanih brojila u roku od 7 dana. 99% satnih mjerenja (krivulja opterećenja) mora biti dostavljeno Sydkraftu do 8:00 sati slijedećeg dana od očitavanja brojila, a za 100% očitanih podataka moraju garantirati kvalitetu i dostaviti Sydkraftu najkasnije do 10:00 sati četvrtog dana od dana očitavanja [19].

U švedskoj se nastavlja instalacija AMR sustava s PLC-om pod nazivom ADDAX tvrtke ADDGrup. U studenom 2005. godine sustav je instaliran u slijedećim gradovima:

- KVANUM (3 700 mjernih mjesta),
- GRASTORP (4200 mjernih mjesta),
- HERRLJUNGA (5000 mjernih mjesta),
- VASTERVIK (3000 mjernih mjesta).

Svaki sustav sadrži izravna i poluizravna trofazna brojila za električnu energiju, kao i rutere instalirane u trafostanicama koji omogućavaju dvosmjernu komunikaciju preko niskonaponske mreže (0.4 kV) i srednje naponske mreže (22 kV) između brojila i centra za prikupljanje podataka.

6.3. RAŠIRENOST ŠIROKOPOJASNOG PLC-a U EUROPI

Poduzeća Power PLUS Communications AG (PPC), zajedničko poduzeće izraelskog PLC-proizvođača Main.net Communications Ltd., američkog investicijskog poduzeća Energy Innovationsportfolio i proizvođača tehnologije za automatizaciju i elektroprivredu ABB, do sada je izgradilo širokopojasnu PLC-infrastrukturu s mogućnošću priključenja 300.000 kućanstava [21].

Radi se o integriranom rješenju za izgradnju infrastrukture na elektroenergetskoj mreži srednjeg i niskog napona te električnoj instalaciji kućanstva.

PPC ima u Mannheimu jednu od najvećih komercijalnu PLC-instalacija, a na području Njemačke i Austrije pokriva preko 200.000 kućanstava s najvećim instalacijama:

- u Linzu pokriveno područje – 65.000 kućanstava,
- u Hamelnu pokriveno područje – 28.000 kućanstava,
- u Drezdenu pokriveno područje – 20.000 kućanstava,
- u Mannheimu pokriveno područje - 85.000 kućanstava.

Druga generacija Main.net-ovih uređaja koristi modulaciju OFDM, radi na frekvencijama od 4 MHz do 20 MHz, i omogućava brzinu od 14 Mbit/s. Koriste čipove prema američkoj industrijskoj normi HomePlug.

Osim za telekomunikacijske usluge u pristupnim mrežama, njihovi se sustavi koriste i za:

- automatsko očitavanje brojila za električnu struju, plin, vodu i toplinsku energiju,
- mrežno-tonfrekventno upravljanje,
- praćenje trafostanica,
- online prikupljanje energetskih informacija o distribucijskoj mreži,
- očitavanje podataka iz trafostanica,
- prikupljanje podataka o kakvoći energije,
- i upravljanje opterećenjem.

Na području Europe imaju oko 1000 korisnika automatskog očitavanja brojila. Jedno od poduzeća koje koristi njihova rješenja za AMR je ASM Brescia u Italiji.

7. ZAKLJUČAK

Deregulacijom tržišta električne energije elektroprivrede se suočavaju s konkurencijom na području opskrbe električnom energijom i zahtjevima regulatora za smanjenjem troškova u reguliranim djelatnostima. U cilju zadržavanja kupaca, elektroprivrede se okreću novim tehnologijama koje omogućavaju ponudu većeg broja tarifnih modela, obračun prema stvarnoj potrošnji, upravljanje opterećenjem, informiranje kupaca o racionalnom korištenju električne energije te pružanje dodatnih usluga. Kako bi smanjile troškove regulirane djelatnosti elektroprivrede uvode nove mjerne sustave koji omogućavaju smanjenje gubitaka, smanjene investicije u distribucijsku mrežu kroz ograničenje vršnog opterećenja, praćenje kakvoće električne energije i kakvoće napona, istovremeno očitavanje brojila za električnu energiju, toplinu i plin i dr. Dinamika otvaranja tržišta električne energije bitno utječe na zahtjeve na obračunske mjerne sustave.

Trend uvođenja AMR sustava u svijetu je pozitivan. Prema podacima iz Scott Report-a od 01.01.2005. godine ukupno je isporučeno 101.566.633 AMR jedinica, od čega 70,7% u Sjevernoj Americi. Na Europu otpada oko 24% s velikim udjelom AMR jedinica instaliranih u Enel-u. Ukupan broj AMR projekata je 8.985. Od navedenog, oko 13% isporučenih AMR jedinica u Sjevernoj Americi je PLC. Među AMR projektima ostvarenim PLC-om u Sjevernoj Americi dominiraju dva proizvođača: Hunt Technologies i DCSI.

Poduzeće Hunt Technologies je do danas je isporučilo preko 4 milijuna krajnjih PLC-jedinica za više od 480 tvrtki dok DCSI ima ugovoreno preko 8 milijuna PLC-jedinica.

Od europskih zemalja Italija i Švedska su pokrenule velike projekte uvođenja AMR i AMM sustava. U Italiji Enel je uveo sustav sa uskopojasnim PLC-om za daljinsko očitavanje brojila za više od 30 milijuna kupaca. U Švedskoj je energetska regulativa pokrenula velike projekte uvođenja AMR sustava. Samo elektroprivreda Vattenfal je sklopila ugovore s nekoliko proizvođača (Echelon, Iskraemeco) za AMR s uskopojasnim PLC-om za više od 700.000 korisnika. Neke elektroprivrede razmatraju uvođenje širokopojasnog PLC-a za podršku distribucijske djelatnosti i vide širokopojasni PLC kao moguć ključ za razvoj inteligentne elektroprivredne mreže

Pitanje regulative, posebice regulative vezane uz elektromagnetsku kompatibilnost, ključno je za razvoj i budućnost PLC-a. Prilično je rašireno uvjerenje da PLC-sustavi zrače i ometaju rad radijskih službi i drugih korisnika frekvencija. U skladu s europskim principima regulacije, dozvoljeno zračenje telekomunikacijskih sustava određuje se na tehnološki neutralnom principu te za PLC treba biti dozvoljena ista razina zračenja i propisan isti način ispitivanja razine zračenja kao i za druge telekomunikacijske sustave, npr. DSL. U radu je detaljno opisano trenutno stanje regulative za uskopojasni i širokopojasni PLC. Dozvoljeno zračenje uskopojasnih PLC sustava definira norma EN 50065-1. Za širokopojasne PLC sustave još nije donesena norma, ali je Europska Komisija, želeći osigurati uvjete za razvoj te tehnologije za koju smatraju da može značajno doprinijeti bržoj izgradnji europske širokopojasne infrastrukture, usvojila preporuku kojom se regulira uporaba širokopojasnog PLC-a do trenutka donošenja odgovarajućih normi.

LITERATURA

- [1] „Analiza mogućnosti primjene komunikacije niskonaponskom elektroenergetskom mrežom u HEP-u“, Suzana Javornik Vončina, HEP, Sektor za poslovnu informatiku, Služba za telekomunikacije, elaborat, siječanj 2005.
- [2] "Primjena PLC-a u uvjetima dereguliranog tržišta električne energije", Suzana Javornik Vončina, Tina Jakaša, CIGRE Cavtat 2003.
- [3] "Iskustva u primjeni PLC-a na dereguliranom tržištu električne energije ", Suzana Javornik Vončina, Tina Jakaša, CIGRE Cavtat 2004.
- [4] "Prilog ekonomskoj analizi isplativosti uvođenja PLC-sustava u elektroprivredama ", Tina Jakaša, Suzana Javornik Vončina, CIGRE Cavtat 2005.
- [5] "Primjena širokopojasnog PLC-a u europskim elektroprivredama", Suzana Javornik Vončina, CIGRE Cavtat 2005.
- [6] DIRECTIVE 96/92/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity, Official Journal L 27, 30.01.1997, pages 20-29]
- [7] DIRECTIVE 2003/54/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC
- [8] www.energybizmag.com, ENERGYBIZ MAGAZINE 53 (tablica je iz "The Scot Report" od 1.1.2005. godine)
- [9] http://www.goerlitz.ag/medien/fws/GOE_MAU_0505_stockholm.pdf ; Metering automation, svibanj 2005.
- [10] "PLCForum Regulation & Standardisation", Victor Dominiguey Richards, PLC World Summit 2003
- [11] AMR Shipments 2005, 3rd Edition, Chartwell, March 2005
- [12] The Scott Report: AMR Deployments in North America, 4th Edition, December 2004.
- [13] Michael Andreolas: "Mega Load Management System Pays Dividends", Transmission & Distribution World, February 2004
- [14] Tim Frost, Consolidated Edison: "Utility Applications of PLC", BPL 2004 Conference, July 29, 2004
- [15] The Scott Report: International Deployment for Automated Metering Devices 4th Edition
- [16] «The Italian leading-edge Telegestore Project», Vincenzo Cannatelli, London, March 14, 2005
- [17] Supporting Core Business Needs: the unique Enel's Telegestore Project; 2005 European Utility Telecom Conference, Vincenzo Cannatelli, Vienna, Tuesday, October 25, 2005
- [18] Swedish utilities introduce AMR, www.metering.com
- [19] Iskraemecovi AMR sustavi za kućanstvo instalirani u Skandinaviji, power point prezentacija
- [20] <http://www.echelon.com/metering/>; «Vattenfall AB Selects Echelon's NES Smart Electricity Metering System for up to 700,000 Customers», 19.12.2005.
- [21] Powerline Communication The company presentation, Power Plus Communication, January 2006