

Stjepan Sučić, mag.ing.el.
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
stjepan.sucic@koncar-ket.hr

mr.sc. Ante Martinić, dipl.ing.rač.
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
ante.martinic@koncar-ket.hr

Hrvoje Keserica, mag.ing.rač.
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
hrvoje.keserica@koncar-ket.hr

UTJECAJ DRUGOG IZDANJA IEC 61850 STANDARDA NA RAZVOJ KOMUNIKACIJSKE ARHITEKTURE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

SAŽETAK

IEC 61850 nastao je kao komunikacijski standard namijenjen automatizaciji transformatorskih stanica kako bi se odredio jedinstven protokol razmjene podataka između opreme unutar energetske postrojenja. Pomoću jasno i strogo definiranih pravila prvenstvena namjena IEC 61850 standarda je onemogućavanje zatvorenih proizvođačkih izvedbi komunikacijskog protokola radi jednostavne integracije opreme različitih proizvođača u upravljački sustav. Osnovna načela na kojima se IEC 61850 temelji (objektno orijentirano modeliranje, ostvarivanje komunikacije upotrebom različitih aplikacijskih protokola) ostavljaju mogućnost proširenja semantike procesnih podataka izvan transformatorskih stanica.

U ovom članku dan je pregled proširenja IEC 61850 standarda na ostatak elektroenergetskog sustava kao dio novog, drugog izdanja standarda. Prikazani su ostali značajni IEC standardi vezani uz IEC 61850, dan je osvrt na probleme usklađivanja i zajedničkog korištenja opisanih standarda te je opisan utjecaj na oblikovanje buduće jedinstvene komunikacijske arhitekture elektroenergetskog sustava.

Cljučne riječi: IEC 61850, IEC 62351, CIM, IEC 61499, napredne mreže

IMPACT OF SECOND EDITION OF IEC 61850 ON POWER SYSTEM COMMUNICATION ARCHITECTURE DEVELOPMENT

SUMMARY

IEC 61850 was developed as communication standard for substation automation in order to specify unique protocol for information exchange inside power stations. By defining strict and unambiguous rules, primary IEC 61850 intentions were to disable proprietary communication protocol implementations for easier equipment integration in control system. Basic IEC 61850 principles (object-oriented modeling, implementing communication on various API) leave possibilities for extension of process data semantics outside substations.

In this article an overview of IEC 61850 extensions on other power system elements is given, as a part of new, second standard edition. Other standards related to IEC 61850 are shown, overview of harmonization problems for described standards is given, and common influence on forming unique communication architecture of future power system is elaborated.

Key words: IEC 61850, IEC 62351, CIM, IEC 61499, smart grids

1. UVOD

Prvo izdanje međunarodnog standarda IEC 61850 nastalo je izdavanjem 14 dokumenta u razdoblju od 2002 do 2005 godine [1] kojima je u potpunosti određen komunikacijski profil namijenjen automatizaciji transformatorskih stanica. IEC 61850 je nastao na temelju ranije razvijenog protokola UCA (eng. *Utility Communication Architecture*) [2] odakle su preuzeti osnovna načela objektno-orientiranog modeliranja uređaja, definiranje apstraktnih komunikacijskih servisa i mapiranje bez ovisnosti o posebnom aplikacijskom protokolu. Pomoću navedenih načela stvorena je dovoljno stroga definicija razmjene procesnih podataka koja onemogućuje razlike u proizvođačkim implementacijama, čime se garantira jednostavno integriranje opreme različitih proizvođača unutar istog postrojenja. Različite implementacije jedinstvenih zajedničkih normi bile su najveći problem prethodnih međunarodnih prihvaćenih komunikacijskih standarda (IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-104, DNP3) [3][4][5].

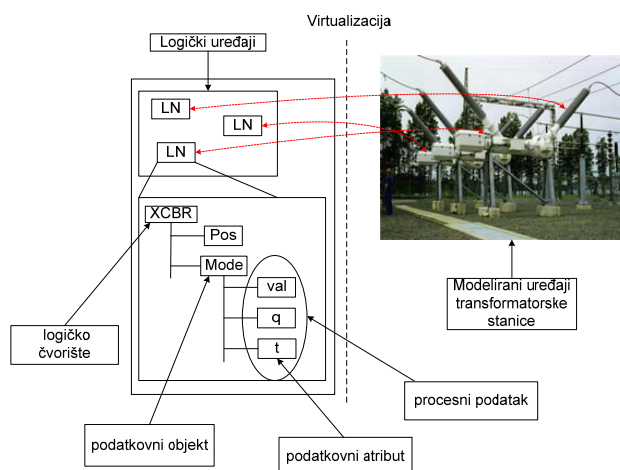
Prihvatanjem IEC 61850 od strane većine vodećih proizvođača opreme u području industrijske automatizacije, stvoren je temelj za primjenu izvan domene transformatorskih stanica. Prvi takav projekt rezultirao je razvojem standarda IEC 61400-25 [6] kojim su IEC 61850 informacijski modeli i komunikacijski servisi prilagođeni upravljanju vjetroelektranama.

U ovom članku dan je pregled primjene i proširenja IEC 61850 standarda izvan transformatorskih stanica. Prikazani su noviteti koji će biti dio drugog izdanja standarda. Navedeni su osnovni problemi usklađivanja IEC 61850 i ostalih IEC standarda ključnih za upravljanje elektroenergetskim sustavom (EES), ostvarivanje informacijske sigurnosti (IEC 62351) [7] i jedinstvene topologije EES-a (IEC 61970, IEC 61968) [8][9]) kao i standard za distribuirano upravljanje postrojenjima (IEC 61499) [10]. Cilj usklađivanja i zajedničke primjene navedenih standarda je ostvarivanje temelja za jedinstvenu komunikacijsku arhitekturu EES-a.

2. OSNOVNA NAČELA IEC 61850 STANDARDA

2.1. Informacijski model elektroenergetskog sustava

Za razliku od prethodnih komunikacijskih standarda (IEC 60870-5, DNP3) čija se semantika procesnih podataka temelji na signalima (eng. *signal-oriented*) [3][5], IEC 61850 uvodi načelo opisivanja energetskih uređaja na temelju objektno orijentirane paradigme [11]. Standard definira klase uređaja korištenih u različitim postrojenjima EES-a (prekidači, rastavljači, vjetroelektrane) koje nasljeđuju klasu upravljačkog uređaja (eng. *IED - Intelligent Electronic Device*). Procesom virtualizacije objektni modeli fizičkih uređaja u energetskim postrojenjima izravno su povezani s procesnim podacima koji su ključni za njihov nadzor i upravljanje (Slika 1).



Slika 1. Virtualizacija – opisivanje stvarnih postrojenja prema IEC 61850 objektnom modelu

Objektno orijentirano modeliranje omogućuje jednostavan opis različitih postrojenja u EES-u uz korištenje jedinstvene i standardom određene paradigme. Daljnja proširenja IEC 61850 informacijskog modela temelje se isključivo na stvaranju novih klasa uređaja i definiranju ključnih procesnih

podataka [11]. Nasljeđivanje u objektno orijentiranom modeliranju označava pojam kojim jedan modelirani objekt (klase) nasljeđuje sve karakteristike (podatke, podatkovne atribute, logička čvorišta) drugog općenitijeg modeliranog objekta (klase). Npr. prekidač i rastavljač nasljeđuju obilježja klase koja opisuje sklopne aparate.

Standardom definirane klase predstavljaju međunarodno prihvaćene opise uređaja uz jedinstvene putanje do pojedinih procesnih podataka [12][13]. Osnovni dio svakog IEC 61850 modela su logička čvorišta, kojima je definirana posebna funkcionalnost uređaja u postrojenju. Dio logičkih čvorišta su upravljački blokovi i hijerarhijske putanje prema procesnim podacima. Procesni podatak označavaju tri osnovna podatkovna atributa (vrijednost, kvaliteta i vremenska oznaka). Hijerarhijski model IEC 61850 klasa prikazan je na slici 1 [11].

2.2. Apstraktni komunikacijski servisi

Za omogućavanje pristupa IEC 61850 procesnim podacima definirao je nekoliko komunikacijskih servisa (eng. *ACSI – Abstract Communication Service Interface*) prilagođenih zahtjevima nadzora i upravljanja automatizacijskim procesima [13]. Servisi su određeni pravilima koja uključuju semantiku procesnih podataka koji se razmjenjuju, vremenske zahtjeve njihovog dohvata i opise razmjene pomoću automata stanja.

Osnovni servisi vertikalne komunikacije uključuju: slanje naredbi, primanje podataka o događajima na temelju izvještaja (eng. *event reporting*), zahtjev - odgovor komunikaciju (eng. *polling*) te stvaranje arhivskih zapisa (eng. *logging*). Vertikalni klijenti mogu biti SCADA aplikacije, pretvornici protokola (eng. *gateways*) ili posrednički programi (eng. *brokers*).

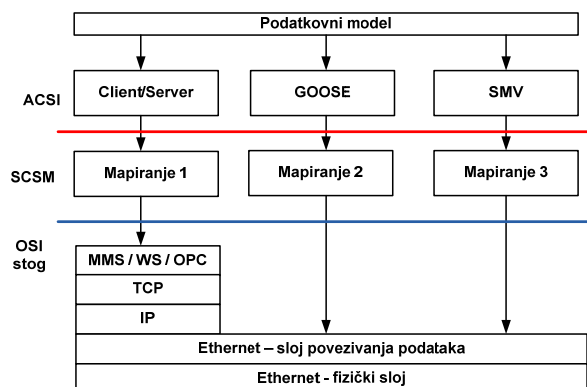
Osnovni servisi horizontalne komunikacije uključuju: GOOSE (eng. *Generic Object Oriented Substations Events*) tj. poruke o događajima potrebnima za ostvarivanje zaštitnih funkcija i SMV (eng. *Sampled Measured Values*) tj. poruke o uzorkovanim mjerenjima. Horizontalni klijenti su uglavnom upravljački uređaji i uređaji relejne zaštite (IED).

Ovako opisani komunikacijski servisi stvaraju okružje (eng. *framework*) za modeliranje upravljačkih procesa u različitim elektroenergetskim postrojenjima [11].

2.3. Mapiranje komunikacijskih servisa

Mapiranje označava ostvarivanje ACSI servisa upotrebom postojećih aplikacijskih protokola (Web Servisi, OPC, CORBA). Iz tog razloga ACSI servisi nisu izravno vezani uz određenu tehnologiju ili API (eng. *Application Programming Interface*), već se ovisno o trenutnom tehnološkom razvoju mogu prilagoditi novim i boljim rješenjima od postojećih. Jedini uvjet primjene aplikacijskog protokola je podrška za objektno orijentiranu paradigmu, ostvarivanje modela pretplate (eng. *subscription*) i komunikacija zahtjev-odgovor (eng. *request-reply*).

Prvo izdanje IEC 61850 standarda kao osnovno mapiranje (eng. *SCSM - Specific Communication Service Mapping*) za vertikalnu komunikaciju koristi MMS (eng. *Manufacturing Message Specification*) koje je definirano ISO 9605 [14] standardom dok se horizontalna komunikacija ostvaruje izravnim mapiranjem na Ethernet protokol [15] (Slika 3).



Slika 2. Mapiranje komunikacijskih servisa

3. UPOTREBA IEC 61850 IZVAN TRANSFORMATORSKIH STANICA

3.1. IEC 61400-25 – Nadzor i upravljanje vjetroelektranama

Kao rezultat uspješne primjene IEC 61850 u transformatorskim stanicama, prednosti novog pristupa u upravljanju i nadzoru energetske postrojenja primijenjene su u domeni vjetroelektrana. U razdoblju od 2006. do 2008. definiran je skup standarda IEC 61400-25 [6] kao izravan nastavak na IEC 61850. Standard definira nove informacijske modele prilagođene vjetroelektranama i primjenu vertikalnih ACSI servisa. IED su predstavljeni kao upravljački uređaji za ostvarivanje distribuiranog sustava vjetroelektrana u obliku vjetroparka [6]. Jedna od novosti uvedenih IEC 61400-25 su novi oblici ACSI mapiranja koji uz MMS uključuju Web Service, OPC-XML-DA, DNP3 te IEC 60870-5-104 kao aplikacijske protokole [16]. Izuzev Web Servisa, ostala mapiranja ne ostvaruju podršku za cjelokupnu vertikalnu komunikaciju, ali se mogu uvjetno koristiti pri raznim oblicima pretvorbi protokola [16].

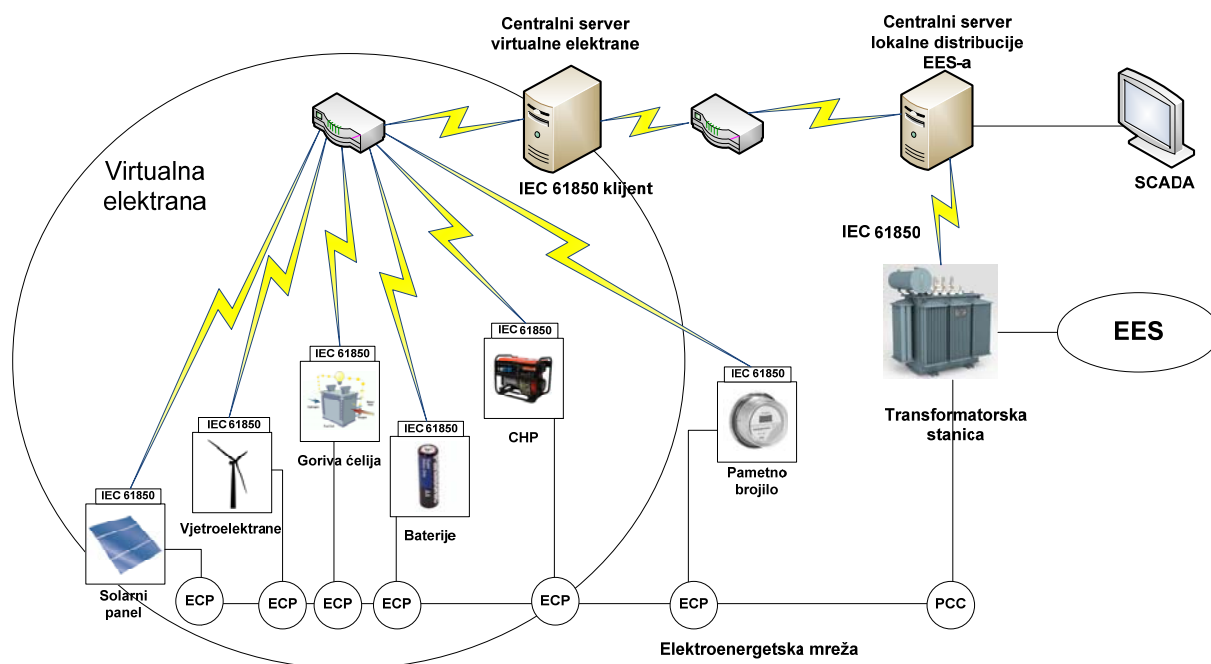
3.2. IEC 61850-7-410 – Nadzor i upravljanje hidroelektranama

Ovim dijelom standarda informacijski modeli su prošireni na domenu hidroelektrana. Za razliku od prethodnih IEC 61850 dijelova, u ovom standardu su izuzev dodatno definirani procesni podaci za informacijske modele po prvi put uvedeni funkcijski blokovi pomoću koji je moguće modelirati funkcije automatskog upravljanja hidroelektranama [17].

3.3. IEC 61850-7-420 – Nadzor i upravljanje distribuiranim izvorima energije

Najnovije IEC 61850 proširenje su informacijski modeli distribuiranih izvora energije. Modeli obuhvaćaju procesne podatke koji se koriste za upravljanje i nadzor solarnih panela, gorivih ćelija, diesel agregata, kogeneracijskih postrojenja (eng. *CHP - Combined Heat and Power*) i baterijskih sustava. Upotrebom definiranih modela omogućeno je stvaranje komunikacijskih procesora za pristup podacima nužnim za upravljanje i nadzor distribuiranom proizvodnjom. Također, dan je objektni model točke pristupa mreži (eng. *ECP – Electrical Connection Point*) za svaki od distribuiranih izvora i zajedničke priključne svih izvora (eng. *PCC – Point of Common Coupling*) [18].

Korištenje IEC 61850-7-420 omogućuje jednostavnu integraciju distribuiranih izvora u sustav te olakšano ostvarivanje virtualnih elektrana [19] kao upravljivih, energetske značajnih skupina distribuiranih izvora (Slika 3).



Slika 3. Virtualne elektrane i IEC 61850

4. IEC 61850 – RAZVOJ

4.1. Problemi primjene IEC 61850

Unatoč strogo definiranoj semantici podataka i mapiranju na aplikacijske protokole, tijekom primjene standarda i davanja potvrde o sukladnosti sa IEC 61850 [20][21], primijećeni su nedostaci zbog kojih se ne može sa sigurnošću garantirati zajednički rad opreme različitih proizvođača. Naime, upravo zbog slobodnog oblikovanja automatizacijskog procesa, moguće je istu funkcionalnost ostvariti korištenjem različitih komunikacijskih servisa ovisno o broju procesnih podataka i zahtjevima za brzinu njihove razmjene. Iz tih razloga u 2010. godini započet je proces definiranja novih dokumenata kojima će biti opisano koja logička čvorišta i komunikacijski servisi nužno moraju biti podržani ovisno o tipu automatiziranog procesa i aplikacijske logike kako bi zadovoljavali IEC 61850 uvjete sukladnosti [22]. Dokumenti su podskup sedmog dijela protokola (IEC 61850-7-5XX) i trenutno su pripremi radni dokumenti (eng. *CD - Committee Draft*) [22].

4.2. Primjena IEC 61850 na arhitekturi Web

Standardom IEC 61850-7-10 [23] bit će određeni načini prikaza i pristupa informacijskim modelima preko Web sučelja. Trenutno se radi na određivanju mogućnosti javno dostupnog Web poslužitelja i odgovarajuće programske podrške kako bi bio omogućen pristup trenutno važećim IEC 61850 opisima informacijskih modela. Ova javna usluga služiti će za olakšano praćenje trenutnog stanja standarda.

Standard je trenutno u stadiju radnog dokumenta [23].

4.3. Razmjena podataka između transformatorskih stanica

Ostvarivanje složenijih funkcija zaštite na većem području elektroenergetskog sustava (eng. *Wide Area Protection*) zahtijeva podršku u razmjeni podataka između energetske postrojenja. Dokumentom IEC 61850-90-1 [24] određeni su zahtjevi koji su nužni za razmjenu podataka između transformatorskih stanica. Opisane su distribuirane funkcije zaštite u EES-u, slučajevi korištenja (eng. *use cases*), te komunikacijski zahtjevi za kašnjenje i pouzdanost u razmjeni poruka između transformatorskih stanica. Komunikacija se temelji na razmjeni GOOSE i SMV poruka korištenjem komunikacijskog tuneliranja (eng. *tunneling*) ili pomoću pretvornika protokola (eng. *gateways*). Standard je u procesu izdavanja (eng. *PPUB - Publication issued*) [24].

U 2010. godini očekuje se početak rada na standardizaciji pristupa procesnim podacima za sinkrofazore za ostvarivanje WAMS (eng. *Wide Area Monitoring System*) zaštite u EES-a u skladu sa standardom IEEE C37.118 [25], pod nazivom IEC 61850-90-5 [23].

4.4. Razmjena podataka između transformatorskih stanica i upravljačkih centara

U najvećem broju slučajeva, komunikacija s upravljačkim centrima se ostvaruje korištenjem jedne od izvedbi protokola IEC 60870-5 (IEC 101 – serijska ili IEC 104 - TCP/IP izvedba). 2009. godine započet je rad na standardu IEC 61850-90-2 [23] kojim će biti definirani procesni podaci potrebni za ostvarivanje upravljanja i nadzora od strane upravljačkih centara [23].

Zbog činjenice da je IEC 60870-5 trenutno najraširenije korišten IEC protokol u automatizaciji energetske postrojenja, izdan je IEC 61850-80-1 [26] u kojem je opisan odnos IEC 61850 podatkovnih klasa i IEC 60870-5 signala. Pomoću ovog standarda moguć je razvoj pretvornika protokola kao privremenog rješenja u komunikaciji s upravljačkim centrima [16][26].

4.5. Stanje fizičkih uređaja

IEC 61850 ostavlja mogućnost je definicije mjerenja koje je nužno pratiti kako bi se odredilo stanje fizičkih uređaja s ciljem procjene zamora materijala, planiranja održavanja ili mjerenja određenih fizikalnih veličina (vibracije, toplina). Prvi radni dokument kojim su određena mjerenja značajna za vjetroelektrane je IEC 61400-25-6 [27], dok se za ostatak informacijskih modela obuhvaćenih u IEC 61850 očekuje izdavanje prvog radnog dokumenta sredinom 2010. godine pod nazivom IEC 61850-90-3 [23].

5. INFORMACIJSKA SIGURNOST ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

5.1. Primjena otvorenih tehnologija i standarda

Proširenjem informacijskih modela IEC 61850 standarda započet je proces stvaranja jedinstvene komunikacijske arhitekture elektroenergetskog sustava koja se uvelike zasniva na korištenju otvorenih tehnologija (ISO 9605) [28] i široko prihvaćenih standarda (TCP/IP, HTTP, SNMP) [29]. Jednostavna dostupnost podataka o korištenim tehnologijama uvelike povećana vjerojatnost uspješnih zlonamjernih računalnih napada na energetske infrastrukturu [30].

IEC je započeo rada na definiranju zahtjeva informacijske sigurnosti koji će biti primijenjeni na odgovarajuće komunikacijske protokole (IEC 61850, IEC 60870-5, DNP3) [30], te je kao rezultat suradnje nekoliko IEC tehničkih odbora nastao IEC 62351 standard. Njim će biti obuhvaćeni sigurnosni zahtjevi i načini njihovog ostvarenja ovisno o tipu korištenog komunikacijskog protokola. Zasebno su definirani načini ostvarenja osnovnih sigurnosnih načela (povjerljivost, integritet, raspoloživost, neporecivost) za serijsku i TCP/IP komunikaciju, aplikacijske protokole mapiranja (MMS), te upravljanje sustavom i mrežom uz korištenje digitalnog potpisivanja poruka, enkripcije i prilagođenog ICMP (eng. *Internet Control Message Protocol*) [31] protokola za nadzor stanja uređaja u EES-u [30].

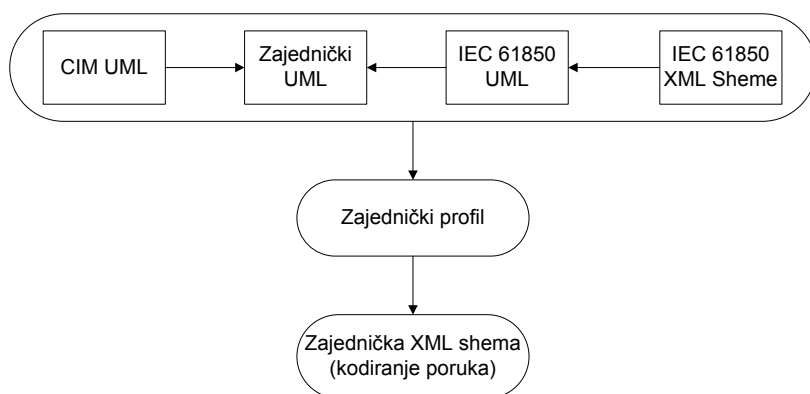
6. JEDINSTVENA TOPOLOGIJA ELEKTROENERGETSKOG

6.1. SCL i CIM

U IEC 61850-6 [32] definiran je SCL (eng. *Substation Configuration description Language*) kao format XML zapisa datoteka kojim je moguće opisivati funkcije i dohvatljive procesne podatke pojedinog upravljačkog uređaja (IED). CIM (eng. *Common Information Model*) predstavlja jedinstven model za opisivanje sučelja aplikacijskih funkcija u EES-u. Funkcije koje se koriste u distribuciji EES-a opisane su IEC 61968 [9], a funkcije prijenosa u IEC 61970 [8] standardu. Unatoč činjenici da su sva tri standarda proizašla kao rezultat istog tehničkog odbora (TC57), razvijani su u sklopu različitih projekata, zbog čega su nastali problemi njihovog usklađivanja prilikom jedinstvenog opisivanja energetske infrastrukture [33]. Osnovna razlika SCL i CIM modela je u pristupu opisivanja, naime SCL je usmjeren na hijerarhijski prikazano, funkcijsko određivanje opreme unutar postrojenja, dok se CIM temelji na fizičkom objektno orijentiranom modeliranju postrojenja. CIM daje naglasak na međusobne veze opreme i svih dijelova EES-a, te se koristi se za EMS i DMS funkcije, planiranje i održavanje EES-a dok se SCL razvija u skladu sa proširenjima IEC 61850 standarda prema novim opisanim funkcionalnostima opreme.

6.2. Usklađivanje

Za omogućavanje zajedničkog korištenja SCL-a i CIM-a, nužno je odrediti funkcijske i topološke odnose oba standarda. Ovaj proces je započet kao dio EPRI GridInterop [34] projekta čiji je cilj razvoj jedinstvenog semantičkog modela koji će obuhvatiti CIM i SCL bez značajnih izmjena njihove izvorne definicije. Projekt se temelji na mapiranju IEC 61850 logičkih čvorišta na opisne modele definirane u IEC 61970 i IEC 61968. Kako bi bilo omogućeno automatsko mapiranje postojećih sustava, trenutno se radi na razvoju uzoraka mapiranja pomoću jezika za opisivanje ontologije podataka OWL (eng. *Ontology Web Language*) [35] kojim bi se omogućilo povezivanje topologije EES-a sa podacima mjerenima u stvarnom vremenu. U prvom radnom dokumentu, sredinom 2010. godine, predstaviti će se rezultati postupka usklađivanja (Slika 4.) [34].



Slika 4. Proces usklađivanja CIM i SCL opisa

7. NAPREDNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

7.1. Standardi u naprednim mrežama

EU projekt SmartGrids [36] i EPRI projekt IntelliGrid [37] odredili su temelje infrastrukture budućih naprednih elektroenergetskih mreža. Značajno uvođene distribuirane proizvodnje i dvosmjerne razmjene informacija između potrošača i proizvođača energije su osnova za inteligentno i optimalno upravljanje EES-om. Smatra se da će upravo IEC 61850 [36][37] biti komunikacijska okosnica upravljanja i nadzora EES-om. Također, zahtijeva se daljnje usklađivanje komunikacijske arhitekture sa standardima distribuiranog upravljanja postrojenjima. IEC 61499 [10] definira okružje koje pomoću organizacije funkcijskih blokova omogućuje ostvarenje složenih upravljanja distribuiranim sustavima. Za razliku od IEC 61499, IEC 61850 ne određuje način ostvarivanja funkcija upravljanja već samo opis procesnih podataka, nužnih za ostvarivanje određene funkcionalnosti i njihovu vremensku dostavu [38][39]. Usklađivanjem komunikacijskih i funkcijskih IEC standarda moguće je ubrzati proces uvođenja novih funkcionalnosti u sustav i olakšati ponovno iskorištavanje gotovih rješenja u novim domenama [40]. Usklađivanje IEC 61850 i IEC 61499 se zasniva na definiranju funkcijskih blokova za logička čvorišta koja opisuju funkcije opreme u energetske postrojenjima [39][41]. Trenutno se radi na razvoju zajedničkog okružja IEC 61850 i IEC 61499 kojim će biti omogućeno modeliranje zaštitnih funkcija u višeagentskom sustavu (eng. *MAS - Multi Agent System*) upravljanja EES-om [42]. Povezivanjem komunikacijskih (IEC 61850) i upravljačkih (IEC 61499) standarda stvara se jedinstveno sučelje za upravljanje EES-om na temelju organizacije servisa u servisno orijentiranoj arhitekturi (eng. *SOA - Service Oriented Architecture*) [43] naprednih elektroenergetskih mreža [41][42].

8. DRUGO IZDANJE IEC 61850 STANDARDA

8.1. Noviteti drugog izdanja

Drugo izdanje osnovnih 14 dokumenta IEC 61850 očekuje se krajem 2010. godine [23]. Novim izdanjem bit će ispravljeni propusti koji su prijavljeni standardizacijskim odborima [44]. Propusti uključuju upotpunjavanje definicije onih dijelova standarda koji su nedovoljno strogo i nejasno određeni te su na taj način omogućili razlike u proizvođačkim implementacijama. U drugom izdanju uključene su nove definicije logičkih čvorišta, koja su nastala proširenjima standarda izvan okvira transformatorskih stanica, u zajedničke klase uređaja [45]. Uočeni propusti prilikom opisivanja ACSi servisa, kao ključnog dijela standarda, pomoću automata stanja, također su upotpunjeni u novom izdanju. Najveće promjene su ostvarene na definiciji SCL-a koji postaje opisni jezik cjelokupnog EES-a, a ne samo transformatorskih stanica [45].

8.2. Primjena

Osim drugog izdanja osnovnih dijelova, novo izdanje cjelokupne IEC 61850 serije dokumenta uključuje potpuno usklađivanje sa svim značajnim IEC i IEEE standardima za stvaranje jedinstvenog okružja za integraciju, nadzor i upravljanje svim postrojenjima EES-a [41].

Kako bi se ubrzao proces primjene IEC 61850, jedan od ključnih problema je primjena odgovarajućeg aplikacijskog protokola mapiranja. MMS je prvo i trenutno najraširenije mapiranje za ostvarivanje vertikalnih ACSI servisa [16]. Unatoč tome što se zasniva na ISO standardu [28], zbog kompleksnih programskih biblioteka i problema sa novim izvedbama MMS stoga, ovaj tip mapiranja je još uvijek vezan uz samo nekoliko proizvođača softvera za automatizaciju EES-a [46]. Zbog jednostavnosti i otvorenosti, značajnija primjena IEC 61850 uvelike bi bila olakšana većom primjenom Web Servisa kao osnovnog ACSI mapiranja. Web Servisi se temelje na razmjeni XML poruka (SOAP, WSDL) i na taj način garantiraju platformsku i programsku neovisnost [16]. Osnovna prednost MMS-a pred Web Servisima je veličina poruka koje se prenose mrežom, gdje se zbog binarnog kodiranja poruka uvelike smanjuje mrežno opterećenje. Postoji nekoliko prijedloga rješavanja opisanog problema [47] te se smatra kako će upravo Web Servisi biti osnovno mapiranje IEC 61850 protokola [16].

9. ZAKLJUČAK

U ovom članku dan je pregled osnovnih značajki IEC 61850 standarda i novih proširenja izvan domene transformatorskih stanica. Također, prikazan je odnos IEC 61850 i ostalih standarda ključnih za upravljanje i nadzor EES-a. Uvođenjem nove procesne arhitekture EES-a, koja se temelji na otvornim i standardiziranim tehnologijama, ukazano je na novonastale probleme sigurnosti, usklađenosti topološkog modela i distribuiranog upravljanja EES-om. Primjenom prihvaćenih industrijskih standarda očekuje se stvaranje jedinstvenog okružja za jednostavnu integraciju novih uređaja, funkcionalnosti i ujednačenih načela upravljanja EES-om, kao jednog od ključnih koraka pri stvaranju budućih sigurnih i naprednih elektroenergetskih mreža.

LITERATURA

- [1] "IEC 61850-SER ed1.0 - Communication networks and systems in substations - ALL PARTS ," 2009.
- [2] "IEEE-SA TR 1550: Utility Communications Architecture (UCA) Version 2.0."
- [3] "IEC 60870-5-101 ed2.0: Telecontrol equipment and systems – Part 5-101: Transmission protocols – Companion standard for basic telecontrol tasks," 2003.
- [4] "IEC 60870-5-104 ed2.0: Telecontrol equipment and systems Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles," 2003.
- [5] "DNP3 Specification," 2007.
- [6] "IEC 61400-25 (all parts), Wind turbines – Part 25: Communications for monitoring and control of wind power plants ," 2008.
- [7] "IEC 62351-1 Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 1: Communication network and system security - Introduction to security issues," 2007.
- [8] "IEC 61970 - Energy management system application program interface (EMS-API)."
- [9] "IEC 61968 - Application integration at electric utilities - System interfaces for distribution management," 2003.
- [10] "IEC 61499-1 ed1.0 Function blocks - Part 1: Architecture ," 2005.
- [11] "IEC 61850-7-1 ed1.0: Communication networks and systems in substations – Part 7-1: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Principles and models," 2003.
- [12] "IEC 61850-7-3 ed1.0: Communication networks and systems in substations – Part 7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Common data classes," 2003.

- [13] "IEC 61850-7-4 ed1.0: Communication networks and systems in substations – Part 7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes," 2003.
- [14] "IEC 61850-8-1 ed1.0: Communication networks and systems in substations – Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO/IEC 9506-1 and ISO/IEC 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3," 2004.
- [15] "IEC 61850-9-2: Communication networks and systems in substations Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3," 2004.
- [16] "IEC 61400-25-4 Wind turbines - Part 25-4: Communications for monitoring and control of wind power plants - Mapping to communication profile."
- [17] "IEC 61850-7-410 ed1.0 Communication networks and systems for power utility automation - Part 7-410: Hydroelectric power plants - Communication for monitoring and control," 2007.
- [18] "IEC 61850-7-420 ed1.0: Communication networks and systems for power utility automation - Part 7-420: Basic communication structure - Distributed energy resources logical nodes," 2009.
- [19] O. Haas, O. Ausburg, and P. Palensky, "Communication with and within Distributed Energy Resources," 2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2006, pp. 352-356.
- [20] "IEC 61850 -10 ed1.0: Communication networks and systems in substations – Part 10: Conformance testing," 2005.
- [21] "KEMA, <http://www.kema.com>."
- [22] K. Schwarz, "Interoperability in the context of IEC 61850," News on IEC 61850 and related Standards, Aug. 2009.
- [23] K. Schwarz, "Status of all parts of IEC 61850, <http://iec61850-news.blogspot.com/2010/01/status-of-all-parts-of-iec-61850.html>," News on IEC 61850 and related Standards, Jan. 2010.
- [24] "IEC 61850-90-1 ed1.0 Communication networks and systems for power utility automation - Part 90-1: Use of IEC 61850 for the communication between substations."
- [25] "IEEE Std C37.118-2005 (Revision of IEEE Std 1344-1995)."
- [26] "IEC 61850-80-1 ed1.0 Communication networks and systems for power utility automation - Part 80-1: Guideline to exchanging information from a CDC-based data model using IEC 60870-5-101 or IEC 60870-5-104," 2008.
- [27] "IEC 61400-25-6 Wind Turbines - Part 25-6: Communications for monitoring and control of wind power plants - Logical node classes and data classes for condition monitoring."
- [28] "ISO 9506 (all parts), Industrial automation systems – Manufacturing Message Specification."
- [29] "Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/rfc.html>."
- [30] "IEC 62351-1, Power systems management and associated information exchange – Data and communications security – Part 1: Communication network and system security – Introduction to security issues."
- [31] "RFC 792 - Internet Control Message Protocol, <http://tools.ietf.org/html/rfc792>."
- [32] "IEC 61850-6 ed1.0: Communication networks and systems in substations – Part 6: configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs," 2004.
- [33] K. Schwarz and I. Eichbaeumle, "IEC 61850, IEC 61400-25 and IEC 61970: Information models and information exchange for electric power systems," Proceedings of the Distributech, 2004.
- [34] "Grid-Interop, <http://www.grid-interop.com/>."
- [35] "Web Ontology Language -http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language."
- [36] "SmartGrids: European Technology Platform, <http://www.smartgrids.eu/>."
- [37] "IntelliGrid, <http://intelligrid.epri.com/>."
- [38] N. Higgins, V. Vyatkin, N.K.C. Nair, and K. Schwarz, "Concept for Intelligent Distributed Power System Automation with IEC 61850 and IEC 61499," IEEE SMC, 2008.
- [39] R. Paulo, "Functional Integration in Substation Automation Systems: System Tools and Interoperability," CIGRÉ B5 Colloquium, 2008.

- [40] K. Schwarz, "IEC 61850 und IEC 61499–Als Basis für die intelligente verteilte Automatisierung in elektrischen Energieversorgungssystemen," ETG-Internationaler ETG-Kongress 2009, VDE VERLAG GmbH, 2009.
- [41] K. Schwarz, IEC 61850 beyond Substations–The Standard for the whole Energy Supply System, CEPsi, 2008.
- [42] V. Vyatkin, G. Zhabelova, N. Higgins, M. Ulieru, and K. Schwarz, "Standards-enabled Smart Grid for the Future EnergyWeb."
- [43] A. Mijic, A. Martinic, and D. Mocinic, "PROPOSED MODEL FOR APPLICATION INTEGRATION IN ELECTRIC POWER UTILITY," vol. CIRED2007 , 2007.
- [44] "IEC 61850 Tissues, <http://www.tissues.iec61850.com>."
- [45] "UCA - IECTC57, <http://iectc57.ucaiug.org>."
- [46] Y. Liang and R.H. Campbell, "Understanding and Simulating the IEC 61850 Standard," Urbana, vol. 51, p. 61801.
- [47] A. Martinic, "Middleware model for data acquisition in SCADA system," Master's Thesis, Faculty of Electrotechnical Engineering and Computing, Zagreb, Croatia, 2005.