

Alen Pavlinić, mag.ing.el.
HEP ODS d.o.o. Elektroistra Pula
alen.pavlinic@hep.hr

Damjan Šćulac, mag.ing.el.
HEP ODS d.o.o. Elektroistra Pula
damjan.scualc@hep.hr

MODELIRANJE PARAMETARA PROCESA PRIMJENOM IEC 61850 STANDARDA

SAŽETAK

Kroz rad se sustavno prikazuje modeliranje parametra procesa primjenom IEC 61850 standarda. Konceptualno gledajući modeliranje parametra procesa primjenom IEC 61850 započinje dekompozicijom funkcija u manje entitete koji se nazivaju logički čvorovi. Logički čvorovi čine temelj modela procesnih parametara baziranih na IEC 61850 standardu pomoću kojih se rješava problem postizanja nezavisnosti primjene i interoperabilnosti sekundarne opreme različitih proizvođača. Sami logički čvorovi se temeljno definiraju kao skupovi podataka i servisa koji su logički povezani za neku funkciju u sustavu automatizacije elektroenergetskih postrojenja. Dodatno, logički čvorovi kako je definirano standardom, sadrže podatkovne objekte koji se potom sastoje od atributa podatkovnih objekata, a koji zapravo predstavljaju parametre procesa. Cilj ovog rada je razjasniti odnos između funkcije i logičkih čvorova te između logičkih čvorova podatkovnih objekata te atributa podatkovnih objekata kao i prikazati osnovne korake u modeliranju parametra procesa primjenom IEC 61850 standarda.

Ključne riječi: IEC 61850, funkcija, logički čvor, podatkovni objekt, atribut podatkovnog objekta

PROCESS PARAMETAR MODELLING APPLYING THE IEC 61850 STANDARD

SUMMARY

Through the work a systematic view of process parameters modelling with the application of IEC 61850 standard is given. Conceptually, the process parameters modeling with the application of IEC 61850 begins with the decomposition of functions into smaller entities called logical nodes. Logical nodes are the basis of the process parameters based on the IEC 61850 standard by which the problem of achieving the interoperability of secondary equipment from different manufacturers is solved. Logical nodes are fundamentally defined as a set of data and services that are logically connected to a function in the system automation. Additionally, the logical nodes, as defined in the standard, contains data objects which then consist of the data object attributes that actually represents the process parameters. The aim of this paper is to clarify the relationship between the functions and logical nodes and between the logical node data object and data object attribute. Moreover, the final goal is to show the basic steps in the process parameter modelling with the application of IEC 61850 standard.

Key words: IEC 61850, function, logical node, data object, data attribute

1. UVOD

Sam standard IEC 61850 predstavlja jedan složen komunikacijski standard koji se primjenjuje u polju sustava automatizacije elektroenergetskog postrojenja (u daljnjem tekstu SAEPP). Prva edicija standarda izdana između 2002.-2005. god. se odnosila primarno na funkcionalnosti zaštite, upravljanja i nadzora u SAEPP-u. U 2009. godini izdana je druga edicija standarda u kojoj su svi dijelovi prošireni te su pokrivene funkcionalnosti mjerenja (s povijesnim i statističkim zapisima) i kvalitete električne energije. Također koncepti primjene IEC 61850 standarda prošireni su iz domene transformatorskih stanica na modeliranje hidroelektrana i distribuiranih izvora energije, modeliranje vjetroelektrana i komunikaciju između transformatorskih stanica. Kako se navodi u drugoj ediciji izdanja tendencija je proširenja IEC 61850 standarda i na komunikaciju prema upravljačkim centrima i u polju automatizacije potrošnje.

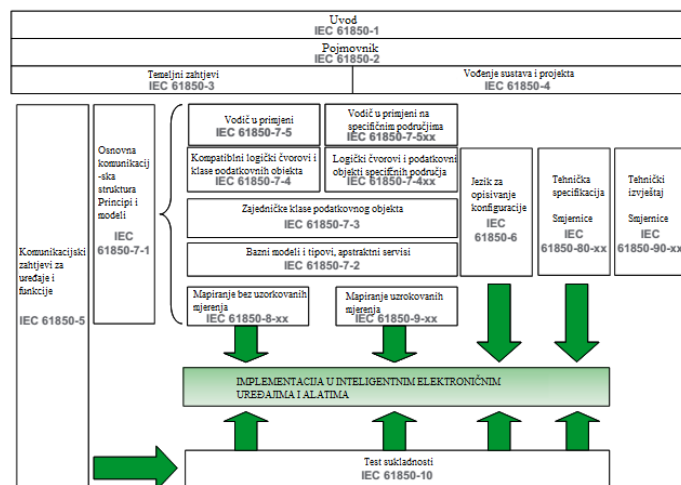
Dva su osnovna razloga stvaranja IEC 61850 standarda. Prvi je stvaranje interoperabilnosti između suvremene sekundarne opreme raznih proizvođača koja se postiže standardizacijom semantike, servisima koji se mogu mapirati na razne protokole te konfiguracijskim jezikom koji omogućava jednostavnu konfiguraciju opreme raznih proizvođača. Drugi je razvoj komunikacijskog standarda koji zadovoljava sve komunikacijske i funkcionalne potrebe SAEPP-a te koji se može prilagoditi inovacijama u komunikacijskoj tehnologiji.

2. OSNOVNI KONCEPTI IEC 61850 STANDARDA

2.1. Struktura IEC 61850 standarda

Kako bi se detaljno prikazala složenost i sveobuhvatnost IEC 61850 standarda na slici 1. prikazana je njegova struktura. Radi modeliranja parametra procesa važni su slijedeći dijelovi IEC 61850 standarda:

- IEC 61850-5: Specificira komunikacije zahtjeve koje određena funkcija u sustavu automatizacije elektroenergetskog postrojenja (SAEPP) mora zadovoljiti, konceptualno uvodi pojam logičkog čvora i njegov odnos prema funkcijama.
- IEC 61850-7-1: U ovom djelu se daju bazni koncepti za modeliranje uz opise u pogledu parametra procesa korištenih u SAEPP-u, funkcija uređaja potrebnih za realizaciju SAEPP-a te komunikacijski sustav za postizanje interoperabilnosti. Dodatno prikazuju se i zahtjevi koji su povezani s IEC 61850-5, IEC 61850-7-2, IEC 61850-7-3, IEC 61850 7-4.
- IEC 61850-7-2: Definira hijerarhijske modele klasa kojima se mogu pristupiti putem komunikacijske mreže, servise koje djeluju na tim klasama te parametrima koji su pridruženi svakom servisu. Stoga, se definiraju načini razmjene parametra procesa putem servisa.
- IEC 61850-7-3: U ovom djelu se definiraju klase atributa i zajedničke klase podatkovnih objekta.
- IEC 61850-7-4: Specificira imena kompatibilnih logičkih čvorova i klasa podatkovnih objekta koje koriste inteligentni elektronični uređaji (u daljnjem tekstu IEU-i).
- IEC 61850-7-5: Definira primjenu modela parametra procesa prema IEC 61850-7-4 u primjeni za realizaciju raznih funkcija SAEPP-a. Ovaj dio standard nije još objavljen te se očekuje njegova skora objava.



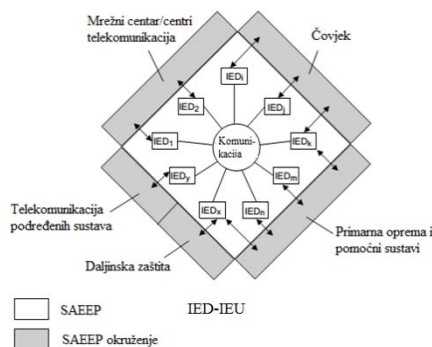
Slika 1. Struktura IEC 61850 standarda

2.2. Koncept SAEEP-a prema IEC 61850 standardu

SAEEP prema IEC 61850 standardu čine IEU-i koji su povezani komunikacijskom mrežom i koji izvode određene zadatke u interakciji s okruženjem SAEEP-a. Pojam IEU-a u samom standardu nije jednostavno za shvatiti. IEU se temeljno definira kao svaki uređaj koji sadrži jedan ili više procesora s sposobnošću da prima ili šalje podatke/naredbe od ili iz nekog vanjskog izvora. Dodatno, u kontekstu modeliranja procesnih parametara sam pojam IEU-a je izjednačen s pojmom fizičkog uređaja. Okolina SAEEP-a zajedno s IEU-ima prikazana je na slici 2.

Prema slici 2. okolina SAEEP-a se može podijeliti na:

- Telekomunikacijsko okruženje kojeg čine mrežni centar odnosno centri, daljinska zaštita te podređeni sustavi koji tipično uključuju podatke od globalnog sustava pozicioniranja (GPS), meteoroloških stanica, upravljačkih centra motora i sustava za vođenje održavanja.
- Okruženje čovjek-stroj.
- Procesno okruženje kojeg čini primarna oprema i pomoćni sustavi.

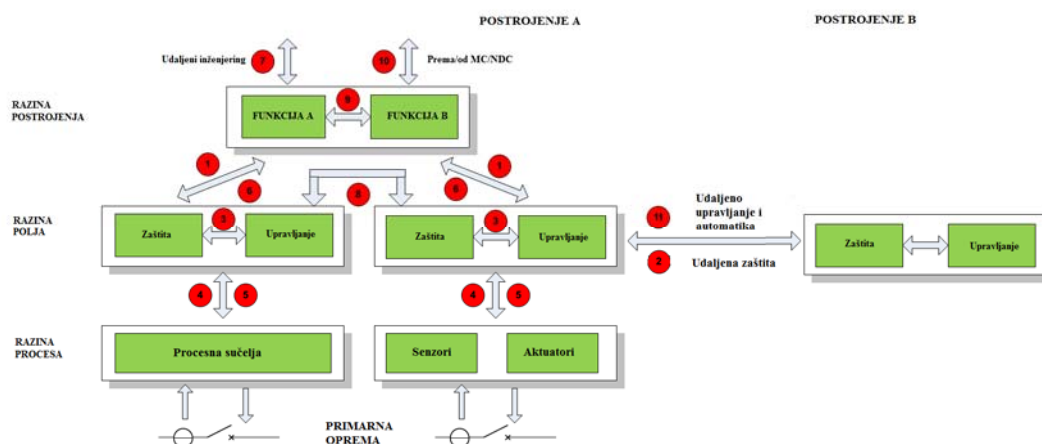


Slika 2. SAEEP i njegovo okruženje

U telekomunikacijskom okruženju tipični IEU-ovi su: gateway, pretvornici, daljinske stanice (telekomunikacijski dio), zaštitni releji (telekomunikacijski dio). U okruženju čovjek-stroj tipični IEU-ovi su: osobna računala, radne stanice, razni drugi IEU-i s sučeljem čovjek-stroj. U procesnom okruženju tipični IEU-ovi: upravljačke jedinice, zaštitni releji, daljinske stanice, uređaji za mjerenje, automatski regulatori (npr. napona), pretvornici, sučelja digitalnih sklopkih aparata, digitalni strujni i naponski mjerni transformatori.

Drugi način prikaza SAEEP-a koji se navodi u standardu, a služi radi logičnijeg prikaza razmjene podataka, uvođenju određenih ograničenja i funkcijske dekompozicije je model prema sučeljima. Pri tome pod sučeljem se smatra zajednička granica dviju funkcionalnih jedinica definirana s funkcionalnim karakteristikama kao npr. fizičkim karakteristikama, karakteristikama parametra procesa ili drugih

adekvatnih karakteristika, s pridruženim deklariranim skupom servisa. Na slici 3. prikazan je struktura SAEEP-a po razinama i logičkim sučeljima.



Slika 3. Model SAEEP-a prema sučeljima i temeljnim razinama EEP-a

Svako sučelje prikazano na slici 3 predstavlja određenu razmjenu podataka. Primjerice, sučelje 1 predstavlja razmjenu podataka zaštite između razine polja i razine postrojenja. Svako postrojenje ne mora sadržavati sva sučelja koja su prikazana na slici 2. Već tako definirani model SAEEP-a je fleksibilan jer omogućava zadovoljenje potreba trenutnih postrojenja, ali namijenjen je i za postrojenja u budućnosti. Vrlo često se vrši spajanje komunikacijskih sučelja 1,6,3,9,8 u staničnu sabirnicu te 4,5 u procesnu sabirnicu. Samim time standard definira dvije lokalne mreže koje omogućuju jednostavnu komunikaciju svih uređaja u komunikacijskoj mreži SAEEP-a. Pojedine razine prikazane na slici 2 imaju sljedeće značenje:

- Procesna razina služi za primanje podataka sa opreme visokog napona te prijenos podataka na tu opremu. Ti podaci uključuju analogne signale, binarne signale stanja i upravljačke signale. Sastoji se od procesnih sučelja koja tipično čine mjerni transformatori, izlazno/ulazne jedinice (kontakti) i aktuatori.
- Razina polja nalazi se između razine postrojenja i razine procesa. Sadrži uređaje za upravljanje, zaštitu i nadzor za pojedina polja u postrojenju.
- Razina postrojenja sadrži stanično računalo s bazom podataka, radno mjesto operatera, sučelja za udaljenu komunikaciju i druge uređaje.

Shvaćanje razmjene podatka unutar IEC 61850 standarda dodatno usložnjava činjenica da se u komunikacijskoj strukturi koriste pet različitih grupa podataka od kojih svaki ima pripadne servise koji definiraju načine njihova prijenosa i razmjene na komunikacijskoj mreži, a to su:

- Uzorkovane vrijednosti analognih signala (engl. SV-sampled values) – pojavljuju se na procesnoj sabirnici na izlazu iz integrirajuće jedinice.
- GOOSE (engl. Generic Object Oriented Substation Events) poruke – ove poruke podržavaju razmjenu podataka različitih formata te se koriste na procesnoj razini i staničnoj razini radi potrebe zaštitnih funkcija.
- GSSE (eng. Generic Substation Status Event) poruke – suštinska razlika između GOOSE i GSSE poruka je u tome što GSSE poruke podržavaju samo razmjenu podatka o promjeni stanja binarnih vrijednosti.
- Vremenska sinkronizacija (eng. Time Sync) – koristi se za sinkronizaciju vremena na svim razinama.
- MMS (eng. Manufacturing Message Specification) poruke – nastaju kao rezultat djelovanja središnjih apstraktnih komunikacijskih servisa (engl. Abstract communication service interface) definiranih u IEC 61850-7-2.

Sve razmatrane grupe mapiraju se na različite protokole. Zajedničko svim grupama podataka je da se prenose Ethernet mrežom. Stoga, staničnu i procesnu sabirnicu čine dvije Ethernet mreže. Dodatno,

samom strukturom SAEPP-a uključena je i horizontalna i vertikalna komunikacija. Horizontalna komunikacija koristi se za razmjenu GOOSE poruka te za prijenos uzorkovanih mjerenja. Vertikalna komunikacija se koristi za povezivanje sa SCADA (engl. Supervisory Control and Data Acquisition) sustavima te s različitim aplikacijama za uređivanje postavki uređaja.

3. PARAMETRI PROCESA PREMA IEC 61850 STANDARDU

Konceptualno gledajući samo modeliranje parametra procesa prema IEC 61850 započinje dekompozicijom funkcija u logičke čvorove koji predstavljaju temelj modela. Stoga će se model procesnih parametra prikazati kroz dva poglavlja, pri čemu će se u prvom obuhvatiti značenje funkcije i odnos funkcije prema logičkom čvoru, a u drugom sam način modeliranja procesnih parametra prema IEC 61850 standardu.

3.1. Dekompozicija funkcija u logičke čvorove

U okvirima IEC 61850 standarda pod pojmom funkcija podrazumijeva se zadaća koje se treba izvršiti u samim postrojenjima u okviru SAEPP-a. Funkcije time temeljno obuhvaćaju mjerenja, zaštitu i nadzor postrojenja i potrošnje. Dodatno, postoje funkcije koje su potrebne za održavanje kompletnog SAEPP-a kako što su vremenska sinkronizacija, podešavanje sustava, vođenje komunikacije, softvera i sl. Logička alokacija funkcija vrši se na razinu postrojenja, polja i procesa. Primjerice sve funkcije koje komuniciraju putem sučelja 4 i 5 prema slici 3. nalaze se na razini procesa. S druge strane fizička alokacija funkcija nije jedinstveno određena. Primjerice funkcije na razini polja mogu biti implementirane u jednoj zaštitnoj ili upravljačkoj jedinici sa ili bez redundancije ili se mogu rasporediti u više zaštitnih i upravljačkih jedinica. Dodatno, neke funkcije na razini polja se mogu rasporediti i na procesnu razinu.

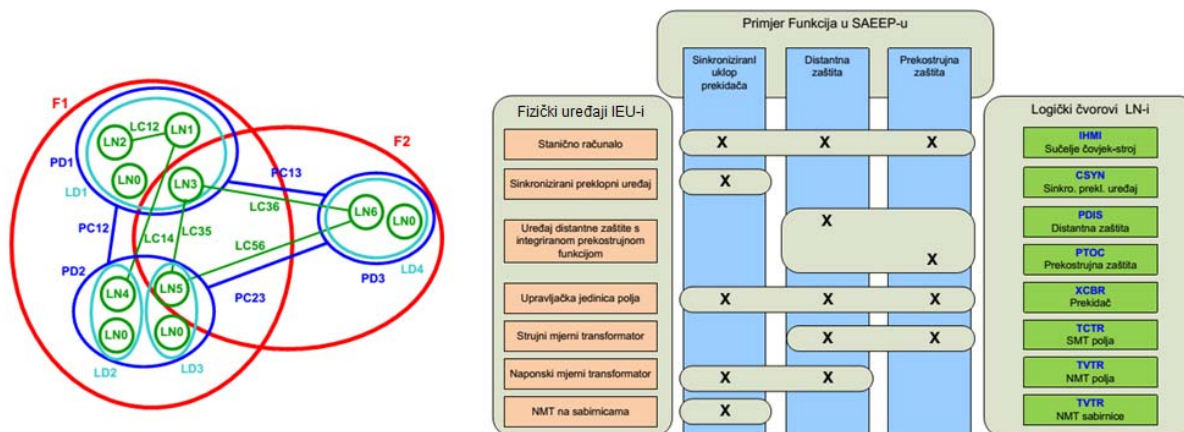
U tablici I prikazana je podjela funkcija koja je napravljena s aspekta komunikacijskih zahtjeva kako je definirano prema IEC 61850-5.

Tablica I. Kategorije funkcija

Naziv kategorije	Opis	Primjeri
Funkcije za podršku sustava	Koriste se za vođenje samog sustava i nemaju utjecaja na proces. Odvijaju se kontinuirano u pozadini za vrijeme normalnog rada sustava.	Sinkronizacija vremena Vođenje komunikacijske mreže Samo provjera uređaja
Funkcije za održavanje i podešavanje sustava	Ove funkcije se koriste pri postavljanju i ažuriranju (održavanju) sustava. Uključuju postavljanje i promjenu konfiguracijskih podataka i prihvrat konfiguracijskih informacija.	Vođenje sustava Vođenje podešenja Testni režim rada Identifikacija čvora Podešenje
Operativne i upravljačke funkcije	Koriste se za potrebe pružanja trenutnih informacija o procesu operateru i za izvođenje naredbi od strane operatera. Uključuju sučelje čovjek-stroj.	Upravljanje Sinkronizirano sklapanje Registracija događaja Postupanje s alarmima
Lokalne procesne automatske funkcije	Sve funkcije koje prikupljaju podatke od senzora jednog polja i koje djeluju putem aktuatora akcijama na to isto polje.	Nadstrujna zaštita Blokade Mjerenja, nadzor kvalitete
Distribuirane procesne funkcije	Sve funkcije koje prikupljaju podatke od senzora više polja i koje djeluju putem aktuatora akcijama na više polje. Mogu biti podijeljene u više IEU-ova. Ne djeluju izravno na proces.	Zaštita zatajenja prekidača Reverzno blokiranje Regulacija napona i reaktivne snage Restauracija napajanja

Pri modeliranju samog postrojenja nužna je identifikacija svih potrebnih funkcija. Sami IEU-ovi sposobni su vršiti razne složenije ili jednostavnije funkcije koje variraju od proizvođača do proizvođača. Sam standard je tako koncipiran da se identifikacija funkcija može vršiti neovisno o implementaciji u konkretnim IEU-ovima. Dodatno, same funkcije se dekomponiraju u funkcijski nedjeljive osnovne dijelove koje se mogu također neovisno implementirati. Ti dijelovi se nazivaju logički čvorovi, a njihovim uvođenjem standard je riješio probleme nezavisne implementacije i postizanja interoperabilnosti. Koncept logičkog čvora grupira za potrebe objektno-orijentiranog pristupa podatke funkcijski povezanih objekta u logičke čvorove. Samim time podaci jedne funkcije grupiraju se u objekte koji imaju točno definiranu semantiku. Svaki logički čvor pri tome se nalazi u jednom fizičkom uređaju (IEU-u) koji može sadržavati i vrlo veliki broj logičkih čvorova. Broj logičkih čvorova unutar kojeg će se podaci rasporediti zavisi o

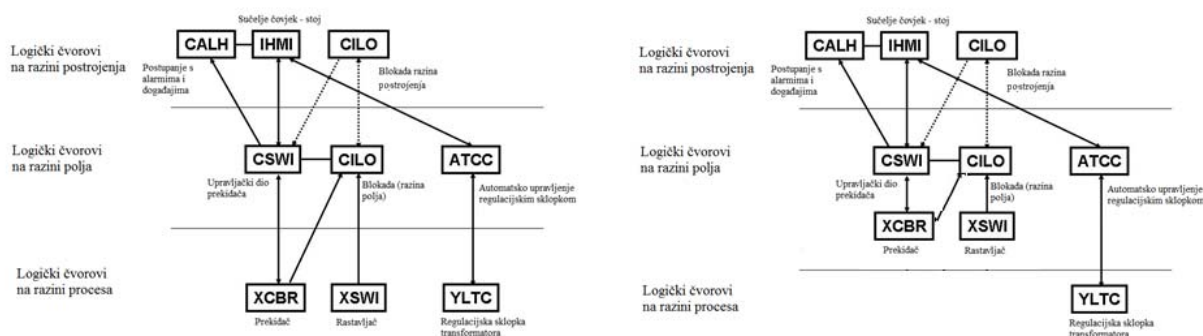
granularnosti funkcija koje se mogu implementirati kao samostalne ili mogu biti korištene od više IEU-ova. Logički čvorovi mogu se shvatiti i kao spremnici podataka koje pruža određena funkcija radi razmjene u komunikaciji. S time da postoje određeni čvorovi koji nisu povezani s niti jednom funkcijom. To su npr. natpisne pločice fizičkih uređaja koji se označavaju kao LPHD čvor, te LNN0 (LN0 na slici 4.) koji predstavlja zajedničke podatke skupine logičkih čvorova koji se nazivaju logički uređaji. Na slici 4. prikazan je koncept logičkog čvora i veza te primjer modeliranja funkcija putem logičkih čvorova.



Slika 4. Logičke veze i primjeri

Uvođenjem koncepta logičkog čvora moguće je pobliže odrediti njegov odnos naspram funkcija te temeljno shvatiti princip propisivanja zahtjeva za komunikacijom. U osnovi sam standard IEC 61850-5 definira opise funkcija, komunikacijske zahtjeve pojedinih funkcija i opise logičkih čvorova. Samim time stvorena je dobra podloga za modeliranje određenih funkcija putem logičkih čvorova.

Logički čvorovi se slično kao i funkcije logički alociraju na razinu postrojenja, polja i procesa. Na razini postrojenja nalaze se logički čvorovi povezani s tom razinom i najčešće počinju sa slovom I. Na razini polja javljaju se logički čvorovi povezani sa upravljačkim i automatskim funkcijama polja i najčešće počinju slovima A,C,P. Razina procesa uključuje čvorove koje se odnose na funkcije u smislu primarne opreme u postrojenju, a čvorovi najčešće započinju slovima X,Y,Z. Kako bi se detaljnije pojasnio koncept modeliranja funkcije putem logičkih čvorova sagledat će se jedan primjer prema slici 5.



Slika 5. Primjer modeliranja funkcije putem logičkih čvorova

Prema slici 5. lijevo vidi se da je funkcija upravljanja prekidača modelirana s 6 različitih logičkih čvorova, a to su XCBR, XSWI, CILO, CSWI, IHMI, CALH raspoređenim na svim trima razinama u SAEOP-u. Funkcija regulacije napona modelirana je s YLTC, ATCC, IHMI. Prema slici 5. desno pokazano je kako ista funkcija upravljanja prekidača može biti i drugačije implementirana tako da se logički čvorovi XCBR i XSWI prenesu na razinu polju (u realnom uređaju na razini polja). Samim time pokazano je kako modeliranje funkcije putem logičkih čvorova je nezavisno o konačnoj fizičkoj implementaciji.

3.2. Modeli parametra procesa prema IEC 61850 standardu

Osnovna građevna jedinica modela parametra procesa prema IEC 61850 standardu je logički čvor. Logički čvor se temeljno definira kao skup podataka i servisa koji su logički povezani za neku funkciju u

SAEEP-u. Pri tome servisi predstavljaju način na koji se podatci razmjenjuju na mreži. Servisi neće biti posebno obrađivani u ovom radu nego u fokusu razmatranja biti će sam logički čvor kao skup parametara procesa koji on sadrži. Imena logičkih čvorova u potpunosti su definirana standardom i sastoje se od četiri znaka. Prvo slovo logičkog čvora označava grupu kojoj logički čvor pripada. Primjerice A automatsko upravljanje, X sklopni uređaji itd. Za čvorove koje imaju ista imena kaže se da pripadaju istoj klasi logičkog čvora. Kako bi se razlikovali podaci koji imaju dva logička čvora iste klase iza i ispred imena logičkog čvora moguće je dodati sufikse (isključivo brojevi) i prefikse (isključivo slova) čije su dužine standardizirane.

Logički čvorovi sadrže podatkovne objekte (engl. data objects). Podatkovni objekti se mogu shvatiti kao dio logičkog čvora koji reprezentira neki skup specifičnih informacija. Svi podatkovni objekti imaju detaljno definiranu semantiku. Primjeri podatkovnih objekata dan je u tablici II.

Tablica II. Primjeri podatkovnih objekata

Ime podatkovnog objekta	Semantika
AmpLocPhsA	Uzorokovana vrijednost mjerene struje (faza L1)
RZer	Nulta impedancija voda
Op	Prorada zaštitne funkcije

Temeljno se podatkovni objekti grupiraju u 5 grupa:

- Informacije stanja odnose se na stanje procesa ili neke funkcije alocirane klasi logičkog čvora te se stvaraju lokalno i ne mogu se promijeniti daljinski preko komunikacije osim ako nije omogućena supstitucija. U ove informacije spadaju "start", "prorada" i sl.
- Mjerene veličine sadrže podatkovne objekte analognih mjerenja iz procesa ili proračunatih vrijednosti kao što su struja, napon, snaga i sl. Posebnu grupu čine mjerene veličine tokom vremena poput energije. Stvaraju se lokalno i ne mogu se promijeniti daljinski preko komunikacije osim ako nije omogućena supstitucija.
- Upravljanje sadrži podatkovne objekte koji su predmetnom promjene prilikom izdavanja komandi primjerice uključenje/isključenje prekidača, promjena položaja regulacijske sklopke i sl. Obično se njima upravlja daljinski.
- Podešenja služe za podešenje funkcije u njenom djelovanju. Samo djelomično se standardiziraju jer ovise o konkretnoj implementaciji funkcije. Mogu se upravljati daljinski, ali nije uobičajeno.
- Opisi su podatkovni objekti koji daju informacije o samom logičkom čvoru ili o nekom alociranom uređaju (logički uređaj). Informacije koje obuhvaća ova grupa podatkovnih objekata su identifikacijske ili opisne naravi.

Svih pet navedenih grupa se koriste pri opisu klasa logičkih čvorova. Podatkovni objekti pored imena sadrže, klasu zajedničkog podatkovnog objekta, opis, uvjet prisutnosti (obvezni, neobavezni, uvjetovani, tranzijentni).

Podatkovni objekti sadrže attribute podatkovnih objekata (engl. data attributes). Atributi podatkovnih objekata zapravo specificiraju semantiku, format, opseg te način predstavljanja vrijednosti prilikom komunikacije. Samim time atributi predstavljaju vrlo kompleksan pojam unutar kojeg je i sadržana sama vrijednost procesnih parametara. Atributi podatkovnog objekta sadrže: ime atributa, tip atributa, funkcijsko ograničenje, opciju okidača, vrijednosti te uvjete prisutnosti. Nekoliko primjera dano je u tablici III. Kompletan popis imena dan je u IEC 61850-7-3.

Tablica III. Primjeri atributa podatkovnog objekta

Ime atributa podatkovnog objekta	Semantika
stVAI	Statusna vrijednost podatkovnog objekta
instCVal	Trenutna vrijednost veličine vektorskog tipa
vendor	Ime proizvođača

Pored imena atribut podatkovnog objekta pripada i određenom tipu koji određuje opseg unutar kojeg se može nalaziti njegova vrijednost. Razlikuju se bazni tipovi definirani u IEC 61850-7-2 (npr. Boolean vrijednost 0 ili 1), zajednički ASCII tipovi definirani prema IEC 61850-7-2 (npr. ObjectName riječ od 128 slova) te posebni prema IEC 61850-7-3 koji mogu imati nastavak na ime (npr. vektor, kvaliteta itd.). Atributi podatkovnog objekta sadrže funkcionalno ograničenje. Funkcionalno ograničenje zapravo definira servis koji se može vršiti na atributu podatkovnog objekta. Ukupno ima 12 funkcionalnih ograničenja. Primjerice funkcionalno ograničenje ST predstavlja informacije stanja i govori da su dozvoljeni servisi čitanje, zamjena, izvješćivanje i prijava te da se početna vrijednost dobiva iz procesa. Okidač djelovanja atributa podatkovnog objekta povezan je kao i funkcionalno ograničenje sa servisima. Odnosi se na to u kojim uvjetima će doći do izvješćivanja ili spremanja neke promjene. Tri su definirana okidača djelovanja dchg (reagira na promjenu podatka), qchg (promjena kvalitete) i dupd (ažuriranje vrijednosti podatka).

Opseg vrijednost atributa podatkovnog objekta je u suštini definiran tipom. Za one attribute za koje se može definiraju se i moguće vrijednosti samog atributa. Na primjer ako se uzme atribut s nazivom stVal on je po tipu CODED ENUM (poredani skup) pa je za njega još specificirana vrijednost intermediate-state | off | on | bad-state (međupoložaj, isključen, uključen, nelogično). Posljednje svojstvo atributa podatkovnog objekta su uvjeti prisutnosti. Uvjeti prisutnosti za attribute podatkovnog objekta su mnogo složenije definirani nego što je to u slučaju podatkovnih objekta jer su uvjetovani sa servisima. Primjerice PICS_SUBST znači da je atribut obavezan ako je moguća supstitucija.

Iz svega razmatranog moguće je zaključiti da su atributi najniži dio samog logičkog čvora koji predstavlja između ostalog i samu vrijednost procesnog parametra. No, temeljno pitanje koje se nameće je kako su unutar standarda postavljeni odnosi između logičkog čvora, podatkovnih objekta i pripadnih atributa podatkovnih objekta. Navedeni odnosi postavljeni su putem zajedničkih klasa podatkovnih objekta definiranih u IEC 61850-7-3. Zajednička klasa podatkovnog objekta predstavlja organizirani skup atributa podatkovnih objekta koji su pridruženi isključivo jednom podatkovnom objektu. Dodatno, kod definiranja podatkovnog objekta uvijek se navodi zajednička klasa kojoj on pripada. Unutar standarda definirane su brojne vrste zajedničkih klasa podatkovnih objekata koje su grupirane i u više različitih grupa radi lakšeg snalaženja. Stoga, obzirom da logički čvor nije ništa drugo nego skup podatkovnih objekta, samim time zajedničke klase podataka definiraju i attribute na razini logičkog čvora.

Kako bi se sve što je navedeno dodatno pojasnilo u nastavku slijedi kratki primjer kroz tablice standarda. Na slici 6. prikazan je prikaz klase logičkog čvora rastavljač (XSWI) preuzet iz standarda. Predmetna klasa logičkog čvora sadrži 14 podatkovnih objekta. Svaki podatkovni objekt grupiran je u jednu grupu podatkovnih objekta te je opisan imenom (EEName, EEHealth, LocKey itd), zajedničkom klasom podataka (npr. SPS – jednostruki signal stanja), kratkim opisom značenja (npr. EEName ima opis natpisna pločica opreme), uvjetom tranzijentnosti (kada bi bilo slovo T znači da je tranzijentan) te uvjetom prisutnosti (obavezan M, opcionalan O ili uvjetovan C).

Ime klase logičkog čvora →

Pravila za kompoziciju imena logičkog čvora →

Grupe podatkovnog objekta →

XSWI class				
Data object name	Common data class	Explanation	T	M/O/C
LNName		The name shall be composed of the class name, the LN-Prefix and LN-Instance-ID according to IEC 61850-7-2, Clause 22.		
Data objects				
<i>Descriptions</i>				
EEName	DPL	External equipment name plate		O
<i>Status information</i>				
EEHealth	ENS	External equipment health		O
LocKey	SPS	Local-remote key		O
Loc	SPS	Local control behaviour		M
OpCnt	INS	Operation counter		M
SwTyp	ENS	Switch type		M
SwOpCap	ENS	Switch operating capability		O
MaxOpCap	INS	Switch operating capability when fully charged. Obsolete. Kept for backwards compatibility with Ed.1		O
Dsc	SPS	Discrepancy		O
<i>Controls</i>				
LocSta	SPC	Switching authority at station level		O
Pos	DPC	Switch position		M
BlkOpn	SPC	Block opening		M
BlkCls	SPC	Block closing		M
ChgMotEna	SPC	Charger motor enabled		O

Ime podatkovnog objekta →

Klasa zajedničkog podatkovnog objekta →

Kratki opis →

T - tranzijentni →

Uvjeti prisutnosti →

Slika 6. Klasa logičkog čvora XCSWI

Ukoliko se sada žele povezati atributi podatkovnog objekta s podatkovnim objektima tada je potrebno pronaći opis odgovarajuće zajedničke klase podatkovnog objekta. Za primjer odabrat će se podatkovni objekt pod nazivom Pos koji pripada zajedničkoj klasi dvostruka signalizacija stanja (DPS), a predstavlja poziciju rastavljača. Pos kao podatkovni objekt prema slici 6. ima obaveznu primjenu te spada u upravljanje kao grupu podatkovnih objekta. Klasa dvostruke signalizacije stanja prikazana je na slici 7.

DPS class					
Data attribute name	Type	FC	TrgOp	Value/Value range	M/O/C
DataName Inherited from GenDataObject Class or from GenSubDataObject Class (see IEC 61850-7-2)					
DataAttribute					
status					
stVal	CODED ENUM	ST	dchg	intermediate-state off on bad-state	M
q	Quality	ST	qchg		M
t	TimeStamp	ST			M
substitution and blocked					
subEna	BOOLEAN	SV			PICS_SUBST
subVal	CODED ENUM	SV		intermediate-state off on bad-state	PICS_SUBST
subO	Quality	SV			PICS_SUBST
subID	VISIBLE STRING64	SV			PICS_SUBST
bikEna	BOOLEAN	BL			O
configuration, description and extension					
d	VISIBLE STRING255	DC		Text	O
dU	UNICODE STRING255	DC			O
cdcNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLND, M
cdcName	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLND, M
dataNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLN, M
Services					
As defined in Table 18.					

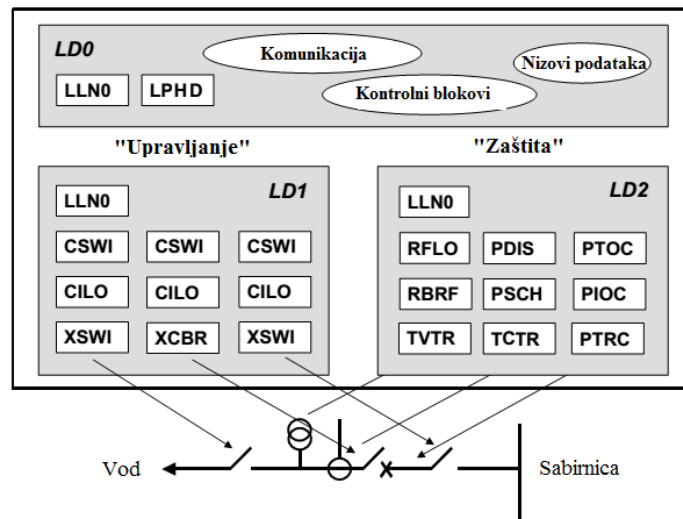
Slika 7. Primjer zajedničke klase podatkovnog objekta DPS

Prema slici 7. moguće je zaključiti da podatkovni objekt Pos (obzirom da spada u klasu dvostruka signalizacija stanja) ima pridruženih 13 atributa podatkovnih objekta. Svaki atribut pri tome je definiran imenom (stVal, q, t itd), tipom (BOOLEAN, Quality itd.), funkcionalnim ograničenjem (informacija stanja (ST), proširena definicija (EX) itd.), okidačem djelovanja, vrijednosti atributa te konačno uvjetima prisutnosti (obavezan M, obavezan ako je moguća supstitucija PICS_SUBST itd.). Na taj način sam podatkovni objekt Pos može imati od 3 (obavezni) do 13 (ovisno o uvjetima prisutnosti) atributa podatkovnih objekta, a time i procesnih parametara. Ukoliko bi se željelo saznati koliko je atributa podatkovnih objekta na razini klase logičkog čvora XSWI potrebno bi bilo sagledati svih 14 definiranih podatkovnih objekta kako je to napravljeno za podatkovni objekt Pos.

Što se tiče broja podataka koji su sadržani u logičkom čvoru sam standard navodi da svaki logički čvor može imati do 30 podatkovnih objekta, a svaki podatkovni objekt može sadržavati i do 20 atributa podatkovnog objekta. Stoga, hijerarhijski gledano logički čvorovi mogu sadržavati i do 100 individualnih procesnih parametara. Definiranjem odnosa logičkog čvora, podatkovnog objekta i atributa podatkovnog objekta definiran je samo jedan (složeniji) dio parametra procesa prema IEC 61850 standardu. Drugi dio se odnosi na grupiranje logičkih čvorova u logičke uređaje (engl. Logical Device). Logički uređaji sastoje se od dva ili više logičkih čvorova i od određenih servisa. Modeliranje logičkih uređaja se vrši u komunikacijske svrhe koje su na razini iznad od logičkog čvora. Jedan ili više logičkih uređaja čini fizički uređaj odnosno IEU. Svaki fizički uređaj ima pridruženu mrežnu adresu. Pri tome, standardom nije propisano kako će se vršiti grupiranje logičkih uređaja unutar fizičkog uređaja, ali isti logički uređaj ne može se distribuirati na više fizičkih uređaja. Logički uređaj može se shvatiti i kao prvi korak kod razbijanja funkcionalnosti nekog fizičkog uređaja te uobičajeno je da logički uređaji obuhvaćaju neke grupu funkcionalnosti iz SAEEP-a. Dodatno, logički uređaji se vrlo često koriste za pružanje informacija o fizičkom uređaju u kojem se nalaze (npr. natpisna pločica) ili o uređaju kojima upravlja logički uređaj. Kako bi se pojasnio koncept primjene logičkog uređaja i njegov položaj u odnosu na fizički uređaj na, slici 8. prikazan je jedan primjer primjene logičkih uređaja na vodnom polju.

IEU-FIZIČKI UREĐAJ

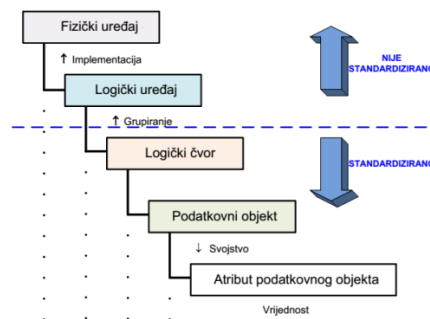
LLN0 - Logički čvor 0 (zajedničke informacije za logički uređaj)
 LPHD - Fizički uređaj
 CSWI - Upravljački dio sklopnog aparata
 CILO - Blokada
 XSWI - Rastavljač
 XCBR - Prekidač
 RFLO - Lokator kvara
 RBRF - Zatajenje prekidača
 PDIS - Distantna zaštita
 PSCH - Zaštitna shema
 PTOC - Nadsturnja zaštita
 PIOC - Kratkospojna zaštita
 PTRC - Uvjetan iskop zaštite
 TVTR - Naponski mjerni transformator
 TCTR - Strujni mjerni transformator



LD-Logički uređaj

Slika 8. Primjer formiranja logičkih uređaja

Prema slici 8. iz jednog fizičkog uređaja formirana su tri logička uređaja (LD0, LD1, LD2). S time da logički uređaj LD0 sadrži dva logička čvora i koristi se za pružanje informacija o fizičkom uređaju, LD1 obuhvaća sve što bi se moglo povezati s upravljanjem, a LD2 predstavlja sve što je povezano sa zaštitom. Samim time postiglo se grupiranje funkcionalnosti na višoj razini nego što to predstavljaju logički čvorovi, a navedeno je korisno i iz komunikacijskih razloga. Dodatno prema slici 8., može se zaključiti da svaki logički uređaj sadrži logički čvor LLN0 koji se koristi za pružanje zajedničkih informacija o logičkom uređaju te svaki fizički uređaj (IEU) sadrži LPHD čvor koji pruža informacije o njemu samome. Iz svega opisanog može se zaključiti da je struktura parametra procesa IEC 61850 standardom definirana prema slici 9.



Slika 9. Hijerarhijski model parametra procesa prema IEC 61850 standardu

Prema IEC 61850 standardu postoje dvije vrste oznake naziva parametra procesa, jedna koja se definira kao naziv reference objekta, a druga kao naziv objekta. Naziv reference objekta koristi se pri definiranju servisa, a naziv objekta koristi se kod mapiranja na stvarne protokole. Pojedini oblici naziva parametra procesa sadrže jednake elemente, ali je oblik zapisa drugačiji te vrijedi:

1. Ime reference

Ime logičkog uređaja/ime logičkog čvora.ime podatkovnog objekta.ime atributa podatkovnog objekta [funkcionalno ograničenje]

2. Ime objekta

Ime logičkog uređaja/ime logičkog čvora\$funkcionalno ograničenje\$ime podatkovnog objekta\$ime atributa podatkovnog objekta

Primjerice ukoliko se želi pristupiti parametru procesa koji sadrži način upravljanja (daljinski ili lokalno) prekidača 1 (podatkovni objekt Loc te pripadni atribut stVal) kontroliranog od strane logičkog uređaja "Reley1" tada bi imena bila:

1. Ime reference: Reley1/XCBR1.Loc.stVal [ST]
2. Ime objekta: Reley1/XCBR1\$ST\$Loc\$stVal

Iz samih naziva parametra procesa vidi se da ne obuhvaćaju fizički uređaj obzirom da se on u komunikaciji predstavlja mrežnom adresom.

4. MODELIRANJE PARAMETRA PROCESA PRIMJENOM IEC 61850 NA RAZINI POSTROJENJA

Iz iznesenog prikaza modeliranja parametra procesa prema IEC 61850 standardu može se zaključiti da modeliranje procesnih parametra na razini postrojenja uključuje nekoliko osnovnih koraka:

1) Definiranje željenih funkcija SAEEP-a

Prvi i osnovni korak u modeliranju parametra procesa je definiranje željenih funkcija SAEEP-a. Pitanja koje su obuhvaćaju u ovom koraku jesu koje funkcije zaštite se planiraju aktivirati u postrojenju, koji funkcije upravljanja, blokiranja, mjerenja će se koristiti te ostala pitanja povezana s funkcionalnostima koja se žele postići.

2) Dekompozicija funkcija

Nakon što se identificiraju sve funkcije koje se žele ostvariti u SAEEP-u one se razbijaju u jednu ili više klasa logičkih čvorova. Pri tome kako je bilo razmatrano sve klase logičkih čvorova su strogo standardizirane odnosno njihova baza definirana je standardom.

3) Definiranje fizičkih uređaja

Nakon definiranja svih nužnih klasa logičkih čvorova provodi se odabir fizičkih uređaja. Pri čemu ukoliko su fizički uređaji u skladu s IEC 61850 standardom oni podržavaju određeni broj klasa logičkih čvorova te njihov izbor je nezavisan o proizvođaču. Definiranje fizičkih uređaja pored o nužnim klasama logičkih čvorova ovisi i o konceptu SAEEP-a koji se primjenjuje (na primjer želi li se jedan IEU koristiti po polju postrojenja i sl.), a u realnosti i o ekonomskim aspektima. Time se ujedno definira baza fizičkih uređaja na razini postrojenja.

4) Distribuiranje klasa logičkih čvorova

Slijedeći korak je distribucija klasa logičkih čvorova po odabranim IEU-ovima. S time da odabir fizičkih uređaja se izveo tako da pokrije sve potrebne klase logičkih čvorova.

5) Formiranje logičkih uređaja

Nakon distribucije klasa logičkih čvorova po fizičkim uređajima vrši se njihovo dijeljenje u logičke uređaje. Time se ujedno i formira baza logičkih uređaja postrojenja.

6) Formiranje baze logičkih čvorova na razini postrojenja

Prethodno su korištene isključivo klase logičkih čvorova, jer pojedinim klasama nisu dodavani prefiksi i sufixi. Dodavanjem prefiksa i sufixa klasama logičkih čvorova formira se baza logičkih čvorova na razini postrojenja. Pri tome ta baza čvorova na razini postrojenja mora obuhvaćati i pridružena imena logičkih i fizičkih uređaja. Kako bi se pojasnilo zašto je potrebno pridružiti imena logičkih i fizičkih uređaja prikazat će se jedan primjer. Neka se pretpostavi da postoje dva fizička uređaja PD1 i PD2 te da svaki ima jedan logički uređaj koji su redom LD1 i LD2, a u svakom logičkom uređaju neka se nalaze tri ista logička čvora CBCSWI1 (moguće je dodavanje istih prefiksa i sufixa u dva različita logička uređaja), LLN0 i LPHD. Svaki od definiranih logičkih čvorova imat će i podatkovne objekte i attribute podatkovnih objekta odnosno parametre procesa. Međutim, može se postaviti pitanje ako se ne pridruži logičkom čvoru ime fizičkog uređaja i logičkog uređaja kako će se u konkretnom slučaju znatni koji logički čvor, a time dalje u strukturi i parametar procesa se odnosi na koji fizički odnosno logički uređaj. Odgovor je naravno nikako jer logički čvorovi mogu se ponavljati unutar pojedinih logičkih i fizičkih uređaja pa je za definiranje parametra procesa na razini postrojenja potrebno u ovom koraku pridružiti logičkim čvorovima imena fizičkih i logičkih uređaja. U razmatranom primjeru baza logičkih čvorova na razini postrojenja bi sadržavala 6 konstruiranih logičkih čvorova.

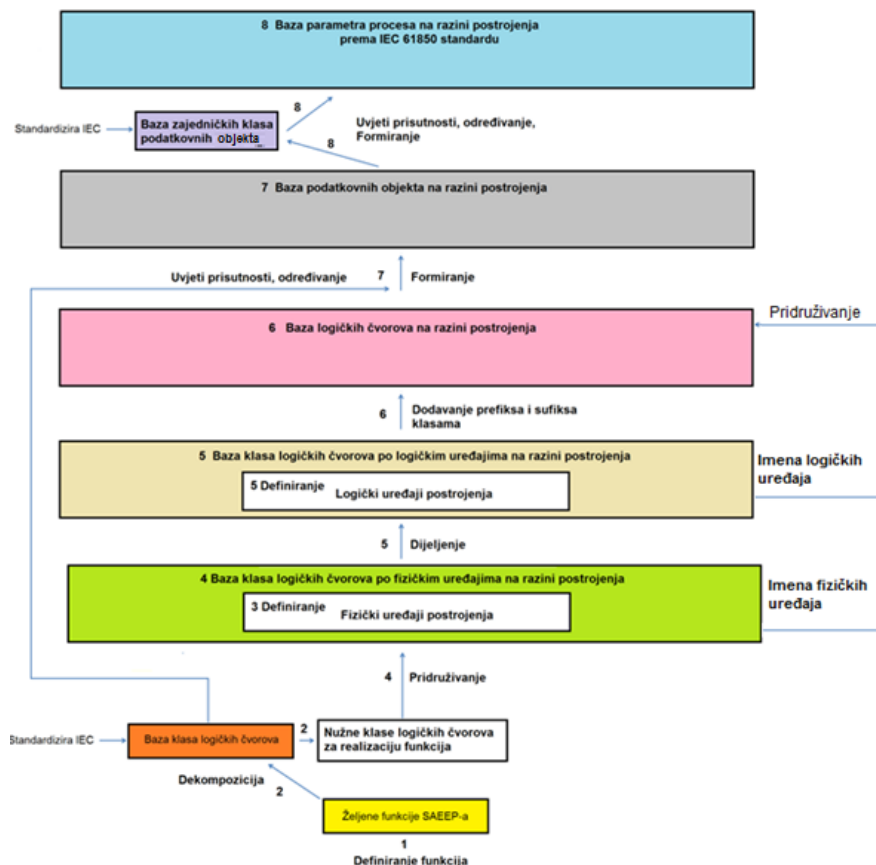
7) Formiranje baze podatkovnih objekta na razini postrojenja

Svakom identificiranom logičkom čvoru iz baze logičkih čvorova na razini postrojenja pridružuju se podatkovni objekti. Formiranje podatkovnih objekta vrši se pomoću klase logičkog čvora kojoj sam logički čvor pripada prema uvjetima prisutnosti samih podatkovnih objekta.

8) Formiranje baze parametra procesa na razini postrojenja prema IEC 61850 standardu (baze atributa podatkovnih objekta)

Stvaranje baze parametra procesa vrši se uz pomoć baze zajedničkih klasa podatkovnih objekta definiranih prema IEC 61850 standardu. Svakom podatkovnom objektu pridružuje se skup atributa podatkovnih objekta prema njihovim uvjetima prisutnosti. Atributi podatkovnih objekta zapravo predstavljaju parametre procesa (odnosno signale u klasičnim sustavima).

Na slici 10. prikazana je način dobivanja baze parametra procesa na razini postrojenja primjenom IEC 61850 standarda prema gore navedene koracima. Napisani brojevi na slici 10. odgovaraju pojedinim koracima u modeliranju.



Slika 10. Modeliranje parametra procesa prema IEC 61850 standardu

5. ZAKLJUČAK

Kroz rad je sustavno prikazan model i koraci u modeliranju parametra procesa putem IEC 61850 standarda. Kako je pokazano prilikom modeliranja parametra procesa, započinje se od funkcionalnosti koje se žele ostvariti u sklopu SAEEP-a. Potom se navedene funkcionalnosti modeliraju putem logičkih čvorova koji su standardizirani u klasama logičkog čvora. Definiranjem potrebnih logičkih čvorova automatski su određeni podatkovni objekti, a zajedničkim klasama podataka i atributi podatkovnih objekta na razini logičkih čvorova, a samim time i parametri procesa (uz odabir opcionalnih ukoliko je potrebno). Konačno, sama implementacija logičkih čvorova u realne fizičke uređaje i njihovo grupiranje u logičke uređaje stvar je odabira konkretnih uređaja u postrojenju i željne komunikacijske strukture. Upravo time

IEC 61850 standard omogućuje da se modeliranje parametra procesa vrši nezavisno u odnosu na odabranu opremu u postrojenju.

6. LITERATURA

- [1] Šimunić, J. i dr: "Procesne informacije elektroenergetskog sustava u postrojenjima i mrežnim centrima prijenosa", HEP Prijenos d.o.o, Zagreb, 2003.
- [2] IEC 61850-7-1 ,ed2: " Basic communication structure - Principles and models", IEC, 2011.
- [3] IEC 61850-5 ed2.0: "Communication requirements for functions and device models", IEC, 2013.
- [4] IEC 61850-7-3 ed2.0: "Basic communication structure - Common data classes",IEC, 2010.
- [5] IEC 61850-7-2 ed2.0: "Basic information and communication structure - Abstract communication service interface (ACSI) " ,IEC, 2010.
- [6] IEC 61850-7-4 ed2.0: "Basic communication structure - Compatible logical node classes and data object classes" , IEC, 2010.