

# UNIFIKACIJA SISTEMA DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA U ODS „EPS DISTRIBUCIJA“

Bratislava RADMILOVIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Srbija  
Božidar ĆIRIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Srbija  
Gordana JOVANOVIĆ, ODS „EPS Distribucija“, Srbija  
Gordan KONEČNI, Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd  
Željko AĆIMOVIĆ, Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd

## KRATAK SADRŽAJ

Presek stanja sistema daljinskog nadzora i upravljanja u dispečerskim centrima Operatora distributivnog sistema „EPS Distribucija“ je pokazao da postoji značajna razlika zatečenih SCADA sistema, kako po pitanju verzije softvera, tako i po pitanju načina implementacije. Ovakvo stanje dugoročno povećava cenu održavanja sistema, i otežava definisanje jedinstvene procedure u postupanju dispečerske službe prilikom pojave određenih događaja na trafo stanicama. Uočava se potreba za jedinstvenim alatom za daljinski nadzor i upravljanje, kao i tehničkom bazom podataka koja će biti struktuirana i formirana na jedinstvenim principima.

Zbog toga je realizaciji unificiranog SCADA sistema za potrebe ODS „EPS Distribucija“ prethodio rad stručnih lica ODS-a koji je izradio podloge za izradu biblioteke grafičkih simbola, tipskih polja i procesnih veličina, kao i strukture i hijerarhije tehničke baze podataka. Izvršeno je šifriranje svih trafostanica VN/SN i SN/SN, što je uz definisanje načina šifriranja procesnih veličina omogućilo automatsko kreiranje njene šifre pri instanciranju u konkretnoj implementaciji. Definisana su tipska polja u smislu njihove grafičke prezentacije i skupa veličina u procesnoj bazi podataka. Dati su funkcionalni zahtevi za administratorske alate koji imaju cilj da omoguće lak, precizan i automatizovan rad na kreiranju i izmeni tehničke baze i grafičkih prikaza u SCADA sistemu.

Na osnovu datih podloga realizovano je inženjersko okruženje za konfigurisanje sistema upravljanja distributivnim centrima. Osnovni pravci razvoja alata su predstavljali popunjavanje topološke baze podataka kroz proces kreiranja dinamičkih prikaza jednodimenzionalnih šema distributivnih objekata u editoru slika i olakšavanje unosa konvencijom imenovanja striktno definisanih SCADA veličina kroz editor procesne baze podataka. Korisniku je omogućeno da definiše složene konfiguracione objekte koji obuhvataju više tipskih SCADA veličina, imaju pridružen skup različitih grafičkih realizacija za potrebe prikaza informacija na dinamičkim prikazima, kao i definisanu semantiku i ponašanje u topološkom modelu. Instanciranjem ovakvih objekata kroz editor baze ili editor slika, automatski se popunjavaju sve dodatne informacije definisane datim šablonom, uz poštovanje svih definisanih pravila imenovanja elemenata sistema daljinskog upravljanja. Za veći broj veličina, koje obuhvataju mahom alarmne informacije, dozvoljen je uobičajen način unosa, bez potrebe za definisanjem dodatnih struktura.

Prva lokacija na kojoj je predviđeno puštanje novog sistema je PDC Pančevo. Zbog preimenovanja veličina, ujednačavanja opisa i ponašanja svih signala u sistemu, nije moguće izvršiti prostu konverziju starih konfiguracionih podataka. Funkcionalno testiranje se stoga nameće kao obaveza pri puštanju svakog centra. Definisane su procedure za testiranje novih centara koje omogućavaju paralelan rad oba sistema tokom perioda testiranja i probnog rada, uz minimalan uticaj na rad postojećih sistema.

**Ključne reči:** SCADA, procesna baza, funkcionalno ispitivanje

## SUMMARY

Analysis of existing SCADA systems in dispatcher control centers of “EPS Distribucija” showed significant differences in installed software and system implementation. This increases maintenance costs in the long term and makes it difficult to define comprehensive procedures for dispatchers how to react on specific events in substations. The requirement of “EPS Distribucija” was to have identical SCADA software implemented using the same design principals in each control center.

The realization on new uniformed SCADA system in “EPS Distribucija” started with specification of templates for graphical symbol libraries, object and data point types, as well as data structure and hierarchy, all done by the Working group within “EPS Distribucija”. Naming conventions for SCADA data points were defined on the company level, as well as codes for substations, distribution lines and measurement types, allowing for automatic creation of data points for each instantiated object. Graphical representation, required data point types

and behavior were defined for each bay type on abstract level. Functional requirements for each engineering tool were given to allow easy and automated creation and system maintenance.

Based on these inputs, an engineering environment specific for distribution control centers was realized. Main focus of development were creation of topological database based on single line diagrams used in SCADA displays and simplification of insertion of SCADA data points following strict naming and semantic rules. The user is provided with means to define complex configuration objects containing several template data points, having a set of different graphical representations with a specific semantics and behavior in the topological model. Instantiating these objects in database editor or graphical editor guarantees that all additional information is filled and all specific naming and behavior rules are met. Most data point however represent alarms, which have no need for additional attributes, and these points can be entered the traditional way.

PDC Pančevo was selected as the first location where the new system is to be implemented. Because of data point renaming and unification of description and behavior of objects in the system, it was not possible to perform a simple conversion of SCADA configuration database, which makes functional testing mandatory for each location. Testing procedures were defined so that parallel operation of both old and new system is possible during the testing and probation period.

**Key words:** SCADA, process database, functional testing

Bratislava.Radmilovic@epsdistribucija.rs  
Bozidar.Ciric@epsdistribucija.rs  
Gordana.V.Jovanovic@epsdistribucija.rs  
Gordan.Konecni@pupin.rs  
Zeljko.Acimovic@pupin.rs

## UVOD

Nakon organizacionih promena u Elektroprivredi Srbije, urađena je analiza zatečenog stanja sistema za daljinski nadzor i upravljanje (SDU) u dispečerskim centrima Operatora distributivnog sistema „EPS Distribucija“. Analiza je pokazala veliki stepen neusaglašenosti postojećih sistema, kako po pitanju korišćenog SCADA softvera, tako i po pitanju starosti i konfiguracije računarske opreme u centrima upravljanja i daljinskih stanica na elektroenergetskim (EE) objektima. Pored potrebe za novim funkcionalnostima koju zastarela oprema ne može da pruži, ovakva neujednačenost dugoročno povećava cenu održavanja sistema i onemogućava definisanje jedinstvene procedure u postupanju dispečerske službe prilikom pojave određenih događaja u EE sistemu. Stoga se pristupilo aktivnostima na ujednačavanju i završavanju SCADA softvera kao alata za daljinski nadzor i upravljanje i za ovaj sistem potrebne računarske opreme u dispečerskim centrima. Svemu je prethodio rad stručne radne grupe na definisanju funkcionalnih zahteva koje nova verzija SCADA-e treba da ispunjava, kao i definisanje i standardizacija elemenata tehničke baze podataka i grafičkih prikaza za sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu. Ova standardizacija treba da obezbedi jedinstvenost tehničke baze podataka u pogledu skupa, naziva i osobina procesnih veličina koje se akviziraju sa EE objekata, načina njihovog imenovanja, struktuiranog šifriranja i ponašanja u SCADA sistemu.

## STANDARDIZACIJA

Radna grupa stručnih lica ODS-a je sačinila dokumente u kojima je izvršena standardizacija funkcionalnosti i izgleda SCADA sistema, izveštajnih funkcija i grafičkih prezentacija. Definisani su funkcionalni zahtevi za administratorske alate koji imaju cilj da omoguće lak, tačan i automatizovan rad na kreiranju i izmeni tehničke baze i grafičkih prikaza u SCADA sistemu. Takođe, sačinjen je šifarnik procesnih, odnosno akviziranih veličina i komandi u tehničkoj bazi podataka sa jedinstvenim nazivima i načinom prezentacije u SCADA sistemu. Svakom signalu je dodeljena jedinstvena šifra i definisan način šifriranja SCADA tačaka. Sve podloge su uobličene u dokumente Integralnog Sistema Menadžmenta (IMS procedure i uputstva). Na osnovu ovih podloga izrađena je biblioteka grafičkih simbola, tipskih polja i procesnih veličina za izradu grafičkih prezentacija i procesne baze u SCADA sistemu.

## JEDINSTVENA GRAFIČKA PREZENTACIJA EE OBJEKATA I MREŽE U SCADA SISTEMU

Standardizovani izgled grafičkih prikaza EE objekata i mreže korišćen se u SCADA sistemima za potrebe lokalnog i daljinskog nadzora i upravljanja u centrima upravljanja (operativnim, područnim, distributivnim i Nacionalnom distributivnom dispečerskom centru) i u sistemima lokalnog upravljanja u elektroenergetskim objektima (trafostanicama i razvodnim postrojenjima).

Definisan je način prikaza mreže koji se koristi za praćenje rada dela elektroenergetskog sistema u nadležnosti centra upravljanja i prikazuje se na dinamičkoj sinoptičkoj ploči. Za elemente EE objekata i vodova na prikazu mreže se koriste simboli rasklopne energetske opreme definisan i u Tabeli 1. Ostali simboli su isti kao i za prikaz EE objekta. Prikaz mreže obuhvata visokonaponski (VN) deo EE objekta do SN sabirnica. Od merenih veličina prikazuju se snage trafoa, vrednosti tokovi struja na VN dalekovodnim i spojnim poljima, kao i vrednost napona na VN strani. Komandovanje sa mrežnog prikaza nije omogućeno. Primer ovakvog prikaza dat je na slici 1.

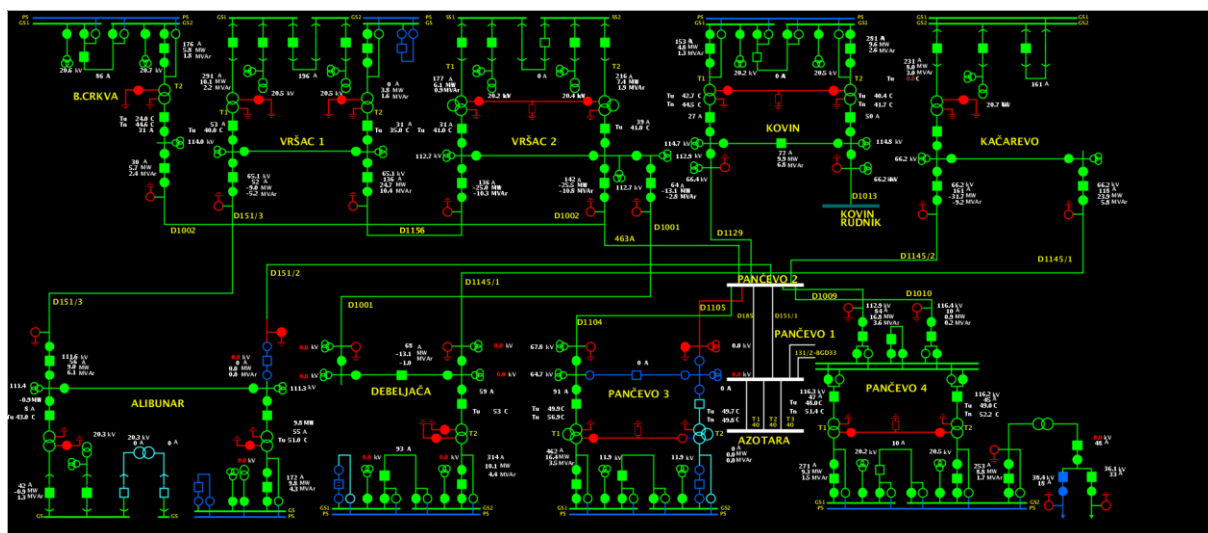
Tabela 1. Simboli rasklopne energetske opreme na grafičkim prikazima SCADA sistema

Rasklopni element	Simbol na jednopolnoj šemi EE objekta	Simbol na prikazu mreže
Prekidač		
Rastavljač		
Rastavljač sa motornim pogonom		
Kolica		
Rastavljač za uzemljenje		
Tropoložajni element		
Sklopka-rastavljač		
Zemljospojni prekidač		
Kontaktor		

Prikaz jednopolne šeme EE objekta se koristi za uvid u stanje rasklopne opreme, vrednosti merenih veličina, statuse i režime rada opreme, za nadzor neregularnih stanja i pojave alarma usled prorade zaštite, kao i za izdavanje komandi prema elementima EE objekta. Ovi prikazi se koriste za korisničke radne stanice (HMI – dispečerske i LUM), a prikazuju se i na dinamičkoj sinoptičkoj ploči. Sa prikaza objekta je omogućeno komandovanje daljinski upravljivom opremom i uređajima. Simboli koji se koriste za prikaz objekta dati su u Tabeli 1. Raspored polja na prikazu mora biti u skladu sa jednopolnim šemama datim u tehničkoj dokumentaciji EEO, odnosno sa dispozicijom opreme u EE objektu. Primer ovakvog prikaza dat je na slici 2. Prikazi EE objekta za SCADA sistem u Nacionalnom distributivnom dispečerskom centru sadrže VN deo EE objekta zaključno sa SN sabirnicama i uprošćenim prikazom merne čelije, spojne čelije i kućnog transformatora.

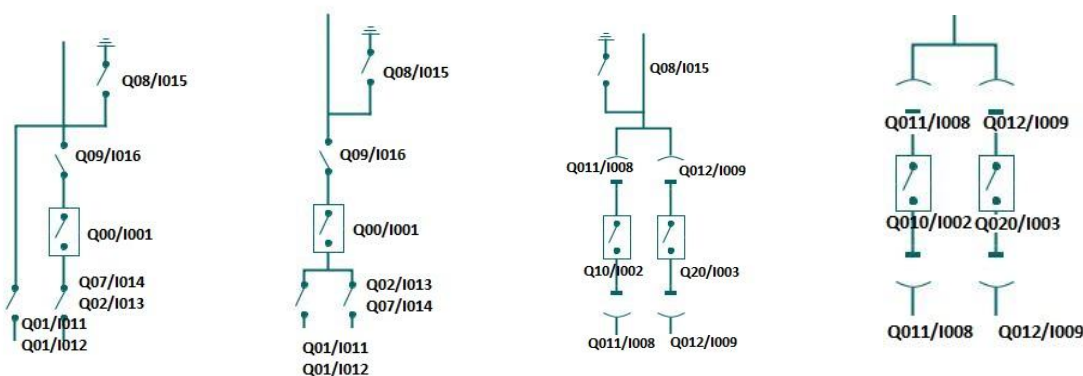
Pored simbola iz tabele 1, definisan je i izgled simbola na grafičkim prikazima za rasklopnu opremu, vodove, transformatore (energetske i merne), generatore, merene veličine i ostale aparate i uređaje. Dinamički simboli menjaju izgled i boju u zavisnosti od vrednosti procesne veličine akvizirane SCADA sistemom. Statički simboli ne menjaju izgled. Bojenje dinamičkih i nekih statičkih elemenata (sabirnice, vodovi/veze, transformatori (energetski, merni, kućni), izlaz kablovske glave) se vrši po:

- energizovanosti (napon prisutan – zelena boja/ napon odsutan – tamno plava boja),
  - stanju uzemljivača (uzemljeno – crvena boja),
  - prekid komunikacije i nepoznato stanje – svetlo plava boja - magenta
- i važi za sve dinamičke i statičke elemente.

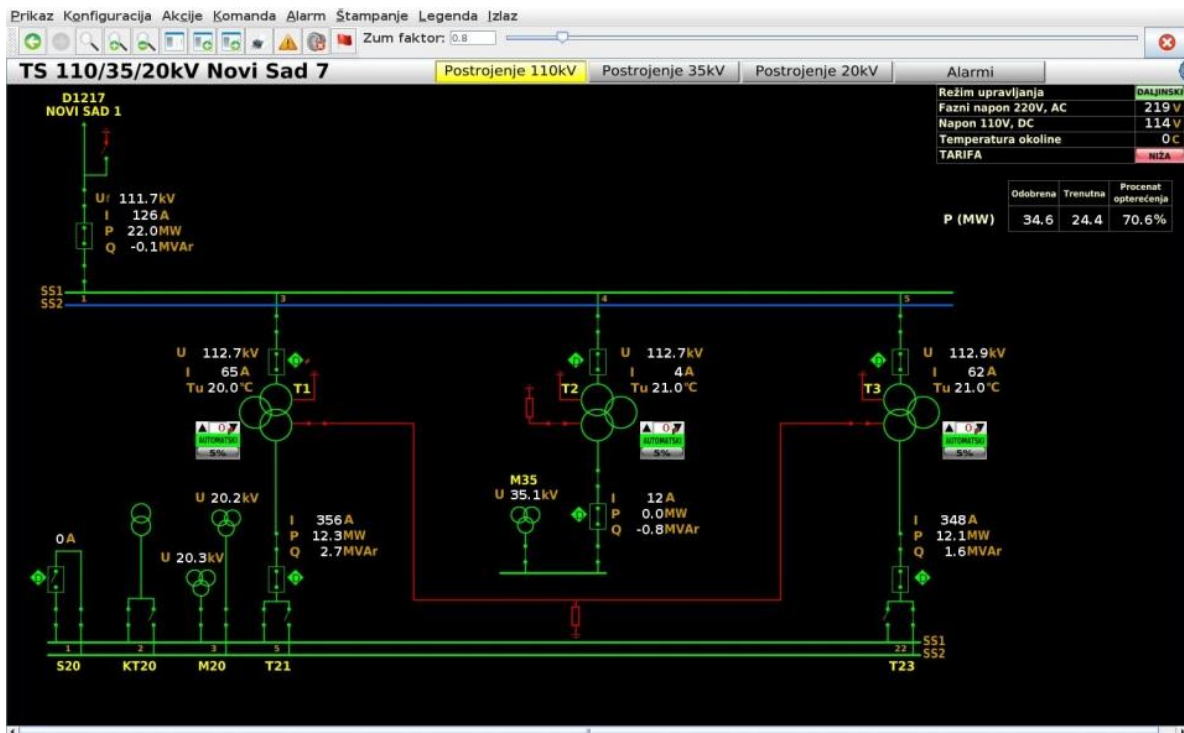


Slika 1. Primer prikaza mreže

Nakon definisanja osnovnih elemenata grafičkih prikaza (simboli, vodovi, način bojenja), izvršena je tipizacija polja i definisani su prikazi različitih tipova polja na grafičkoj šemi. Ovo je omogućilo stvaranje biblioteke grafičkih simbola (uređaja) i tipskih polja koja se koristi pri izradi grafičkih prikaza u SCADA sistemu.



Slika 3. Primeri iz biblioteke topoloških tipova polja



Slika 2. Primer prikaza jednopolne šeme elektroenergetskog objekta

## UNIFIKACIJA PROCESNE BAZE

Obavezna dokumentacija za integraciju svakog elektroenergetskog objekta u sistem daljinskog nadzora i upravljanja, odnosno za izradu tehničke baze podataka SCADA sistema je i parametarska lista koja sadrži skup procesnih veličina (signalizacija, alarma, komandi i merenih veličina) koje će biti akvizirane, obrađene i prikazane u SCADA-i. Parametarska lista sadrži procesne veličine čiji su nazivi i ponašanje u SCADA prikazima definisani u Šifarniku procesnih veličina koji je izradio stručni tim i koji je sastavni deo uputstva IMS dokumentacije. U njemu su, osim naziva i šifre procesne veličine, definisane i druge značajne osobine te veličine, na pr. da li se arhivira, u kojim listama SCADA sistema se pojavljuje i na koji način, da li i kako se potvrđuje itd.

Velika promena je načinjena i u načinu šifriranja procesnih veličina. Definisana je struktura procesnog ključa svake SCADA tačke. Za direktno akvizirane veličine on se sastoji iz sledećih segmenata:

- Nadležnost (region) – 1 karakter (1-BG, 2-NS, 3-NI, 4-KV, 5-KG);
- Šifra EEO – 5 karaktera (alfanumerički podatak);
- Oznaka naponskog nivoa – 1 karakter (E, H, J, K, L, N (NB, NJ) respektivno za 110, 35, 20, 10, 6, 1 kV);
- Broj polja / ćelije – 2 karaktera (numerički podatak);
- Kategorija procesne veličine (1 slovni karakter):
  - I – indikacija položaja rasklopne opreme
  - A - alarm
  - N – status automata
  - S – indikacija statusa opreme
  - Z – status zaštitnih funkcija
  - K - komanda
  - P – postavna komanda
  - M - merenje
  - B - brojač
  - E – izvedeno merenje
  - F – procesirano merenje
  - J – izvedena indikacija
  - H – procesirana indikacija;
  - L – uslovna sprečavanja (blokade),
  - G/X/W .. – veličine tipične za konkretan EEO, odnosno distributivno područje.
  - Oznaka / brojelementa – 3 karaktera (numerički podatak) iz Šifarnika procesnih veličina.

Procesni ključ (šifra / SCADA\_ID) za izračunate veličine, odnosno snagu dela EE objekta ili dela elektroenergetskog konzuma formira se iz sledećih segmenata:

- Nadležnost (region) – 1 karakter (1-BG, 2-NS, 3-NI, 4-KV, 5-KG);
- Šifra EEO – 5 karaktera (alfanumerički podatak); jedinstvena oznaka za dato područje;
- Oznaka naponskog nivoa – 1 karakter (E, H, J, K, L, N (NB, NJ) respektivno za 110, 35, 20, 10, 6, 1 kV);
- Broj polja / ćelije – 2 karaktera (numerički podatak);
- Kategorija procesne veličine - 1 slovni karakter - M – merenje;
- Oznaka / broj elementa – 3 karaktera (numerički podatak) iz Šifarnika procesnih veličina.

Za potrebe automatskog formiranja procesnog ključa na ovakav način bilo je potrebno definisati klase „Elektroenergetski objekat“ i „Polje“ čiji atributi sadrže podatke za pojedine segmente procesnog ključa. Takođe, pored šifarnika procesnih veličina, koji opisuje svaku veličinu i definiše njenu oznaku, stručni tim je izradio i Šifarnik EE objekata koji su, ili će biti integrisani u sistem daljinskog nadzora i upravljanja.

Slede primeri šifara nekih procesnih veličina u SCADA sistemu:

- 2EVS02 K 02 I 001 – prekidač (pozicija prekidača)
- 2HNMIL K 02 A 010 – kratkospojna zaštita - isključenje
- 2ENS02 E 03 M 019 - procesniključzasnagutrafopolja
- 2ENS02 00 M 019 – procesni ključ za snagu trafo stanice
- 2 M 019 - procesni ključ za snagu DDC

Opisana standardizacija i sačinjene podloge omogućile su značajna unapređenja na serverskoj strani nove, unificirane verzije SCADA sistema. Iako je HMI korisnički interfejs, uz dodatak pojedinih novih funkcionalnosti, ostao uglavnom nepromenjen, razvijeni su potpuno novi administratorski alati za unos i održavanje procesne baze i grafičkih prikaza, kao i administraciju celog SCADA sistema. Novina je i procesor topologije na kome se zasniva dinamičko bojenje grafičkih prikaza.

## INŽENJERSKI ALATI

Na osnovu dokumenata definisanih tokom prve faze rada na unifikaciji SCADA sistema, izvršena su prilagođenja, odnosno razvoj inženjerskih alata za implementaciju sistema daljinskog upravljanja. Osnovni zahtev koji novi inženjerski alati treba da ispune je integrisano konfiguirisanje relevantnih elemenata sistema daljinskog upravljanja, pre svega elemenata izvorne baze podataka, grafičkih prikaza elemenata ili grupa elemenata i topološka sprega između tih elemenata kao ulaz modulu procesora topologije. Proces kreiranja izvorne baze podataka i odgovarajućih dinamičkih prikaza se zasniva na korišćenju predefinisanih šablona procesnih veličina i grupa veličina koje su funkcionalno spregnute. Uočavaju se sledeće kategorije šablona:

- Šifarnik veličina – sadrži 4 karaktera tipa veličine (kategorija i oznaka veličine) i odgovarajuća podešenja parametara obrade za taj tip veličine (arhiviranje, generisanje događaja, opis i slično);
- Šifarnik funkcionalnih grupa (uređaja) – sadrži grupe veličina koje se uobičajeno instanciraju zajedno, npr. komanda prekidača i odgovarajuća povratna signalizacija stvarne pozicije prekidača; merenja napona po fazama i slično. Svakom uređaju je pridružena i odgovarajuća kategorija koja definiše načine sprezanja datog elementa sa drugim uređajima u sistemu (*Uzemljivač, Prekidač, Veze, Dalekovodi, Namotaji Transformatora* i drugi);
- Šifarnik tipskih polja – sadrži grupe tipskih uređaja koji su topološki spegnuti i kojima može da se pridruži odgovarajuća grafička reprezentacija kao deo jednodolne šeme za dinamičke prikaze. Primer su različite realizacije izvodnih polja, sabirnica i slično.

Postupak implementacije sistema se vrši u dva koraka:

- Definisavanje šablona
- Instanciranje šablona u konkretne sisteme

Definisavanje šablona podrazumeva:

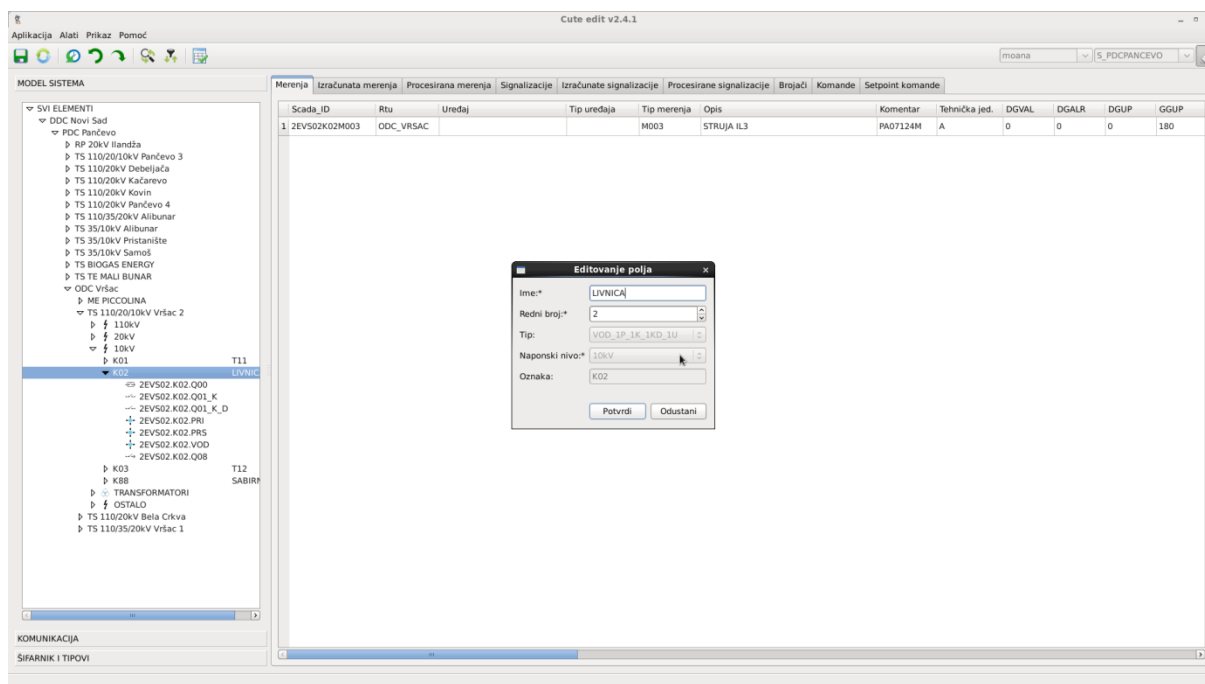
- Formiranje (unos) šifarnika veličina
- Kreiranje tipskih uređaja
- Kreiranje tipskih polja sastavljenih od tipskih uređaja koji su povezani tipskom topologijom
- Kreiranje potrebnih grafičkih reprezentacija tipskih polja.

Ovim koracima su definisani svi tipski elementi koji mogu da se koriste u konkretnim implementacijama SDU. Obaveza sistem inženjera ODS-a je da se tipski elementi održavaju konzistentnim i u skladu sa dogovorenim konvencijama na nivou EPS Distribucije.

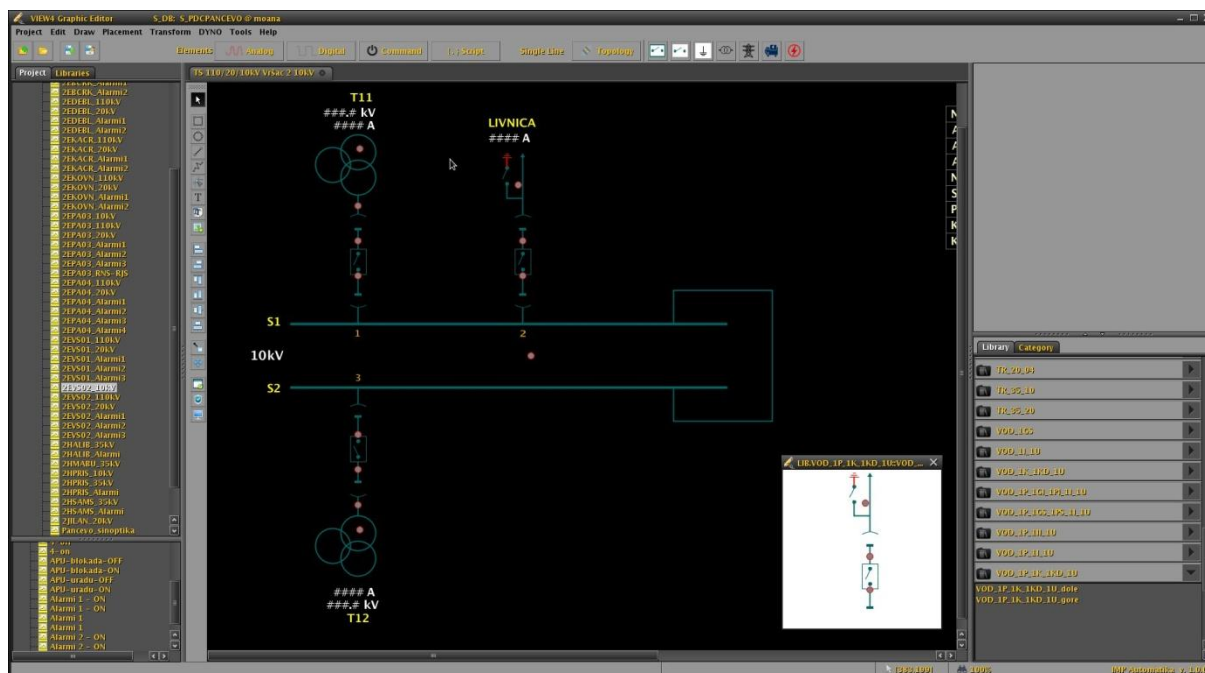
Instanciranje šablona obuhvata:

- Instanciranje tipskih polja sa pripadajućom topologijom u konkretna postrojenja
- Dodavanje šablona tipskih uređaja na instancirana polja (elementi koji se ne sprežu topološki)
- Međusobno topološko povezivanje instanciranih tipskih polja.

Instanciranje prethodno pripremljenih šablona je moguće kako u okruženju za editovanje izvorne baze (Slika 4), tako i u okruženju za editovanje dinamičkih slika (Slika 5.). U prvom slučaju, korisniku se pruža mogućnost biranja između različitih grafičkih reprezentacija istog tipskog elementa, dok drugi pristup omogućava definisanje topoloških modela postrojenja (ili delova postrojenja) koja mogu da utiču na topološke proračune, ali za koje se ne realizuju dinamički prikazi (postrojenja koja ne pripadaju datoj nadležnosti, postrojenja koja nisu u sistemu daljinskog upravljanja i slično). U oba slučaja, rezultat editovanja se čuva u jedinstvenoj izvornoj bazi podataka i konzistentan je u oba okruženja.



Slika 4. Editor baze



Slika 5. Editor slika

## **ZAKLJUČAK**

Projekat unifikacije SCADA sistema u ODS „EPS Distribucija“ se odvijao u dve faze. Prva faza koju je realizovao stručni radni tim EPS Distribucije obuhvatila je posao na donošenju podloga za novi, unificirani SCADA sistem, u okviru koga je po prvi put od uvođenja sistema daljinskog nadzora i upravljanja izvršena standardizacija svih elemenata SCADA sistema. Standardizovan je skup procesnih veličina SCADA tehničke baze, što predstavlja osnovu za donošenje dokumentacije o načinu postupanja u nadzoru i upravljanju elektroenergetskim objektima i sistemom u realnom vremenu. Sama SCADA aplikacija je, zahvaljujući standardizovanom, strukturiranom šifriranju procesnih veličina i stvaranjem biblioteke tipskih topoloških polja unapređena u pogledu razvoja novih administratorskih alata kojima se znatno olakšava i ubrzava unos baze, kreiranje grafičkih prikaza i administracija sistema. Takođe, pri realizaciji ovih alata se strogo vodilo računa da se što je moguće više onemogućí unos elemenata sistema koji nisu standardizovani.

## **LITERATURA**

1. Stefanović G, Stojić M, Kršenković I, Jakupović G, Čukalevski N, Bundalo I, 2017, „Određivanje stanja elektroenergetskih mreža u realnom vremenu bazirano na topološkoj analizi“, V SAVJETOVANJE CG KO CIGRE