

Tomislav Stupić, dipl.ing.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
tomislav.stupic@koncar-ket.hr

Nikola Tokić, mag.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
nikola.tokic@koncar-ket.hr

Boris Brestovec, dipl.ing.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
boris.brestovec@koncar-ket.hr

Božidar Jovanović, dipl.ing.
JP Elektroprivreda HZHB d.d.
bozidar.jovanovic@ephzhh.ba

SCADA/DMS/OMS SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE DISTRIBUCIJSKOM MREŽOM U NADLEŽNOSTI JP EP HZHB MOSTAR

SAŽETAK

Referat opisuje tehničko rješenje te proces implementacije novog sustava daljinskog vođenja distributivne mreže JP Elektro Privrede Hrvatske Zajednice Herceg Bosna (EP HZHB) iz Mostara, BiH. Projekt obuhvaća implementaciju slijedećih osnovnih cjelina u periodu od tri godine: uspostavu novog SCADA/DMS/OMS sustava; nadogradnju i opremanje transformatorskih stanica u vlasništvu EP HZHB-a sekundarnom opremom; nadogradnju telekomunikacijske infrastrukture; te građevinske radove, opremanje i rekonstrukciju dispečerske i sistem sale u glavnoj zgradi EP HZHB-a u Mostaru.

Novi SCADA/DMS/OMS sustav koji se instalira uključuje najnoviju verziju *PSIcontrol 4.5* i *PSIcommand 3.5* programskog sustava proizvođača PSI AG iz Njemačke. Pored PSI-a kao voditelja konzorcija i Končar KET-a kao člana konzorcija izvođača radova na projektu učestvuje i veći broj podizvođača iz BiH i Hrvatske.

Ključne riječi: SCADA, DMS, OMS

SCADA/DMS/OMS SYSTEM FOR THE SUPERVISION AND CONTROL OF THE DISTRIBUTION NETWORK OPERATED BY THE JP EP HZHB MOSTAR

SUMMARY

This paper describes technical solution together with the project steps in setting up new system for remote control of the distribution network operated by the JP Elektro Privreda Hrvatske Zajednice Herceg Bosna (EP HZHB) company, Mostar, BiH. Project includes implementation of the following subsystems in the three year time period; new SCADA/DMS/OMS system; extension of the transformer substations in the EP HZHB ownership with secondary equipment; extension of the telecommunication infrastructure; civil works in the main EP HZHB building in Mostar.

New SCADA/DMS/OMS system includes latest version of the *PSIcontrol 4.5* and *PSIcommand 3.5* system from PSI AG Company, Germany. Beside PSI as the leader of consortium and Končar KET as a member of the consortium a vast number of subcontractor from BiH and Croatian is also included in the project.

Key words: SCADA, DMS, OMS

1. UVOD

Kako bi se omogućilo što brže djelovanje na poslovne zahtjeve, suvremena organizacijska struktura kompanija bazira se na modelu poslovanja, u kojemu je najmodernija tehnologija podloga poslovnim uslugama. Mnoge kompanije koje se bave upravljanjem elektroenergetskog sustava prepoznale su potrebu za povećanjem efikasnosti poslovnih i energetske procesa u svojoj nadležnosti. Cilj implementacije novog SCADA/DMS/OMS (SDO) sustava odnosi se na pružanje podrške za modernizaciju poslovnih procesa u sklopu poslovanja kupca, u ovom slučaju Javnog poduzeća Elektroprivreda Hrvatske Zajednice Herceg Bosne iz Mostara, BiH. Naglasak projekta je na modernizaciji elektroenergetskih objekata što će osigurati pouzdano prikupljanje podataka na srednje-naponskoj razini elektroenergetskog sustava. Implementacijom naprednih funkcija novog SDO sustava dokazano će se postići: smanjenje prekida opskrbe kupaca električnom energijom; reduciranje tehničkih i ne-tehničkih gubitaka; upravljanje isporukom električne energije; prevencija poremećaja; povećanje učinkovitosti i kvalitete rada; učinkovita integracija SDO sustava sa ostalim sustavima.

2. OPSEG PROJEKTA

Projektom „Nabavke i implementacije SCADA/DMS/OMS sustava za daljinsko vođenje distributivnog elektroenergetskog sustava sa pripadajućom sekundarnom i telekomunikacijskom opremom“ omogućiti će se daljinsko upravljanje i nadzor nad elektroenergetskim postrojenjima distributivnog elektroenergetskog sustava u nadležnosti Javnog Poduzeća Elektroprivrede Hrvatske Zajednice Herceg Bosne (JP EP HZHB). Ovaj složeni projekt osim isporuke i ugradnje naprednog SCADA/DMS/OMS sustava (SDO) obuhvaća i isporuku sustava za automatizaciju brojnih energetske postrojenja te telekomunikacijske podsustave za njihovo međusobno povezivanje s ciljem razmjene podataka u stvarnom vremenu.

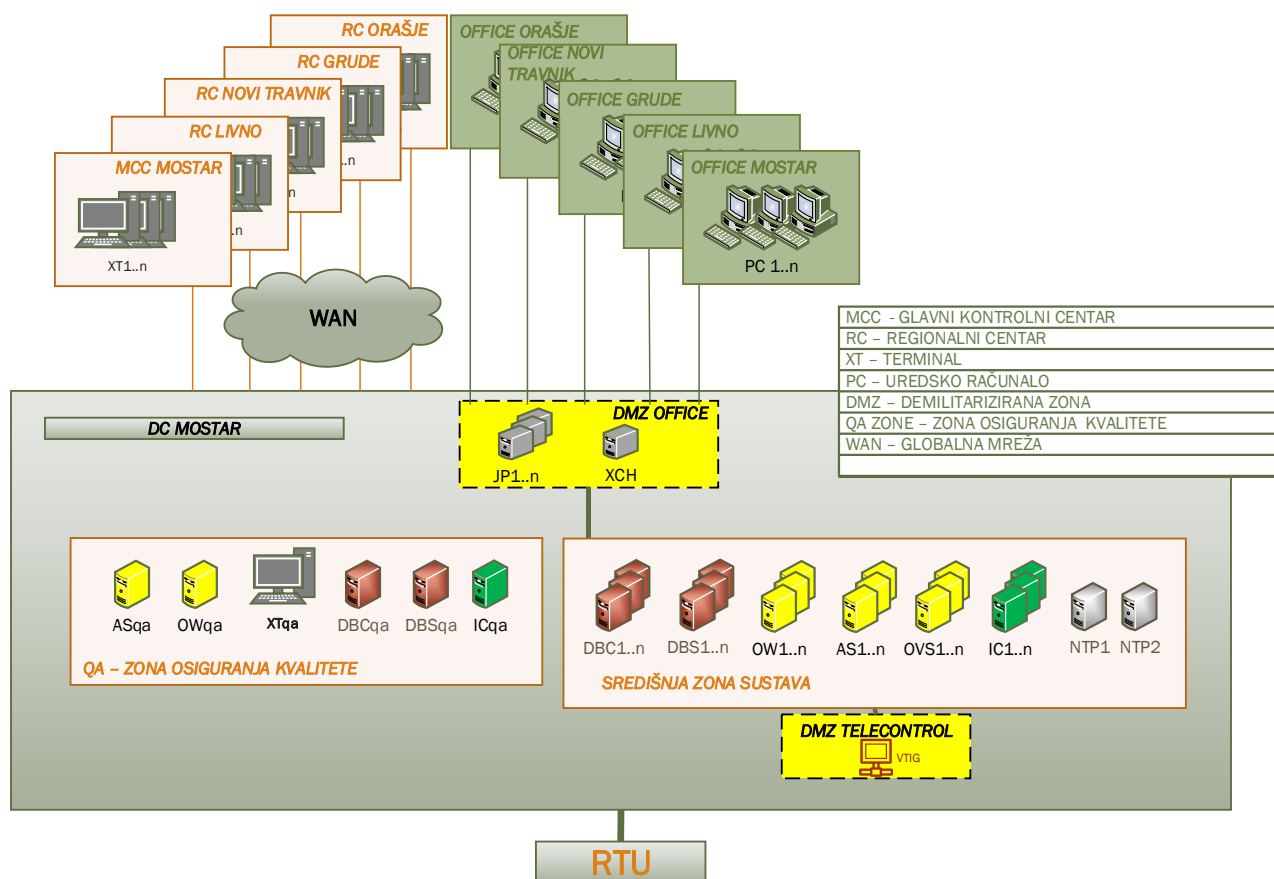
U sklopu projekta se instalira najnovija verzija SDO računalnog sustav njemačke kompanije PSI AG. SCADA/DMS funkcionalnost SDO sustava ostvarena je kroz programski paket *PSIcontrol 4.5*. Integriranjem SCADA i DMS aplikacija unutar jednog programskog paketa uvelike se pojednostavljuje rad krajnjem korisniku u smislu da na istom sučelju ima na raspolaganju sve alate za nadzor distribucijske mreže. OMS funkcionalnost implementirana je kroz programski paket *PSIcommand 3.5*. Programski paketi *PSIcontrol* i *PSIcommand* tijekom rada su međusobno povezani te razmjenjuju potrebne informacije [1].

Glavne funkcionalnosti koje SDO sustav podržava su:

- Upravljanje distribucijskom mrežom u stvarnom vremenu;
- Restauracija mreže;
- Planiranje mrežnih operacija;
- Post-operacijska analiza sustava;
- Planiranje održavanja sustava;
- Studijski mod rada.

Distribucijska mreža EP HZHB-a sastoji se od 33 pretežito izolirane energetske mreže. Izolirane mreže su međusobno povezane preko nacionalnog prijenosnog sustava koji je rukovođen i upravljan od strane kompanije Elektroprijenos BiH. Svaka izolirana mreža u većini slučajeva je direktno povezana sa organizacijskom strukturom unutar EP HZHB kompanije na način da joj je pridružena jedna ili više poslovnica koja je nadležna za cijelu ili dio izolirane mreže. Sve poslovnice su grupirane u distributivna područja: Jug, Centar i Sjever. Distributivno područje Jug zbog svoje veličine dodatno se dijeli na tri pogona: Mostar, Grude i Livno. Ovakva organizacijska struktura nadležnosti i upravljanja je preuzeta i integrirana u projekt SDO sustava. Distribucijskom mrežom EP HZHB-a upravljati će se iz jednog glavnog upravljačkog centra smještenog u Mostaru (DP Jug) i četiri regionalna upravljačka centra smještena u Grudama (DP Jug), Livnu (DP Jug), Novom Travniku (DP Centar) i Orašju (DP Sjever). Svi upravljački centri povezani su u jedan zajednički SDO sustav čija glavna sklopovska oprema je smještena u Mostaru, prikazana na slika 1.

Ovakva arhitektura SDO sustava omogućuje prijenos nadležnosti i upravljanja s regionalne mreže na glavni upravljački centar čime će se osigurati jednostavnije rukovođenje dispečera što će direktno utjecati na povećanje učinkovitosti i kvalitete rada.



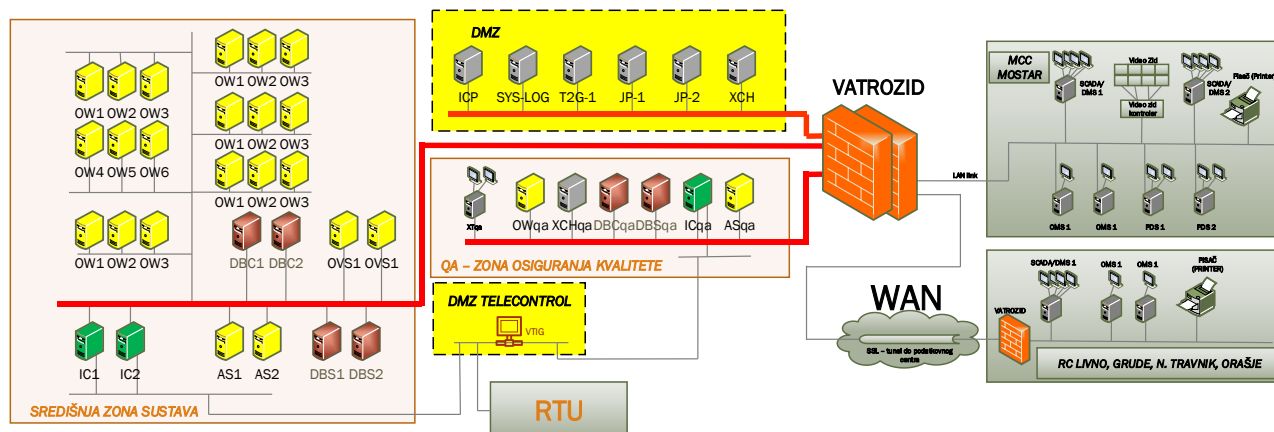
Slika 1. Organizacijska shema SDO sustava

3. SCADA/DMS/OMS SUSTAV

Upravljanje elektroenergetskim sustavom zasniva se na računalnom sustavu daljinskog vođenja (SDV). SDV sustav svojim naprednim rješenjima pruža pouzdanost, optimalnost, pametno upravljanje i zaštitu za sve razine elektroenergetskog sustava. S naprednim mogućnostima prikupljanja podataka SCADA sustav (*eng. Supervisory Control And Data Acquisition*) ima značajnu ulogu u radu SDV sustava. Automatizacija cijele distribucijske mreže, olakšavanje daljinskog nadzora, koordiniranja i upravljanja distribucijskim postrojenjima daje SCADA sustavu puno veću ulogu od samog prikupljanja podataka. Sa svim mogućnostima koje posjeduje, SCADA sustav postaje jedan od neizostavnih alata za operatore distribucijskog sustava.

Na slici 2, prikazana je arhitektura SDO sustava čiji osnovni dio sklopovske opreme je smješten u serverskoj sobi u Mostaru. Četiri regionalna centra su povezana s podatkovnim centrom u Mostaru preko zaštićene WAN mrežne infrastrukture (veze IPSEC-, SSL ili VPN tunel).

Svi upravljački centri (MCC, RC) u osnovi su jednako konfigurirani. U regionalnim centrima (Livno, Grude, Novi Travnik i Orašje) biti će instalirana po jedna radna stanica za SCADA/DMS funkcije i po dvije radne stanice za OMS funkcije. U glavnom kontrolnom centru u Mostaru instalirati će se dvije radne stanice za SCADA/DMS funkcije, dvije radne stanice za OMS funkcije te dvije radne stanice za inženjering sustava i video zid. Kao zasebni sustav instaliran je i QA (*eng. Quality Assurance*) razvojno ispitni sustav koji je vjerna replika glavnog sustava u vidu SDO funkcionalnosti te koji će se koristiti za testiranje zakrpi, novih programskih nadogradnji sustava te ispitivanja novih EE objekata prilikom puštanja u pogon i spajanja na glavni SDO sustav.



Slika 2. Konfiguracija SDO sustava

Arhitektura cijelog SDO sustava podijeljena je na zone sukladno osnovnim funkcionalnostima i informacijskoj sigurnosti. Podatkovni centar (na slici 2 iznad prikazano kao središnja zona sustava) s poslužiteljima odvojen je od vanjskih sustava s dva vatrozida (*eng. Firewall*) dok se spajanje regionalnih centara obavlja preko vatrozida instaliranog na svakoj lokaciji regionalnog centra.

U SDO sustavu postoje tri zone sigurnosti:

- 1) DMZ zona – demilitirana zona koju čine poslužitelji i mrežna oprema koji se nalaze između dva vatrozida, jednim vatrozidom su odvojeni od vanjskih procesa, a jedan vatrozid ih odvaja od sigurne središnje zone;
- 2) Središnja zona – središnja zona sustava koju čine poslužitelji za implementaciju svih funkcionalnosti SDO sustava te se ona smatra najsigurnijom zonom u arhitekturi SDO sustava;
- 3) QA zona – zona osiguranja kvalitete u kojoj se nalaze poslužitelji na kojima se paralelno s glavnim sustavom testiraju sve promjene koje se kasnije implementiraju na glavni SDO sustav.

Projektno rješenje podržava izradu sigurnosnih kopija (*eng. Backup*) svih sadržaja SDO baza podataka. Vremenski period izrade sigurnosne kopije može se podesiti na željeni način, najčešće se izvršava barem jednom dnevno. Kako je vidljivo na hardverskoj arhitekturi, svaki poslužitelj u središnjoj zoni sustava sadrži svoju redundantnu inačicu te se ta dva servera sinkroniziraju u stvarnom vremenu. Ovime se osigurao neometan rad sustava ukoliko dođe do iznenadnog pada jednog od poslužitelja

3.1. SCADA sustav

U sklopu projekta u novi SCADA sustav biti će uvedene sve 35 kV, 10 kV transformatorske stanice i daljinski upravljivi rastavljači koji su u vlasništvu EP HZHB, odnosno svi objekti koji su opremljeni za daljinsko upravljanje. Dodatno, u SCADA sustav unijeti će se i srednje naponski dijelovi 110 kV transformatorskih stanica koje su u vlasništvu Elektroprijevoza BiH, odnosno dijelovi postrojenja 110 kV objekata koji prema razgraničenju nadležnosti pripadaju operatoru distribucijskog sustava EP HZHB-u.

Unutar sklopovske strukture SDO sustava postoje različiti tipovi poslužitelja koji su podijeljeni ovisno o svojoj namjeni. Na slici 2 unutar središnje zone sustava nalaze se slijedeći najbitniji tipovi poslužitelja:

- Interface Computer (IC);
- Operator Workstation (OW);
- Database Computer (DBC);
- Observation Server (OVS);

- Application Server (AS);
- Data Base Server (DBS).

Interface computer – poslužitelj koji omogućava sučelje nadređenim poslužiteljima (OW ili DBS) prema elektroenergetskim (EE) objektima na lokaciji, u ovom slučaju distribucijskoj elektroenergetskoj mreži. Ovaj poslužitelj komunicira preko telekomunikacijskih sučelja (TCG ili TCP/IP) razmjenjujući procesne poruke s EE objektima. U jednom smjeru u sustav se procesiraju mjerenja, indikacije i statusi dok se u drugom smjeru šalju upravljačke komande na stanična računala ili daljinske stanice u EE objektima.

Operator workstation – u prijevodu operatorska radna stanica, koja se sastoji od *operator workplace* (OW) poslužitelja i X11 terminala. X11 terminal je krajnja radna stanica na kojem se korisnicima prikazuje sučelje za rad, dok je OW poslužitelj na kojem se nalaze SCADA aplikacije te baza podataka za rad u stvarnom i studijskom vremenu.

Database computer – na ovom poslužitelju se nalazi SQL baza za inženjering podataka. U njemu se kreiraju svi statički modeli mreže, ekranski prikazi te unose svi relevantni podaci za ispravno funkcioniranje SCADA/DMS aplikacija. Na DBS poslužitelju dodatno se nalazi i povijesna baza podataka te se na njega spajaju korisnici tijekom analize trendova podataka.

Observation server – OVS poslužitelj omogućava spajanje na siguran način uredskih računala iz poslovne mreže na SDO sustav te razmjenu podataka. Svaki OVS podržava do 25 vanjskih korisnika.

Application server – AS poslužitelj sustavu omogućava funkcionalnost OMS sustava, odnosno na njemu se nalaze aplikacije *PSIcommand* sustava.

Database server – na ovom poslužitelju se nalazi SQL baza podataka na koju se spremaju podatci vezani za OMS sustav, odnosno na njemu se nalazi baza podataka *PSIcommand* sustava.

Za rad osnovnog SCADA sustava, bez DMS i OMS skupa funkcija, najvažniji poslužitelj koji se koristi je OW. Svako radno mjesto (OW) je zasebni upravljački sustav s punom funkcionalnošću. Zbog toga, aktivnosti na jednom od radnih mjesta gotovo da nema nikakvog utjecaja na neku drugu radnu stanicu operatera. Dinamika na razini radnog mjesta stoga je u velikoj mjeri odvojena od istodobnih operativnih aktivnosti na drugim radnim mjestima. Na DBS poslužitelju je instalirana baza za inženjering podataka koja omogućava sve funkcije povezane s dijaloškim operacijama računalnog modeliranja procesa. Na ovom poslužitelju su spremljene sve implementirane jednodolne sheme, statički i dinamički mrežni modeli, topologija mreže, itd.

Osnovno prikupljanje podataka u SCADA sustav izvoditi će se klasičnim očitavanjem podataka iz trafostanica u stvarnom vremenu (korištenjem RTU uređaja sa IEC 101 i IEC 104 protokolima). Dodatni podatci unose se u SCADA-u kroz različita sučelja sa vanjskim sustavima. Za neke primarne trafostanice u nadležnosti Elektroprijevoza podatci se iz tih trafostanica uzimaju iz SCADA sustava Elektroprijevoza kroz ICCP protokol (*eng. Inter-Control Center Communications Protocol*). ICCP vezom ostvarit će se razmjena u jednom smjeru prikupljenih podataka (mjerenja i indikacija prikupljenih iz EE objekata u centar Elektroprijevoza) i upravljačkih komandi u drugom smjeru (iz centra EP HZHB preko upravljačkog centra Elektroprijevoza prema EE objektima).

HMI sučelje SDO sustava ima mogućnost prikaza distribucijske mreže na različitim pozadinama, uključujući geografsku kartu. Elementi i postrojenja u mrežnim modelima sadržavaju točne geografske koordinate svojih lokacija na zemljinoj površini. Ovime je dan prikaz cijele distribucijske mreže EP HZHB na geografskoj karti BiH.

3.2. DMS sustav

Posljednjih se godina eksponencijalno povećava iskorištavanje električne energije, a zahtjevi kupaca i definicije kvalitete električne energije znatno su se promijenili. Kako je električna energija postala suštinski dio svakodnevnog života, njezina optimalna upotreba i pouzdanost postali su važni. Nadzor stanja mreže u stvarnom vremenu i dinamično donošenje odluka postali su instrument za optimiranje resursa i upravljanje zahtjevima. Ovime je napravljen sustav upravljanja distribucijskom mrežom (*eng. Distribution Management System DMS*) koji bi se trebao nositi sa suvremenim potrebama.

DMS sustav je skup aplikacija dizajniranih za učinkovito i pouzdano praćenje i upravljanje cijelom distribucijskom mrežom. Djeluje kao sustav potpore u odlučivanju koji pomaže upravljačkoj strukturi i osoblju na terenu pri nadzoru i upravljanju elektroenergetskim sustavom. Poboljšanje pouzdanosti i

kvalitete usluga u smislu: smanjenja broja prekida rada; minimiziranja vremena prekida; održavanja prihvatljive frekvencije i naponske razine ključni su rezultati DMS-a.

DMS skup aplikacija *PSIcontrol* programskog paketa osigurava modeliranje srednje naponske i niže naponske mreže uz mogućnost modeliranja trofaznog simetričnog i nesimetričnog sustava ovisno o potrebama korisnika. DMS podržava podešavanje privremenih elemenata na mreži (uzemljenja, prekida, izvora energije, itd.) radi lakšeg prikaza privremenog stanja mreže krajnjem korisniku.

U sklopu projekta instalirati će se slijedeće DMS funkcije:

- Proračun tokova snaga (*eng. Power Flow*);
- Estimacija stanja mreže (*eng. State Estimation*);
- Otkrivanje i lokalizacija kvarova te upravljanje ispadima (*eng. Fault Management and System Restoration*);
- Rukovođenje ispadima (*eng. Outage Management*);
- Restauracija napajanja (*eng. Restoration Management*);
- Proračun kratkog spoja (*eng. Short Circuit Analysis*);
- Integrirana Volt/VAr regulacija (*eng. Integrated Volt/Var control*);
- Prognoza opterećenja (*eng. Short Term Load Forecast*).

3.3. OMS sustav

U sklopu SDO projekta implementira se *PSIcommand* programski paket koji objedinjuje tražene OMS funkcionalnosti.

PSIcommand sustav omogućava:

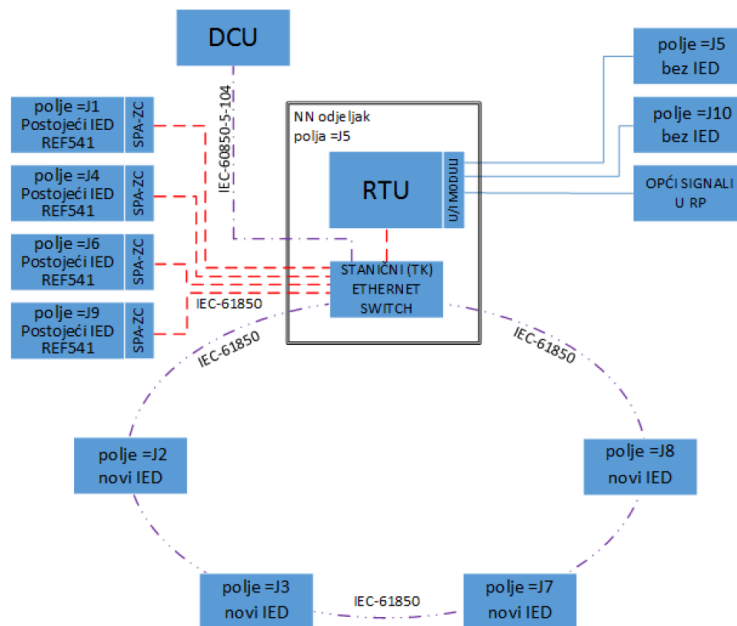
- Koordinaciju i podršku za sve operativne aktivnosti otklanjanja kvara, održavanja i izgradnje dijelova ili cijelih elektroenergetskih postrojenja.
- Podršku ekipama na terenu s direktnim pristupom svim bitnim informacijama.
- Integraciju bitnih ekonomskih i logističkih procesa kroz razmjenu podataka s ostalim procesnim sustavima.
- Izradu elektroničke dokumentacija svih aktivnosti izvršenih u operativnom centru i na terenu.
- Visokom raspoloživošću sustava osiguranu kroz redundantne komponente sustava.

4. SUSTAV ZA AUTOMATIZACIJU EE POSTROJENJA

Osim isporuke i implementacije centralnog SDV sustava, projektom je obuhvaćena i isporuka i implementacija sustava automatizacije postrojenja čija je osnovna zadaća prikupljanje podataka sa postrojenja, upravljanje, nadzor i zaštita postrojenja. Osnovni dijelovi sustava za automatizaciju postrojenja su daljinska stanica i terminali polja. Navedeni sustavi za automatizaciju ugrađuju se u TS 35/10 kV i RP 10 kV u vlasništvu EP HZHB.

Osnovna zadaća daljinskih stanica je prikupljanje podataka koristeći U/I jedinice daljinske stanice ili komunikacijskih preko terminala polja. Prikupljanje podataka sa terminala polja zasniva se na IEC 61850 komunikacijskoj sabirnici koristeći optičku infrastrukturu. Terminali polja uvezani su u optički prsten što osigurava redundanciju i pouzdanost. Daljinska stanica komunikacijski je povezana sa centralnim poslužiteljima SDO sustava koristeći IEC 60870-5-104 komunikacijski protokol. Za ostvarenje veze sa centralnim SDO poslužiteljima koriste se optička veza ili digitalni radio koji su dio TK podsustava.

Za potrebe vremenske sinkronizacije uređaja na razini postrojenja koristiti će se mrežni NTP komunikacijski standard. Na nekim postrojenjima već postoje ugrađeni terminali polja starije generacije REF 54x, ABB. Kako bi se i njih povezalo na lokalni sustav automatizacije postrojena ugraditi će se komunikacijski protokoli konvertori koji će izvršiti konverziju LON protokola na IEC 61850. Radi nemogućnosti povezivanja u prsten koristeći komunikacijske protokoli konvertore, postojeći terminali polja uvezati će zvjezdasto. Komunikacijska blok shema prikazana je na slici 3.



Slika 3. Komunikacijska blok shema lokalnog sustava automatike

5. TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAV

Kako bi se osigurali preduvjeti za implementaciju složenog i naprednog SDO sustava nužno je osigurati i prikladnu telekomunikacijsku infrastrukturu i sustave. Postojeći TK sustav zasniva se na digitalnim radio uređajima koji služe za povezivanje daljinski upravljivih rasklopnih sklopaka (DURNS) sa postojećim SCADA sustavom. Ovim projektom je predviđena implementacija modernog TK sustava koji se bazira na dvije tehnologije: optički komunikacijski sustav i bežični mikrovalni sustav. Optički komunikacijski sustav koristit će se za povezivanje 110/x, 35/x i dijela 10 kV transformatorskih stanica sa centrom dok će se bežični mikrovalni sustav koristiti za spajanje dijela 10 kV transformatorskih stanica i DURNS uređaja sa centrom.

Osnovna ideja je da se optički komunikacijski sustav koristi kao primarno rješenje povezivanja postrojenja sa postojećim optičkim čvorištima. Na taj način ostvariti će se sustav optičkih pristupnih točaka koje su smještene u poslovnica EP HZHB-a, TS 35 kV i RP 10 kV transformatorskim stanicama. Sustav optičkih pristupnih točaka predstavlja pristupne točke na koje će se povezivati postrojenja korištenjem bežičnog mikrovalnog komunikacijskog sustava. Na ovaj način omogućiti će se brza konekcija u stvarnom vremenu prema svim postrojenjima koja je preduvjet za realizaciju složenog SDO sustava.

4. ZAKLJUČAK

Implementacijom novog SDO sustava omogućiti će se napredni nadzor i upravljanje distributivnom mrežom EP HZHB u stvarnom vremenu te će se dodatno omogućiti i provođenje energetske analiza distributivne mreže u studijskom modu simuliranjem raznih topoloških stanja mreže. Kroz realizaciju projekta implementirati će se moderan TK sustav koji će biti fleksibilan i modularan i omogućiti će jednostavnu proširivost koja je nužna kako bi se omogućio jednostavan način dodavanja novih postrojenja u sustav. Na razini postrojenja implementirati će se suvremen sustav automatizacije postrojenja koji predstavlja jednostavno i modularno rješenje koje se zasniva na IEC 61850 sabirnici koja je osnova svih sustava automatizacije EE postrojenja.

5. LITERATURA

- [1] PSI AG, Končar KET – Tehničko rješenje SDO sustava, Lipanj 2017