

## **MODERNIZACIJA RADIO-SISTEMA ZA DALJINSKI NADZOR I UPRAVLJANJE NAD TRANSFORMATORSKIM STANICAMA 35/10 kV**

**D. Vukotić\*, PD "Elektrodistribucija Beograd" d.o.o. , Srbija**

**B. Ćirić, PD "Elektrodistribucija Beograd" d.o.o. , Srbija**

**N. Antić, PD "Elektrodistribucija Beograd" d.o.o. , Srbija**

**G. Radovanović, PD "Elektrodistribucija Beograd" d.o.o. , Srbija**

### **UVOD**

U radu je prikazana modernizacija radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje nad transformatorskim stanicama 35/10 kV, kao i krajnjih daljinskih stanica, koja je realizovana u okviru PD EDB. Prvobitni radio-sistem za daljinski nadzor i upravljanje je pušten u pogon još davne 1979.godine, i do sada je u eksploataciji, pri čemu je početno bio koncipiran da pokriva 28 transformatorskih stanica na pretežno prigradskom konzumu PD EDB, ali trenutno u konačnom obimu on danas pokriva 22 transformatorske stanice 35/10 kV. Postojeći radio-sistem je obezbeđivao da predmetne transformatorske stanice budu u II kategoriji SDU, odnosno obezbeđivao mali broj daljinskih komandi (8 komandi) i signalizacija (16 signala), bez tele-metrisanih merenja.

Trenutni tehnološko-tehnički zahtevi su nalažali da se pristupi hitnoj modernizaciji radio-sistema za nadzor i upravljanje nad transformatorskim stanicama 35/10 kV, pri čemu je predmetnom modernizacijom predviđeno da ciljne transformatorske stanice budu prevedene u I kategoriju SDU EDB, odnosno da bude izvršeno prenošenje celokupnog broja komandi, pojedinačnih signala i merenja. Takođe, predmetnom modernizacijom obuhvaćene su i transformatorske stanice na prigradskom konzumnom području koje su bile u III kategoriji SDU EDB, odnosno bez daljinskog nadzora i upravljanja, čime bi se u potpunosti zaokružila ranije donesena strategija u pogledu potpune automatizacije 35 kV naponskog nivoa u distributivnom elektroenergetskom sistemu PD EDB.

Komunikacije u okviru SDU EDB sa elektroenergetskim objektima se održavaju putem različitih sredstava veze. Osnovna podela tih sredstava su na veze: po fizičkim vodovima i na radio-veze. Komunikacije putem radio-veza je realizovane na principu mreža „Point-To-Multipoint“ i rade u opsegu talasnih dužina 0,7 m i 2 m, pri čemu predmetni radio-sistem radi u ovom drugom.

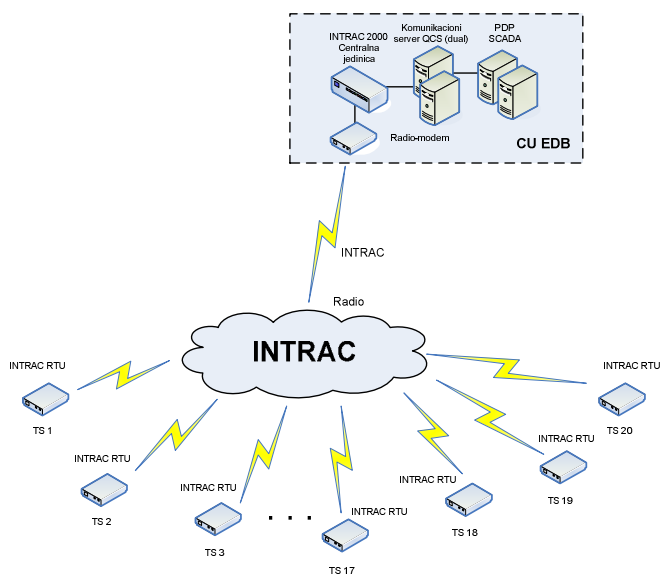
**Ključne reči: RTU, IED, SCADA, IEC 61850**

**[\\*dusan.vukotic@edb.rs](mailto:dusan.vukotic@edb.rs)**

## KONCEPT SISTEMA

Postojeći sistem radio-veza pokazao su se kao vrlo kvalitetno rešenje za komunikaciju sa rubnim gradskim, tako i široko rasprostranjenim prigradskim elektroenergetskim objektima (EEO), u slučajevima gde se ne zahtevaju veliki kapaciteti prenosa podataka, a koji su reda nekoliko kbit/sec. Postojeća količina signala i komandi se pouzdano prenosi postojećim kapacitetom od 600 bit/sec, dok za proširenje željene količine signala, indikacija, komandi i merenja u okviru planirane modernizacije radio-sistema, za sobom povlači i multipliciranje postojećeg protoka. Optimizacijom prenosa podataka u željenom obimu u okviru novog radio-sistema došlo se do optimalne brzine protoka od 2400 bit/sec, koja treba da obezbedi pouzdan i siguran rad planiranog sistema. Osnovna karakteristika, generalno, svih radio-veza koje funkcionišu u okviru postojećih telekomunikacionih mreža SDU EDB su: uski frekventni opsezi i komunikacije tipa „Point-To-Multipoint“. U frekventnim opsezima, u kojima funkcionišu ove veze raspoloživi su tipično opsezi od 25 kHz, što uslovljava da su binarni protoci ograničeni na 9,6 (eventualno 19,2) kbit/sec. U režimu „Point-To-Multipoint“, raspoloživi transportni kapacitet je određen navedenim binarnim protocima i deli se na sve elektroenergetske objekte u telekomunikacionoj mreži, što srazmerno smanjuje efektivne pojedinačne kapacitete.

PD EDB u okviru SDU EDB već skoro tri decenije koristi stari radio-sistem za daljinski nadzor i upravljanje „INTRAC 2000“ nad transformatorskim stanicama 35/10 kV, u okviru kojeg su instalirane daljinske stanice ograničenog kapaciteta i koje su povezane sa radio-stanicama, putem kojih se prenose informacije u nadređeni CU EDB preko centralne jedinice, smeštene na lokaciji poslovno-tehničkog objekta „Slavija“. Centralna jedinica je integrisana sa postojećim komunikacionim podsistemom SDU EDB i omogućuje jedinstveni prikaza u okviru HMI podsistema procesnog računara PDP. Postojeći radio-sistem za daljinski nadzor i upravljanje TS 35/10 kV je prikazan na Slici 1.



Slika 1 – Prikaz postojećeg Radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje

Postojeća oprema je u izuzetno dugom vremenskom periodu u punoj eksploataciji, i tokom celog perioda eksploatacije je pokazala izuzetno visoke performanse, koje su u velikoj meri i prevazišle deklarirane karakteristike opreme. Instaliran radio-sistem već duži niz godina obezbeđuje pouzdanu i sigurnu komunikaciju za potrebe nadzora i upravljanja, ali sa stanovišta tehnološkog stanja opreme, postojeće oprema je prevazišla eksploatacione rokove, te se stvorio problem oko nabavke rezervnih komponenata za potrebe servisiranja postojeće opreme, te je kod četiri transformatorske stanice došlo do stavljanja van upotrebe, jer postojeće daljinske stanice nije moguće servisirati. Pregled transformatorskih stanica 35/10 kV koje su obuhvaćene postojećim radio-sistemom za daljinski nadzor i upravljanje sa trenutnim statusom opreme, kao i planiranim proširenjem, prikazan je u Tabeli 1.

U okviru celokupnog procesa modernizacije SDU EDB, jedan od glavnih fokusa je usmeren na modernizaciju postojećeg radio-sistema za nadzor i upravljanje nad TS 35/10 kV, budući da će se njegovom realizacijom konačno izvršiti potpuna automatizacija 35 kV naponskog nivoa, ali i omogućiti daljinski nadzor i upravljanje na svim 10 kV izvodima u okviru svih transformatorskih stanica x/10 kV, koje su u vlasništvu PD EDB i nalaze se na celokupnom konzumnom području PD EDB.

Red.br.	Šifra	Naziv TS	Prenosni odnos	Sektor	DAS
1	901	Resnik	35/10	Sektor 2	INTRAC
2	902	Grčića Milenka	35/10	Sektor 1	INTRAC
3	903	Dučina	35/10	Sopot	INTRAC
4	904	Železnik 2	35/10	Sektor 2	III kategorija SDU
5	906	Vrčin	35/10	Grocka	INTRAC
6	910	Hemind	35/10	Krnjača	INTRAC
7	911	PKB	35/10	Krnjača	III kategorija SDU
8	913	Krnjača	35/10	Krnjača	INTRAC
9	915	Boleč	35/10	Grocka	III kategorija SDU
10	916	Grocka	35/10	Grocka	III kategorija SDU
11	921	Borča	35/10	Krnjača	INTRAC
12	922	Barič	35/10	Obrenovac	III kategorija SDU
13	923	Umka	35/10	Sektor 2	INTRAC
14	924	Šiljakovac	35/10	Barajevo	INTRAC
15	925	Boždarevac	35/10	Barajevo	INTRAC
16	926	Ratari	35/10	Obrenovac	INTRAC
17	927	IKL	35/10	Barajevo	INTRAC
18	931	Galovica	35/10	Sektor 3	III kategorija SDU
19	932	Surčin	35/10	Sektor 3	INTRAC
20	933	Dobanovci	35/10	Sektor 3	INTRAC
21	934	Ugrinovci	35/10	Sektor 3	INTRAC
22	937	Boljevci	35/10	Sektor 3	INTRAC
23	354 (907)	Železnik - provizorijum	35/10	Sektor 2	INTRAC (u kvaru)
24	912	Padinska Skela	35/10	Krnjača	INTRAC (u kvaru)
25	935	Batajnica	35/10	Sektor 3	INTRAC (u kvaru)
26	936	Batajnica 2	35/10	Sektor 3	INTRAC (u kvaru)
27	378 (908)	Kaluđerica - provizorijum	35/10	Sektor 1	III kategorija SDU
28	379 (909)	Pudarci	35/10	Grocka	III kategorija SDU
29	371	Vorbis	35/10	Obrenovac	III kategorija - II faza
30	391	Mladenovac 1	35/10	Mladenovac	III kategorija - II faza
31	392	Mladenovac 2	35/10	Mladenovac	III kategorija - II faza
32	393	Mladenovac 3	35/10	Mladenovac	III kategorija - II faza
33	394	Mladenovac 4	35/10	Mladenovac	III kategorija - II faza
34	395	Mladenovac 5	35/10	Mladenovac	III kategorija - II faza
35	396	Mladenovac 6	35/10	Mladenovac	III kategorija - II faza

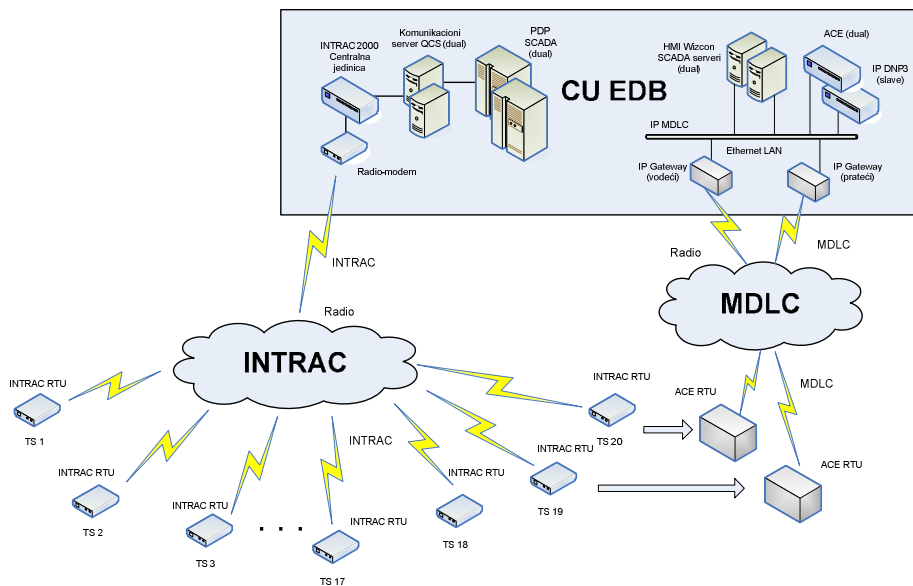
Tabela 1 – Prikaz transformatorskih stanica u okviru postojećeg Radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje, kao i onih planiranih za integraciju u okviru novog Radio-sistema

Plan unapređenja postojećeg radio-sistema sa opremom najnovije tehnologije omogućit će visoko kvalitetno rešenje za daljinski nadzor i upravljanje nad TS 35/10 kV, pri čemu će se zadržati postojeći nivo performansi sistema u pogledu pouzdanosti rada, kao i integraciju planirane opreme za automatizaciju 35 kV naponskog nivoa (riklozere i indikatore prolaska struje kvara).

Planirani sistem je baziran na RTU ACE seriji daljinskih stanica, koja predstavlja poslednju tehnološku platformu u celokupnoj gami daljinskih stanica renomiranog svetskog proizvođača MOTOROLA (Izrael). Razmena informacija između krajnjih daljinskih stanica i centralnog sistema vršit će se preko konvencionalne (analogne) radio mreže uz korišćenje MDLC (Motorola Data Link Communication) protokola, pri čemu je interfejs u CU EDB realizovan putem industrijskog protokola TCP/IP u okviru segmentiranog LAN za potrebe SDU EDB.

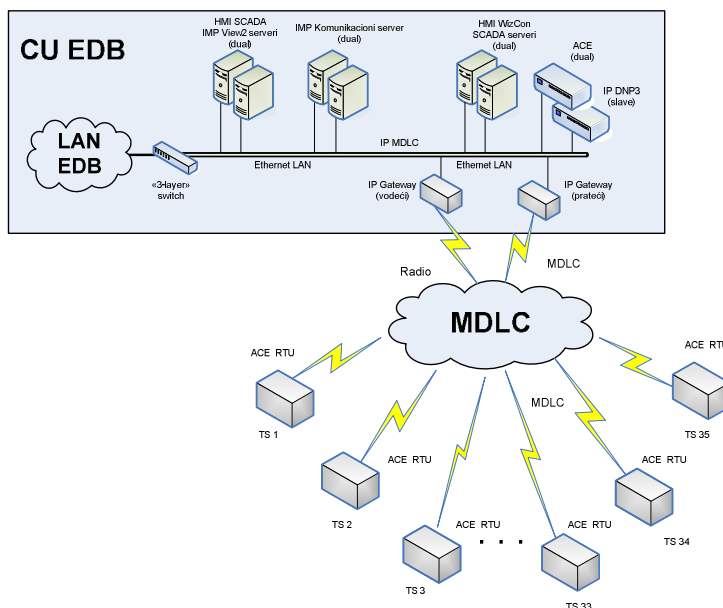
Modernizacija radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje je planirana da se izvrši u više faza, pri čemu u svakoj fazi zamene postojeće opreme je neophodno obezbediti visoku pouzdanost i kontinuitete u radu radio-sistema. U početnoj fazi modernizacije, fokus je usmeren ka montaži

planirane opreme u okviru CU EDB, budući da novi radio-sistem poseduje daleko složeniju arhitekturu. Faza prelaska na novi radio-sistem za daljinski nadzor i upravljanje je prikazana na Slici 2.



Slika 2 – Prelazak sa postojećeg na novi radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje

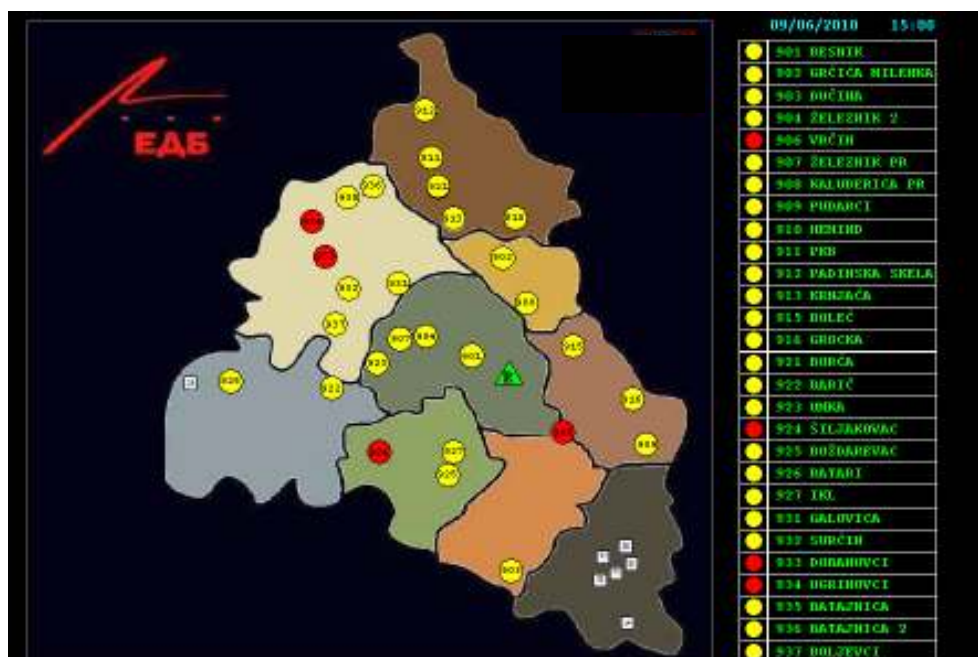
Nakon instalacije neophodne opreme novog radio-sistema u okviru CU EDB, fokus je usmeren na zamenu daljinskih stanica sa pripadajućom komunikacionom opremom (radio-stanicom i antenom) u okviru postojećih stanica u kome su instalirane INTRAC daljinske stanice, kao i instalaciji repetitorske tačke na lokaciji „Avala“. Planom je predviđeno da se zamena prvo vrši u transformatorskim stanicama koje su već pripremljene za integraciju kao EEO I kategorije SDU EDB (Ugrinovci, Dobanovci, Vrčin, Šiljakovac). U tom smislu izvršeno je povezivanje digitalnih ulaza na daljinskoj stanici sa već pripremljenim Ormanom koncentracije (OK), kao i digitalnih izlaza za potrebe komandovanja preko pomoćnih releja u Relejnem ormanu (RO). Za potrebe realizacije analognih merenja odustalo se od klasičnog ormana mernih pretvarača (OMP), već su u okviru samih ćelija instalirani multi-funkcionalni merni uređaju u koje su dovedeni svi sekundarni naponi i struje, čime je obezbeđena potpuna merna šema po tipovima ćelija na procesnom nivou. Na Slici 3 prikazana je konačna arhitektura novog radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje nad transformatorskim stanicama 35/10 kV.



Slika 3 – Prikaz novog radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje

Realizacija prve faze je uspešno realizovana i pored privremene repetitorske tačke na lokaciji „Avala“,

koja u konačnoj fazi treba da se izmesti na Avalski toranj, instalirane su prve četiri pripremljene transformatorske stanice, kao što se može videti na jednom HMI prikazu novoinstaliranog SCADA sistema, prikazanog na Slici 4.



Slika 4 – HMI prikaz novog radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje nakon I faze modernizacije

## OPIS SISTEMA

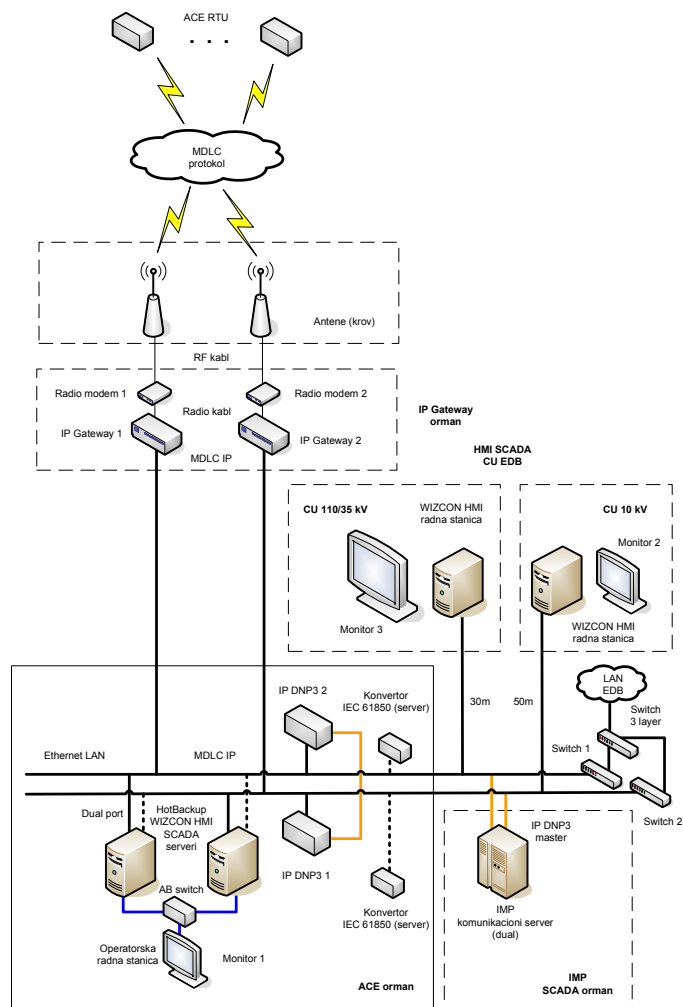
Osnova HMI Wizcon SCADA podsistema su dva redundantna servera (glavni (*main*) / prateći (*backup*)) koji rade u „Hot-Backup“ režimu pod Windows operativnim sistemom. Komunikacija sa daljinskim stanicama (ACE RTU) se obavlja redundantnom radio-vezom po MDLC protokolu sa brzinom od 2400 bit/s. Na lokaciji poslovno tehničkog objekta „Slavija“ realizovana su dva identična komunikaciona sistema (antene, radio-stanice, IP Gateway uređaji) koji rade u „master/slave“ konfiguraciji. Uloga IP Gateway uređaja je da omogući razmenu informacija po MDLC protokola sa serverom, korišćenjem TCP/IP protokola.

Na lokaciji „Avala“, odnosno na privremenoj lokaciji jednog od provajdera telekomunikacionih usluga, instaliran je dualni repetitor koji radi u „master/slave“ konfiguraciji, pri čemu je uz repetitor instalirana i jedna ACE daljinska stanica koja vrši nadzor nad njegov radom i prosleđuje signalizaciju i merenja do nadređenog centra upravljanja (CU EDB).

U okviru podsistema instalirane su trenutno tri HMI Wizcon radne stanice, pri čemu su dve radne stanice za operatore u nadređenim centima upravljanja CU EDB (CU 110/35 kV i CU 10 kV), dok je treća administratorska radna stanica. U cilju povezivanja sa budućim SCADA sistemom SDU EDB obezbeđena su dva (servera) konvertora protokola, koji podatke iz IP Gateway uređaja konvertuju u protokol IEC 61850 (server), i koja takođe rade u „master/slave“ konfiguraciji. Povezivanje sa postojećim IMP SCADA Veiv2 podsistemom izvršeno je putem dva IP DNP3 konvertora, koji podatke iz IP Gateway uređaja konvertuju u IP DNP3 protokol.

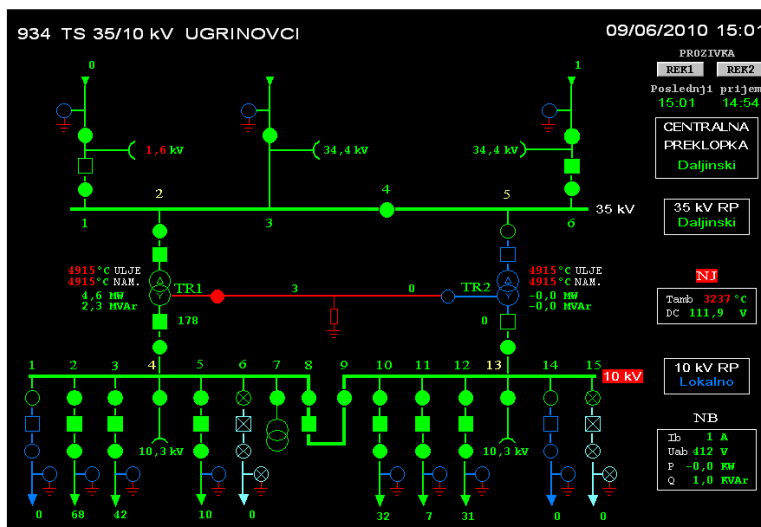
U pogledu integracije sa postojećim IMP SCADA Veiv2 sistemom predviđeni su opsežni radovi na ažuriranju postojeće procesne baze podataka budući da je veliki broj signalizacija položaja bio pod ručnim upisom, te je za njih bilo neophodno promeniti tip informacije, kao i u potpunosti proširiti celokupan skup komandi koje je potrebno realizovati u cilju upravljanja nad postrojenjem. Takođe, bilo je neophodno i dodati potpun skup analognih merenja, u skladu sa definisanom mernom šemom, koja su ovom fazom modernizacije uvedena. Uvedena analogna merenja (struje, napona, aktivne i reaktivne snage, temperatura ulja i namotaja, itd.) su na isti način tretirana u pogledu arhiviranja električnih i ne-električnih veličina sa postojećem arhivskom serveru SDFU EDB, kao što su i tretirana ostala prikupljena analogna merenja iz drugih komunikacionih podsistema SDU EDB. Na Slici 5

prikazana je detaljna arhitektura realizovanog podsistema na lokaciji „Slavija“ u okviru CU EDB.



Slika 5 – Prikaz arhitekture radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje u okviru SDU EDB

Na završetku I faze integracije, kada se očekuje i planirana modifikacija procesne baze, integrisane transformatorske stanice će biti integrisane u postojeći IMP HMI SCADA Veiw2 podsistemom. Postojeći HMI (Wizcon) prikaz jedne od integrisanih transformatorskih stanica je prikazana na Slici 6.

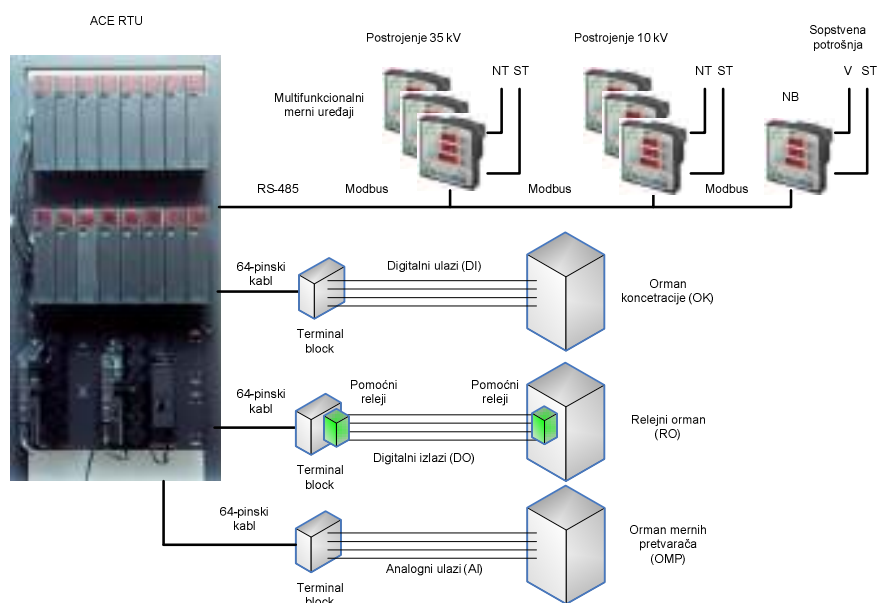


Slika 6 – HMI (Wizcon) prikaz jedne od integrisanih transformatorskih stanica 35/10 kV (Ugrinovci)

## OPIS DALJINSKE STANICE

U zavisnosti od tipa transformatorskih stanica, bilo da se radi o transformatorskim stanicama sa jednim transformatorom (I faza izgradnje) ili transformatorskim stanicama sa dva transformatora, izabrana je optimalna (tipska) konfiguracija daljinske stanice sa jedinstvenom funkcionalnošću. Svaka pojedinačna daljinska stanica je smeštena u okviru jednog 19" ormana, koji sadrži potreban broj rekova, dva procesorska modula, potreban broj I/O module, terminal blokove, interfejs za komunikaciju, itd. Pored toga postoji i modul za kontrolu i praćenje stanja napajanje na daljinskoj stanici, koja se napaja putem 220 V, 50 Hz, preko posebnog automata sa table sopstvene potrošnje (+NB). Takođe, daljinska stanica poseduje u sopstveno rezervno napajanje putem posebne akumulatorske baterije koja je takođe smeštena u istom ormanu.

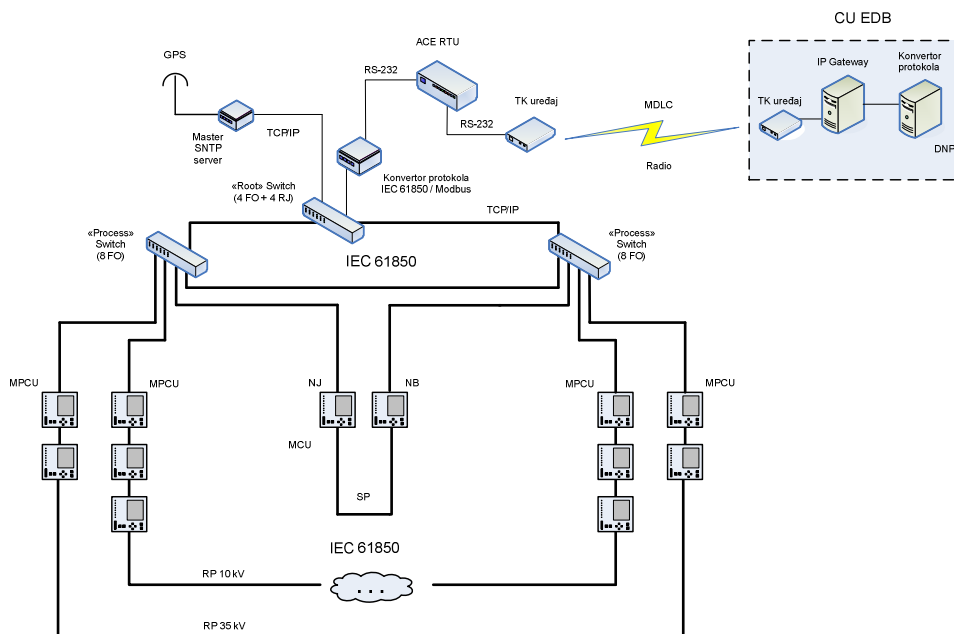
U pogledu kapaciteta daljinske stanice, od strane PD EDB definisan je potreban kapacitet imajući u vidu dosadašnja iskustva pri ožičavanju i integraciji daljinskih stanica drugih proizvođača, te je za optimalni kapacitet uzet kapacitet signala, indikacija, komandi i merenja koji je realizovan u okviru TS 35/10 kV „Aerodrom“. Izabrani kapacitet je podrazumevao da se u ormanima instalira sledeća konfiguracija I/O modula: 32 digitalnih izlaza (DO) za potrebe komandovanja i 256 digitalni ulazi (DI) za indikacije i signalizaciju položaja rasklopne opreme, kao i modul za 8 analognih merenja (AI) za potrebe merenja jednosmernog napona i drugih ne-električnih veličina (temperature). Digitalni izlazi su realizovani kao moduli sa 32 izlaza, dok su digitalni ulazi realizovani, isto tako kao, moduli sa po 32 ulaza. Za potrebe prihvata merenja sa procesnog nivoa (iz 35 i 10 kV ćelija, kao i sa naizmeničnog dela sopstvene potrošnje) instaliranu su multi-funkcionalni merni uređaji umesto postojećih klasičnih ampermetara po izvodnim ćelijama. Pored postojećeg ožičenja samo strujnog kola srednje faze, u multi-funkcionalni merni uređaji su uvedene strujna i naponska merna kola sve tri faze. Za potrebe realizacije merenja na naizmeničnom delu sopstvene potrošnje, instaliran je poseban multi-funkcionalnog mernog uređaja, budući da se u njega uvode primarna NN merna kola. Daljinska stanica je inicijalno konfigurisana tako da u početnoj fazi bude instalirano ukupno 18 multi-funkcionalnih mernih uređaja, dok primenjeni Modbus interfejs podržava adresiranje do 256 uređaja, koji bi bili povezani kaskadnom RS-485 serijskom vezom. Predmetni multi-funkcionalni merni uređaju obezbeđuju potpunu mernu šemu sa procesnog nivo, pri čemu su daljinski i nadređeni centar upravljanja prenose samo merenja struje srednje faze, merenje linijskog (faznog) napona, aktivne i reaktivne snage, kao i merenje nulte struje na transformatorskoj ćeliji (struja kroz zvezdište transformatora). Važno je napomenuti da su u okviru terminal blokova instalirani integrisani pomoćni releji, kao i da su u okviru Relejnog ormana (RO) instalirani i dodatni pomoćni kontakti veće opteretljivosti. Realizovani interfejsi daljinske stanice prema procesnom delu su prikazani na Slici 7.



Slika 7 – Prikaz interfejsa prema procesnom delu transformatorske stanice

Prilikom projektovanja sistema novog radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje, uzelo se u razmatranje i činjenica da veliki broj EEO koji je pokriven postojećim radio-sistemom se nalazi u veoma

lošem eksploatacionom stanju i da je neophodno kod većine njih izvršiti kompletne rekonstrukcije postrojenja. Te u cilju implementacije novih integrisanih sistema zaštite i upravljanja koji se zasnivaju na najnovijem protokolu IEC 61850, u okviru daljinske stanice je specificiran i nabavljen eksterni konvertor protokola IEC 61850 na Modbus, putem koga će se izvršiti integracija realizovanog rešenja u planirani telekomunikacioni radio-sistem. Ciljna arhitektura transformatorskih stanica nakon rekonstrukcije i realizacije integrisanog sistema zaštite i upravljanja prema protokolu IEC 61850 je prikaza na Slici 8.



Slika 8 – Povezivanje transformatorske stanice sa integrisanim sistemom zaštite i upravljanja

Izuzetna prednost planiranog radio-sistema se ogleda u realizaciji naprednih funkcionalnosti se zasnivaju na primeni izuzetno moćnog sistemski softver (STS), putem koga je moguće kreirati, konfigurisati, parametrirati i održavati ovako jedan složen distribuirani SCADA sistem sa veoma širokim skupom aplikacija. Sam softver se izvršava na personalnom računaru, i omogućava korisniku da kreira, podešava, održava i nadzire rad celokupnog sistema, kao i krajnjih daljinskih stanica. Sistemski softver omogućava da administrator (inženjer) sistema vrši programiranje, odnosno spuštanje (*download*), ciljne aplikacije koja se izvršava na krajnjoj daljinskoj stanici, kao i da izvrši otklanjanje eventualnih grešaka i problema u svakom daljinskoj stanici, koristeći simbolički grafički alat za otklanjanje grešaka. Sistemski softver može da se koristi direktnim povezivanjem na odgovarajući port na kome je realizovan interfejsa sa održavanje ili daljinski, povezivanjem na bilo koju drugu daljinsku stanicu u realizovanom sistemu, putem port sa interfejsom za održavanje, preko realizovane telekomunikacione mreže.

## ZAKLJUČAK

Modernizacija postojećih radio-sistema za daljinski nadzor i upravljanje u okviru elektrodistributivnih sistema sama po sebi predstavlja veliki izazov, pre svega u pogledu postizanja željenih performansi u pogledu komunikacije, ali i realizacije sistema koji treba da omoguće potpunu automatizaciju VN i SN distributivnog elektroenergetskog sistema. Prezentovano rešenje je u velikom meri dalo odgovore u kom pravcu prilikom modernizacije radio-sistema treba ići, kao i o načinu da se na optimalan način izvrši integracija najnovijih komunikacionih standarda, čime bi se investicija u planirani radio-sistem za daljinski nadzor i upravljanje obezbedila na izuzetno dug vremenski period i omogućila eventualni lak prelazak na novu komunikacionu platformu bez promene krajnjih daljinskih stanica.

## LITERATURA

- 1. Tehnička dokumentacija proizvođača



