

dr.sc. Krešimir Vrdoljak, dipl.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
kresimir.vrdoljak@koncar-ket.hr

Marko Zrno, struč.spec.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
marko.zrno@koncar-ket.hr

Ivan Jajčević, bacc.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
ivan.jajcevic@koncar-ket.hr

Krunoslav Slivarić, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o..
krunoslav.slivacic@hep.hr

Ivan Pikula, bacc.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
ivan.pikula@koncar-ket.hr

Janko Bernardi struč.spec.ing.techn.inf.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
janko.bernardi@koncar-ket.hr

Dario Lovreković mag.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o..
dario.lovrekovic@hep.hr

Danijel Habijan, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o..
danijel.habijan@hep.hr

PRVA FAZA INTEGRACIJE DISPEČERSKIH UPRAVLJAČKIH CENTARA U DISTRIBUCIJSKE DISPEČERSKE CENTRE: 110 I 35 KV POSTROJENJA

SAŽETAK

Opisana je prva od četiri predviđene faze integracije dispečerskih upravljačkih centara (DUC) u nadređene distribucijske dispečerske centre (DDC). Svaki od 17 DUC-eva se integrira u njemu nadređeni DDC, a to su DDC Sjever u Zagrebu, DDC Jug u Splitu, DDC Zapad u Rijeci i DDC Istok u Osijeku. Prva faza integracije se odnosi samo na 110 i 35 kV dijelove postrojenja i obuhvaća 286 transformatorskih stanica. Nakon završetka ove faze integracije, nadzor i upravljanje distribucijskom mrežom 20, 10 i 0,4 kV će se i dalje obavljati u DUC-u, dok će se nadzor i upravljanje distribucijskom mrežom 110 i 35(30) kV moći obavljati iz DUC-a ili DDC-a, ovisno o odabranoj nadležnosti nad pojedinom stanicom.

Ključne riječi: dispečerski upravljački centar, distribucijski dispečerski centar, SCADA, LKKU

THE FIRST PHASE OF INTEGRATING DISPATCHER CONTROL CENTRES IN DISTRIBUTION DISPATCHING CENTRES: 110 AND 35 KV FACILITIES

SUMMARY

The article describes the first out of four scheduled phases of integration of Dispatching Control Centres (DCC) into Distribution Dispatching Centres (DDC). Each of 17 DCCs is integrated into its master DDC, which are: DDC North in Zagreb, DDC South in Split, DDC West in Rijeka and DDC East in Osijek. The first phase includes only 110 and 35 kV facilities and covers 286 transformer stations. After this integration phase is finished, monitoring and control over 20, 10 and 0,4 kV distribution network will be done from DCC, while monitoring and control over 110 and 35(30) kV distribution network will be possible either from DDC or DCC, depending on the selected control authority over each station.

Key words: Dispatcher Control Centre, Distribution Dispatching Centre, SCADA, LKKU

1. UVOD

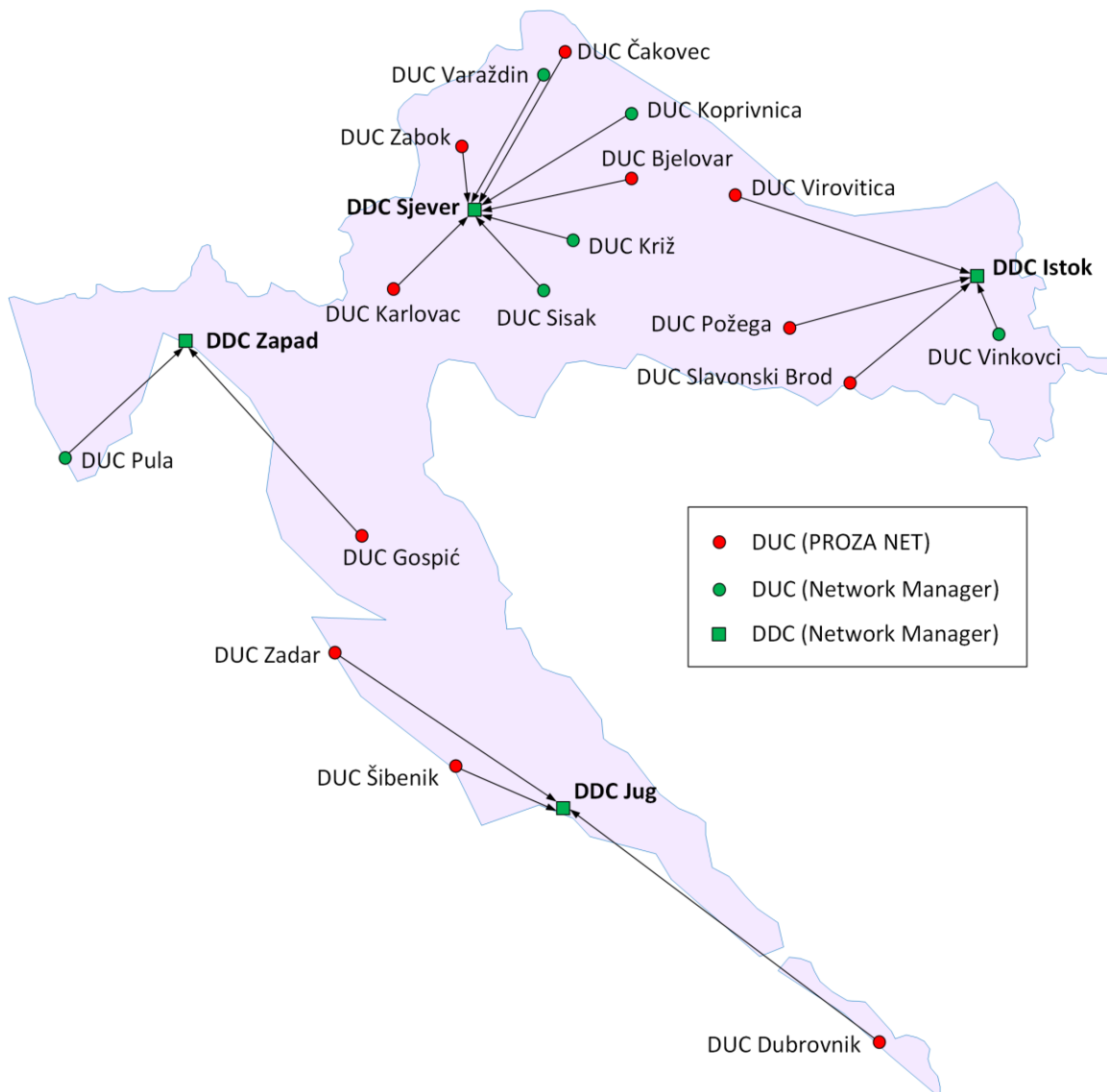
U sklopu HEP Operatora distribucijskog sustava (ODS) trenutno postoji 21 distribucijsko područje (DP), a u centrima vođenja svakog tog područja se nalazi SCADA sustav pomoću kojeg se provodi nadzor i upravljanje nad cijelom distribucijskom elektroenergetskom mrežom Republike Hrvatske. Svaki SCADA sustav prikuplja i obrađuje podatke iz svih postrojenja koji prostorno pripadaju pojedinom DP-u. Distribucijski sustav HEP ODS-a uključuje opremu naponskih razina 35(30), 20, 10 i 0,4 kV. Procesom razgraničenja prema Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava (HOPS), HEP ODS ima i nadležnost upravljanja transformatorima u transformatorskim stanicama 110/10 kV i 110/20 kV. Od 21 SCADA sustava u centrima vođenja DP-a, njih 10 je Network Manager (NM), a 11 PROZA NET.

1.1. Integracija centara HEP ODS-a

Sukladno novoj organizaciji ODS-a, ustrojena su [1]:

- 4 centra tipa DDC (distribucijski dispečerski centar): Sjever, Jug, Zapad i Istok te
- 21 centar tipa DUC (dispečerski upravljački centar), po jedan u svakom DP-u.

DUC-evi četiriju DP-a (Zagreb, Split, Rijeka i Osijek) su već integrirani u procesno informacijske SCADA sustave DDC-ova i nisu predmet ove integracije. Ostalih 17 postojećih SCADA sustava u DUC-evima integrira se prema sljedećoj slici.



Slika 1. Centri koji se integriraju i SCADA sustavi u njima

DUC-evi Zabok, Varaždin, Čakovec, Koprivnica, Bjelovar, Križ, Karlovac i Sisak integriraju se u DDC Sjever koji je smješten u Zagrebu. DUC-evi Zadar, Šibenik i Dubrovnik integriraju se u DDC Jug koji je smješten u Splitu. DUC-evi Pula i Gospić integriraju se u DDC Zapad koji je smješten u Rijeci. DUC-evi Vinkovci, Slavonski Brod, Požega i Virovitica integriraju se u DDC Istok koji je smješten u Osijeku.

Pri definiranju opsega i faza tehničkog rješenja integracije centara vodilo se računa o budućoj unifikaciji nomenklatura i tipova podskupova informacija iz postrojenja na razini cijelog ODS-a, kao i potrebi što jednostavnijeg održavanja i povezivanja s ostalim IT sustavima. Prema tome idejnom rješenju [1], integracija DUC-eva u nadređene DDC-e se obavlja u četiri faze.

Prva faza obuhvaća:

- nužne sklopovske i programske nadogradnje SCADA sustava u DUC-evima i DDC-ima,
- odabir i imenovanje 110 i 35 kV signala koji će se slati u DDC (poštujući postojeći opseg signala, njihovu nomenklaturu i obradu u DDC-u),
- pripremu importa odabranih signala,
- uspostavu komunikacijskih veza svakog od 17 DUC-eva s njemu nadređenim DDC-om,
- obradu zaprimljenih signala u DDC-ima,
- inženjering radove na izradi pripadajućih prikaza 110 i 35 kV stanica te
- ispitivanje ispravnosti signalizacije, točnosti mjerenja i nadležnosti nad upravljanjem.

Druga faza će obuhvaćati:

- proširenje licenci NM sustava u DDC-ima radi prihvata svih podataka iz DUC-eva,
- instalaciju radnih stanica nadređenog DDC SCADA sustava u svakom njemu podređenom DUC-u,
- nastavak inženjering radova na izradi pripadajućih prikaza
- nastavak ispitivanja ispravnosti signalizacije, točnosti mjerenja i upravljanja,
- inženjering radove crtanja SN mreža pojedinih distribucijskih područja u DDC-ima,
- paralelan rad novih i postojećih sustava te
- obuku dispečerskog kadra u DUC-u za rad s Network Manager sustavom DDC-a.

Treća faza će obuhvaćati:

- objedinjavanje i integraciju komunikacijskih sustava za potrebe sustava daljinskog vođenja na područjima u nadležnosti DDC-a,
- migraciju komunikacijskih veza ostvarenih protokolom IEC-104 s podređenih DUC-eva prema nadređenim DDC-ima,
- inženjering radove na bazama i komunikacijskim sučeljima za prihvata direktne komunikacije sa svim postrojenjima u nadležnosti pojedinog DDC-a,
- sukcesivno gašenje pojedinih SCADA sustava u DUC-evima (nakon potpune njegovih migracije podataka u DDC).

Četvrta faza će obuhvaćati:

- međusobno povezivanje 4 SCADA sustava u DDC-ima za potrebe razmjene podataka i
- uspostavu svih potrebnih funkcija Nacionalnog distribucijskog dispečerskog centra (NDDC) nad skupom informacijskih podataka iz SCADA sustava ODS-a.

Nakon završetka svih faza integracije će koncept vođenja distribucijskog sustava i nadležnosti nad upravljanjem biti takav da će DDC će imati nadležnost nad sljedećim postrojenjima:

- u TS 110/10(20) – 110 kV prekidačima transformatorskog polja kao i 10(20) kV elementima transformatorskog polja, spojnog, sekcijskog, mjernog polja, kućnog transformatora (osim elemenata vodnih polja);
- u TS 110/35(30) kV, 35(30)/10(20) kV i 35(30) kV – kompletnom 35(30) kV mrežom unutar teritorijalnih granica nadležnosti, kompletnim 35(30) kV postrojenjem te sabirničkim rastavljačem 35(30) kV u transformatorskom polju 35(30)/10(20) kV;

dok će DUC imati nadležnost nad mrežom 20, 10 i 0,4 kV unutar teritorijalnih granica nadležnosti pojedinog DP-a, kao i nadležnost upravljanja transformatorima 35/10(20) kV koji tu mrežu napajaju.

Međutim, sve dok se ne stvore tehnički i organizacijski preduvjeti, upravljanje distribucijskom mrežom će se vršiti iz 21 centra vođenja na način da svako distribucijsko područje upravlja mrežom i postrojenjima na svom DP-u, a 4 DDC-a će upravljati mrežom 110 i 35 kV u DP-ima Zagreb, Split, Rijeka i Osijek, kao i netom prije početka procesa integracije.

2. PRVA FAZA INTEGRACIJE CENTARA

Prva faza integracije se odnosi samo na 110 i 35 kV dijelove postrojenja HEP ODS-a. Tablica s brojem procesnih točaka koje se integriraju i stanica koje se migriraju je dana u nastavku.

Tablica I. Broj procesnih točaka i stanica za integraciju

DUC	Ukupni broj procesnih točaka	Broj procesnih točaka u fazi 1	Ukupan broj stanica u DDC-u	Broj stanica u fazi 1
Zabok	12.650	2.677	64	13
Varaždin	4.760	2.700	95	12
Čakovec	9.618	1.444	68	11
Koprivnica	4.834	3.242	100	16
Bjelovar	10.413	2.672	51	16
Križ	7.047	3.169	56	23
Karlovac	19.293	4.182	32	19
Sisak	5.419	2.157	64	9
Ukupno Sjever	74.034	22.243	530	119
Zadar	18.465	4.451	74	18
Šibenik	10.644	2.513	74	21
Dubrovnik	10.201	2.894	30	18
Ukupno Jug	39.310	9.858	178	57
Pula	10.763	4.251	131	26
Gospić	10.683	3.484	84	28
Ukupno Zapad	21.446	7.735	215	54
Vinkovci	9.737	2.826	71	21
Slavonski Brod	13.749	3.334	65	20
Požega	5.082	912	35	8
Virovitica	6.547	1.354	29	7
Ukupno Istok	35.115	8.426	200	56
SVEUKUPNO	169.905	48.262	1123	286

Prema tablici I, može se zaključiti da će se u prvoj fazi integracije prebaciti 28,4% svih signala iz DUC-eva u DDC-e te će se migrirati 25,5% svih stanica u DUC-evima. Tablica I prikazuje samo naturalne podatke o DUC-evima u sklopu ovoga projekta integracije, dok postojeći podaci u 4 DDC-a nisu ovdje prikazani.

U DDC-e se prebacuju samo signali koji u DUC dolaze iz staničnih računala. Svi virtualni signali koji su u DUC-u rezultat nekakvih obrada, proračuna ili grupiranja se ne prebacuju, nego se iste obrade, proračuni i grupiranja dupliciraju u DDC-ima. Razlog tome je što jednostavnije gašenje SCADA sustava u DUC-evima koje će se desiti u sklopu treća faze integracije.

Najveći izazovi u prvoj fazi integracije su unificiranje nomenklature i obrada u DDC-ima za sve signale koji se šalju iz DUC-eva, efikasna migracija podataka te crtanje novih slika DUC stanica prema pravilima nadređenog DDC-a.

Nakon završetka ove faze integracije nadzor i upravljanje distribucijskom mrežom 20, 10 i 0,4 kV će se i dalje obavljati u DUC-u, dok će se nadzor i upravljanje distribucijskom mrežom 110 i 35(30) kV moći obavljati iz DUC-a ili DDC-a, ovisno o odabranoj nadležnosti nad pojedinom stanicom. Nadležnost će se odabrati u centru niže hijerarhije (DUC) i postojat će zasebna nadležnost za upravljanje svakom pojedinom stanicom.

2.1. Najvažniji koraci u prvoj fazi integracije

2.1.1. Analiza naziva i obrada signala u DDC-ima

Prvi korak je bio izvući iz SCADA sustava u DDC-ima listu svih postojećih signala. Te liste signala su zatim analizirane kako bi se zaključilo kako se imenuju pojedini tipovi signala u pojedinoj DDC SCADA-i. Iako je za većinu tipova signala postojalo više različitih imenovanja, nastalih kroz dugogodišnji inženjering velikog broja korisnika sa sustavom, za svaki se tip signala odabralo najlogičnije ili najučestalije imenovanje i uskladio način obrade.

Ovaj se postupak radio neovisno i zasebno za svaki od 4 DDC-a, bez da se nastojalo ujednačiti nomenklaturu i obrade za sve DDC-e (to će biti predmet faze 4).

2.1.2. Odabir DUC signala koji se šalju u DDC

Drugi korak je bio izvući liste svih postojećih signala iz SCADA sustava u DUC-evima. Iz tih se listi zatim odabrao podskup signala koji se treba slati u nadređeni DDC u prvoj fazi integracije. To su signali vezani za 110 i 35(30) kV dijelove postrojenja.

Za odabrani podskup signala su definirana nova imena i prikladne obrade, sukladno rezultatima analize napravljene u koraku 1 (točka 2.1.1.).

2.1.3. Crtanje slika u DDC-ima

U SCADA sustavu u DDC-u je bilo potrebno nacrtati jednopolne sheme 110 i 35(30) kV transformatorskih stanica iz DUC-a te u bazu unijeti nazive novih signala, njihove obrade i komunikacijske adrese. Osim jednopolnih shema, u onim DDC-ima koji su inače imali zasebne slike alarma, su se i te slike crtale. Crtanje stanica je rađeno kroz NM alat DE400, koliko god je to bilo moguće. Iznimno su se neki detalji doradivali kroz NM alat PED.

Crtale su se potpune stanice, uključujući i VN dio vezan za HOPS te NN dio koji nije u opsegu prve faze integracije. Ti su signali unijeti u bazu bez komunikacijskih adresa, nacrtani su na slikama, a njihova se stanja zasad mogu samo ručno postaviti u DDC-u.

Dodatno će se na kraju projekta u svakome DDC-u proširiti pregledne 110 i 35 kV sheme. Za potrebe toga će se napraviti i programska nadogradnja postojećih Network Manager sustava u DDC-ima.

2.1.4. Nadogradnja PROZA NET u DUC-evima i uspostava komunikacije s DDC-ima

U 11 DUC-eva u kojima se nalazi PROZA NET SCADA sustav, on je nadograđen na najnoviju verziju. To je verzija 3.4.1.0. U svim PROZA NET DUC-evima je komunikacijski modul nadograđen s IEC 60870-5-104 slave protokolom, koji služi za komunikaciju između pojedinog DUC-a i njemu nadređenog DDC-a. U nekim je DUC-evima bilo potrebno i migrirati povijesne SCADA podatke, a razlog tome su bile značajne izmjene arhivskog modela u najnovijoj verziji.

U svim DUC-evima s PROZA NET je uspostavljena jedna dodatna direktna komunikacijska linija SCADA DUC – SCADA DDC, preko koje se prebacuju svi podaci koje PROZA NET prima iz staničnih računala u trafostanicama. Kod parametriranja ove komunikacije je bilo potrebno preslikati komunikacijske ASDU adrese izvorišnih podataka. Preslikavanje je obavljeno na sistematičan i logičan način, tako da svaka stanica ima novu vlastitu ASDU adresu, koja u sebi sadrži šifru DP-a i redni broj stanice.

2.1.5. Ugradnja LKKU djelatelja u NM DUC-evima i uspostava komunikacije s DDC-ima

NM sustavi u 4 DDC-a (Zagreb, Rijeka, Split i Osijek) su verzije 6.4 [3,4], dok su NM sustavi u DUC-evima na različitim verzijama:

- NM 2.5 u DUC Križ i DUC Koprivnica i DUC Varaždin,
- NM 2.8 u DUC Pula i DUC Sisak te
- NM 3.0 u DUC Vinkovci.

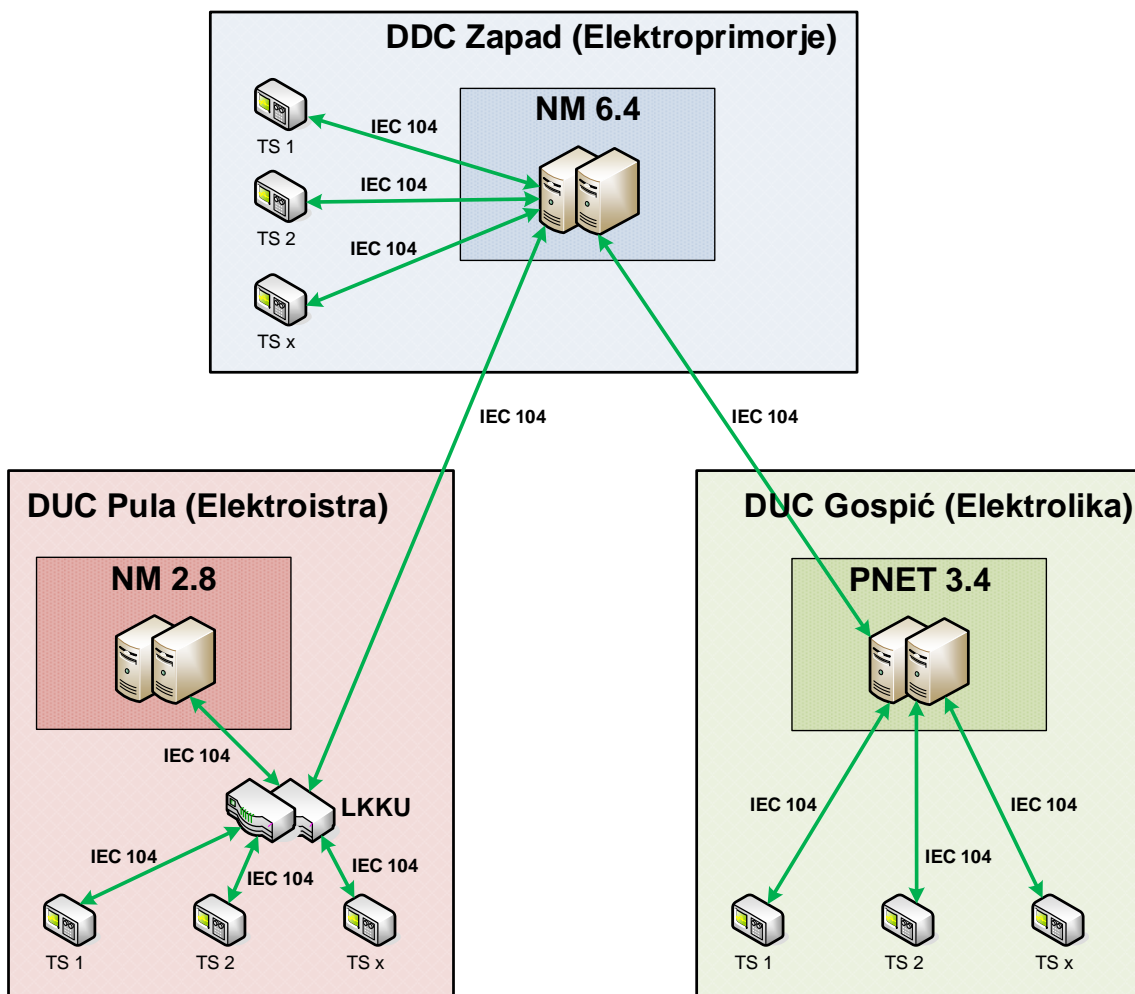
U svakom od 6 DUC-eva u kojima se nalazi NM SCADA sustav ugrađen je po par Linux kontrolno komunikacijskih uređaja (LKKU), koji služe kao djelatnici procesnih informacija iz staničnih računala na DUC i DDC. LKKU-i su ugrađeni u postojeće SCADA ormare ili komunikacijske ormare, ovisno o dostupnom prostoru.

LKKU-i imaju u sebi ugrađene IEC 60870-5-104 *Master* i *Slave* komunikacijske protokole. *Master* protokol se koristi za vezu sa staničnim računalima, dok se *Slave* protokol koristi za vezu s DDC-om. Informacije koje LKKU primi iz staničnog računala, on prosljeđuje prema SCADA sustavima u DUC-u i DDC-u. Prema LKKU-u se iz staničnih računala šalju svi podaci, koje on prosljeđuje u DUC, dok u DDC prosljeđuje samo dio podataka vezan za 110 i 35 kV dijelove postrojenja. Dodatno, LKKU u sebi ima ugrađenu kontrolu nadležnosti upravljanja, tako da prema staničnom računalu propušta samo komande koje dolaze iz trenutno nadležnog centra.

Zbog ugradnje LKKU-a u NM SCADA sustavima u DUC-evima bilo je potrebno promijeniti IP adrese *slave* uređaja, jer sada NM direktno komunicira s LKKU uređajem, umjesto dotadašnje direktne komunikacije sa staničnim računalima. Sukladno tome, na nekim staničnim računalima je bilo potrebno promijeniti IP adrese *master* računala, jer njih više ne prozivaju SCADA poslužitelji u DUC-u, već LKKU komunikatori. Dio staničnih računala ima podešenu komunikaciju tako da ih može prozivati bilo koji uređaj pa na njima nije bilo potrebno mijenjati komunikacijske postavke.

U nekim je DDC-ima bilo potrebno preraspodijeliti postojeće komunikacijske linije i napraviti optimizaciju komunikacijskog podsustava, kako bi bilo moguće dodati nove veze s LKKU-ima.

Na sljedećoj slici je na primjeru grupe distribucijskih područja Zapad prikazan način spajanja DUC-eva Pula i Gospić s DDC-om Zapad u Rijeci.

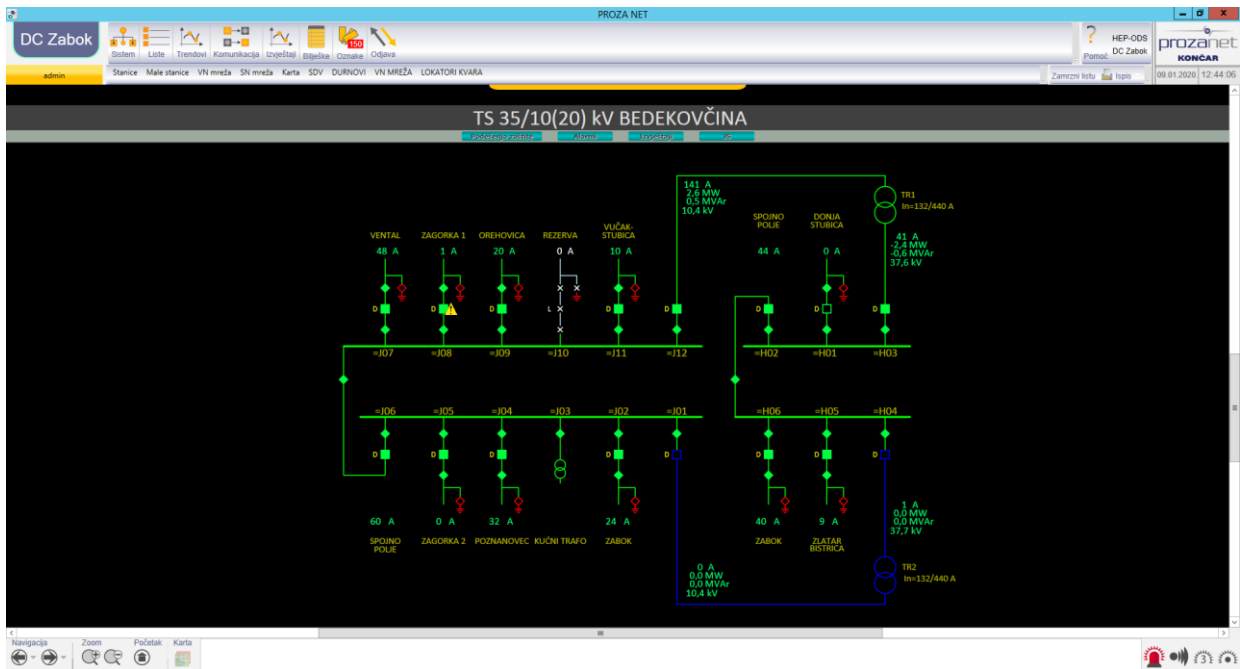


Slika 2. Spajanje DUC Gospić i DUC Pula s DDC-om Zapad

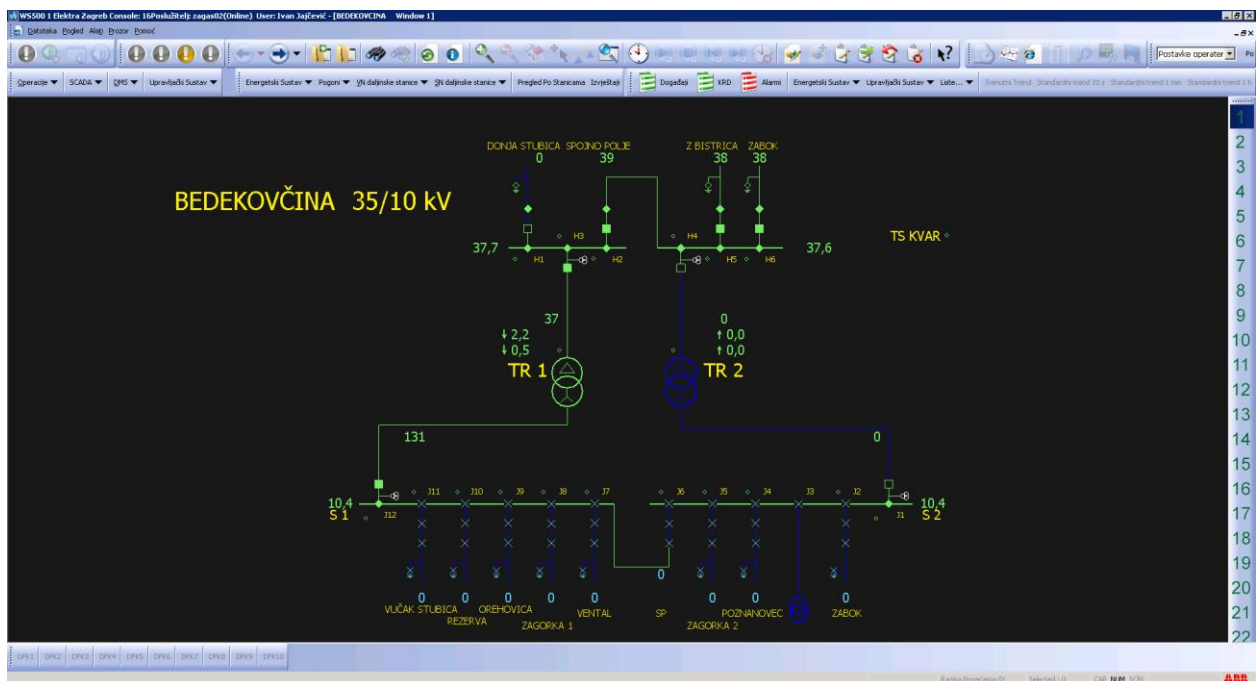
Specifičnosti uloge LKKU-a i detalji vezani za komunikaciju su detaljnije opisani u [2].

2.2. Primjer integrirane stanice

Na slikama u nastavku je prikazana jednopolna shema stanice Bedekovčina 35/10 kV u DUC-u Zabok i DDC-u Sjever (Zagreb).



Slika 3. Jednopolna shema TS Bedekovčina 35/10 u DUC Zabok



Slika 4. Jednopolna shema TS Bedekovčina 35/10 u DDC Sjever

Prema slikama 3 i 4 se vidi da je jednopolna shema TS Bedekovčina u DDC Sjever znatno drugačija od njezine jednopolne sheme u DUC Zabok, vezano za izgled sabirnica, raspored polja, simbole i boje. Pri crtanju u DDC Sjever su korištena pravila DDC-a, tako da se nove stanice u DDC-u ukllope u vizualni identitet zagrebačkih stanica.

Slični su principi korišteni i u ostalim DDC-ima.

2.3. Vremenski plan prve faze integracije

Prva faza integracije je započela krajem 2018. godine i trajat će do sredine 2021. godine. Tijekom 2019. godine su obavljani svi pripremni radovi vezani za analizu naziva i obrada signala, selekciju signala koji se šalju u DDC te parametriranja komunikacije. Uspostavljena je komunikacija iz svakog DUC-a prema njemu nadređenom DDC-u i iz svakog je DUC-a barem jedna slika nacrtana i „oživljena“ u SCADA-i u nadređenom DDC-u.

Tijekom 2020. godine će se intenzivno nastaviti inženjering radovi na crtanju stanica u DDC-ima te će se puštati u pogon DUC-evi. Krajem 2020. godine će se raditi dodatni proračuni i konfiguracije u DDC-ima, dok je 2021. godina rezervirana za točka-točka ispitivanja, tvornička ispitivanja, puštanje u pogon DDC-ova i izradu dokumentacije. Radovi se obavljaju paralelno u sve 4 grupe distribucijskih područja ODS-a.

4. ZAKLJUČAK

Tijekom prve faze integracije, u DDC-ima Zagreb, Split, Rijeka i Osijek će se unijeti oko 48.000 procesnih točaka iz 17 DUC-eva te će se nacrtati 286 novih slika transformatorskih stanica. Time će podaci iz DUC-eva vezani za 110 i 35(30) kV dijelove postrojenja paralelno nadzirati i u DUC-u nadređenom DDC-u. Iz DDC-a će se moći i upravljati aparatima u dijelovima postrojenja sukladno razgraničenju nadležnosti DUC/DDC, kad nadležnost upravljanja bude prebačena na DDC. Nakon završetka prve faze integracije, u sljedećoj će se fazi u DDC prenijeti i preostali ulazni signali iz DUC-eva.

5. LITERATURA

- [1] HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Dokumentacija o nabavi „Integracija dispečerskih upravljačkih centara u nadređene distribucijske dispečerske centre“ – Prilog 1 - Integracija procesnih sustava u HEP ODS-u – Idejno rješenje, Evidencijski broj nabave: 43-V-50/18, VII. Tehnička specifikacija, kolovoz 2018.
- [2] K. Vrdoljak, A. Pivčević, M. Govorčin, A. Balaško, G. Piškor, I. Brstilo, D. Močinić, D. Budiša, „Izazovi u komunikacijskom spajanju dispečerskih upravljačkih centara s nadređenim distribucijskim dispečerskim centrima“, 7. (13.) savjetovanje HO CIRED, Šibenik, svibanj 2020.
- [3] A. Pivčević, I. Krapić, D. Budiša, „Nadogradnja SCADA sustava u DCV Elektra Zagreb i Elektroslavonija Osijek“, 5. (11.) savjetovanje HO CIRED, Osijek, svibanj 2016.
- [4] I. Sičaja, A. Pivčević, A. Previšić, „Iskustva u nadogradnji SCADA sustava u distribucijskim centrima u Hrvatskoj“, 1. savjetovanje BH K/O CIRED, Mostar, listopad 2018.