

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

Mladen Govorčin, dipl.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
mladen.govorcina@koncar-ket.hr

Goran Piškorić, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.
goran.piskoric@hep.hr

Dorjan Močinić, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.
dorjan.mocinic@hep.hr

Ante Pivčević, struč.spec.ing.el.
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d.
ante.pivcevic@koncar-ket.hr

Ana Balaško, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ana.balasko@hep.hr

Ivica Brstilo, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ivica.brstilo@hep.hr

Domagoj Budiša, dipl.ing.el.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.
domagoj.budisa@hep.hr

IZAZOVI U KOMUNIKACIJSKOM SPAJANJU DISPEČERSKIH UPRAVLJAČKIH CENTARA S NADREĐENIM DISTRIBUCIJSKIM DISPEČERSKIM CENTRIMA

SAŽETAK

Opisani su izazovi koje je bilo potrebno savladati kako bi se 17 dispečerskih upravljačkih centara (DUC) spojilo s 4 njima nadređena distribucijska dispečerska centra (DDC) HEP ODS-a. Rješenje komunikacijskog povezivanja je ovisilo o tipu DUC SCADA sustava. U DUC-evima s Network Manager-om je ugrađen redundantni par LKKU djelitelja, koji informacije koje dobiva iz staničnih računala paralelno šalje u DUC i DDC. Kroz LKKUe je izvedeno preslikavanje IP adresa. U DUC-evima s PROZA NET je uspostavljena direktna veza DUC - DDC. Kod te komunikacije je u DUC-evima napravljeno preslikavanje ASDU adresa. Kontrola nadležnosti nad upravljanjem se izvodi u SCADA sustavima.

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

CHALLENGES IN CONNECTING DISPATCHER CONTROL CENTRES AND THEIR MASTER DISTRIBUTION DISPATCHING CENTRES

SUMMARY

This paper describes challenges that were solved in order to connect 17 Dispatcher Control Centers (DCCs) with 4 master Distribution Dispatching Centre (DDCs) of HEP-ODS. The communication connection was defined by type of SCADA system in DCC. In DCCs with Network Manager, a redundant pair of LKKU splitters was installed. The splitters receive data from station computers and send it simultaneously to DCC and DDC. IP address mapping were implemented in LKKUs. In PROZA NET DCCs, a direct communication line with DDC was established. For that communication, ASDU address mapping data was done in DCC. Authority control is done in both SCADA systems.

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

1. UVOD

U tijeku je prva faza integracije 17 dispečerskih upravljačkih centara (DUC) u 4 nadređena distribucijska dispečerska centra (DDC) HEP – Operatora distribucijskog sustava (HEP-ODS). U sklopu te faze je bilo potrebno spojiti svaki DUC s njemu nadređenim DDC-om, prema sljedećoj tablici.

Tablica I. Integracija DUC-eva u DDC-e

Regija Sjever	Regija Jug	Regija Zapad	Regija Istok
DDC Sjever (Zagreb)	DDC Jug (Split)	DDC Zapad (Rijeka)	DDC Istok (Osijek)
DUC Zabok	DUC Zadar	DUC Pula	DUC Vinkovci
DUC Varaždin	DUC Šibenik	DUC Gospić	DUC Slavonski Brod
DUC Čakovec	DUC Dubrovnik		DUC Požega
DUC Koprivnica			DUC Virovitica
DUC Bjelovar			
DUC Križ			
DUC Karlovac			
DUC Sisak			

Detalji vezani za samu integraciju centara, a pogotovo njezinu prvu fazu su dani u [1].

SCADA sustavi u DUC-evima Varaždin, Koprivnica, Križ, Sisak, Vinkovci i Pula su tipa Network Manager (NM) dok su u preostalim 11 DUC-eva (Zabok, Čakovec, Bjelovar, Karlovac, Zadar, Šibenik, Dubrovnik, Gospić, Slavonski Brod, Požega i Virovitica) SCADA sustavi tipa PROZA NET. Svi SCADA sustavi u DDC-ima su tipa Network Manager.

Izvedba komunikacijskog povezivanja DUC-DDC je različita i ovisila je o tipu SCADA sustava u DDC-u.

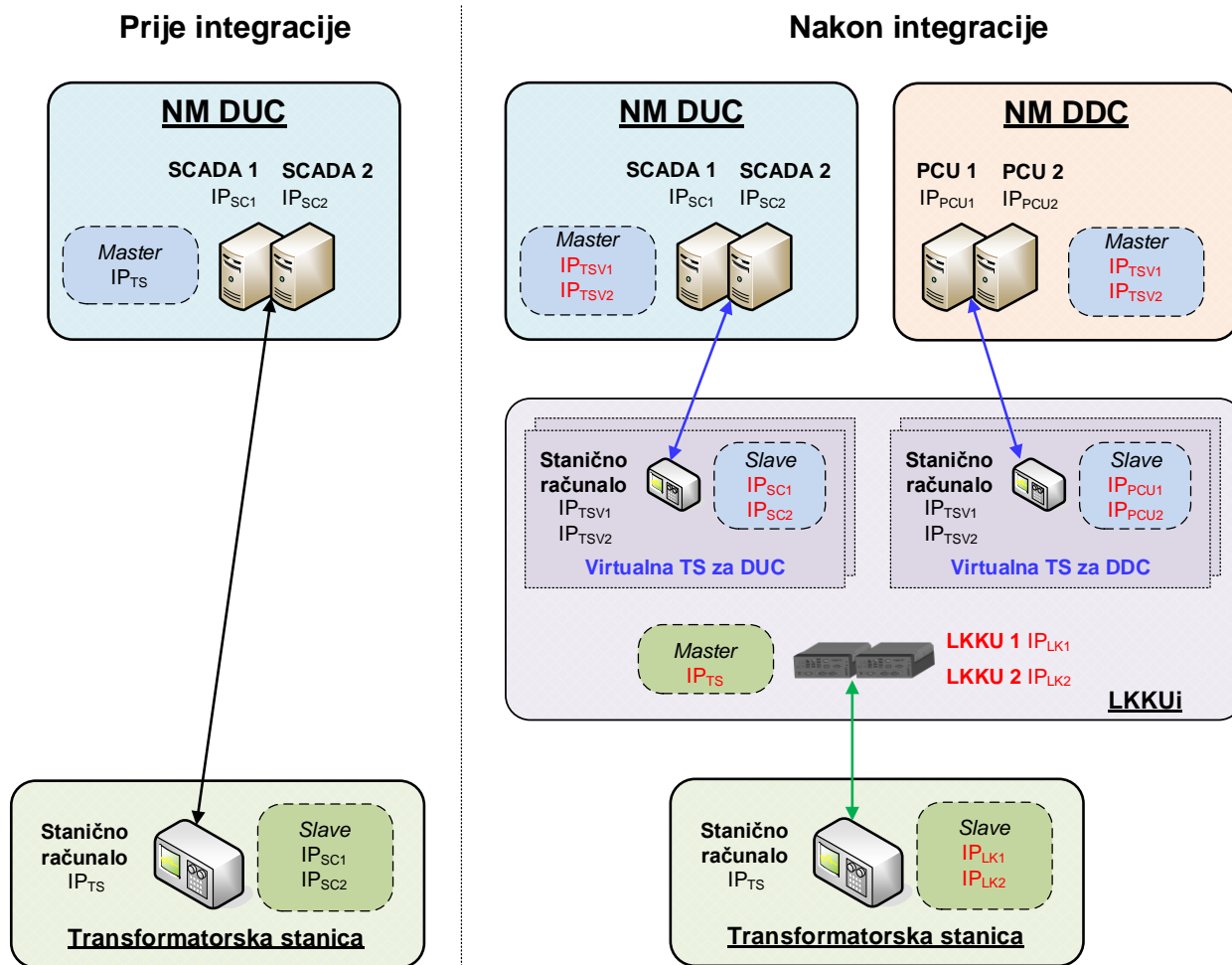
2. IZVEDBA KOMUNIKACIJE U DUC CENTRIMA S NETWORK MANAGEROM

U natječajnoj dokumentaciji [2] je zadano da DDC-i moraju komunicirati korištenjem IEC 60870-5-104 komunikacijskog protokola. Kako postojeći NM SCADA sustavi u DUC-evima nemaju mogućnost uspostave IEC 104 komunikacije u kojoj bi oni bili *slave*, nije bilo moguće direktno slati informacije iz DUC-a u njemu nadređeni DDC. Dodatno, većina staničnih računala koja se trenutno nalaze u transformatorskim stanicama (TS) može istovremeno održavati komunikacijsku vezu samo s jednim nadređenim (*master*) sustavom. Zbog tih razloga su u DUC-eva s NM uvedeni komunikacijski djelatnici. To su Linux kontrolno komunikacijski uređaji (LKKU) u redundantnoj izvedbi. Njihova je uloga prosljediti signale koji dolaze iz staničnih računala prema oba stanici nadređena centra, DUC-u i DDC-u. U ovoj izvedbi su DUC i DDC centar komunikacijski *master*, dok su LKKU-i za njih *slave*. Međutim, u komunikaciji između LKKU-a i TS su LKKU-i za stanična računala *master*, a stanična računala su za njih *slave*.

LKKU-i od staničnih računala preuzimaju sve podatke i prosljeđuju ih prema DUC-u i DDC-u. U DUC-u se primaju svi podaci koji dolaze iz LKKU-a, dok se u DDC-u zaprima samo podskup podataka vezan za prvu fazu integracije (110 i 35 kV dijelovi postrojenja). Prema centrima se šalju se samo izvorišni podaci iz staničnih računala, dok se svi virtualni signali koji su u DUC-u rezultat obrada, proračuna ili grupiranja, ne razmjenjuju između centara, nego se obrade, proračuni i grupiranja iz DUC-eva dupliraju u DDC-ima.

Kontrola nad upravljanjem, vezano za nadležnosti između DUC-a i DDC-a će se riješiti u SCADA sustavima u DUC-u i DDC-u. Nadležnost je signal koji je definiran za svaku pojedinu stanicu i ručno se postavlja u stanici nadređenom DUC-u. Nadležan može biti ili DUC ili DDC. SCADA sustav koji nije nadležan za upravljanje stanicom neće ni moći poslati komandu prema stanici tj. prema LKKU-ima.

Na sljedećoj je slici prikazan način provođenja komunikacije iz TS prema centrima prije i poslije integracije stanice, kada je SCADA u DUC-u tipa NM. Na slici su crveno označeno promjene u konfiguraciji sustava daljinskog vođenja zbog integracije centara.



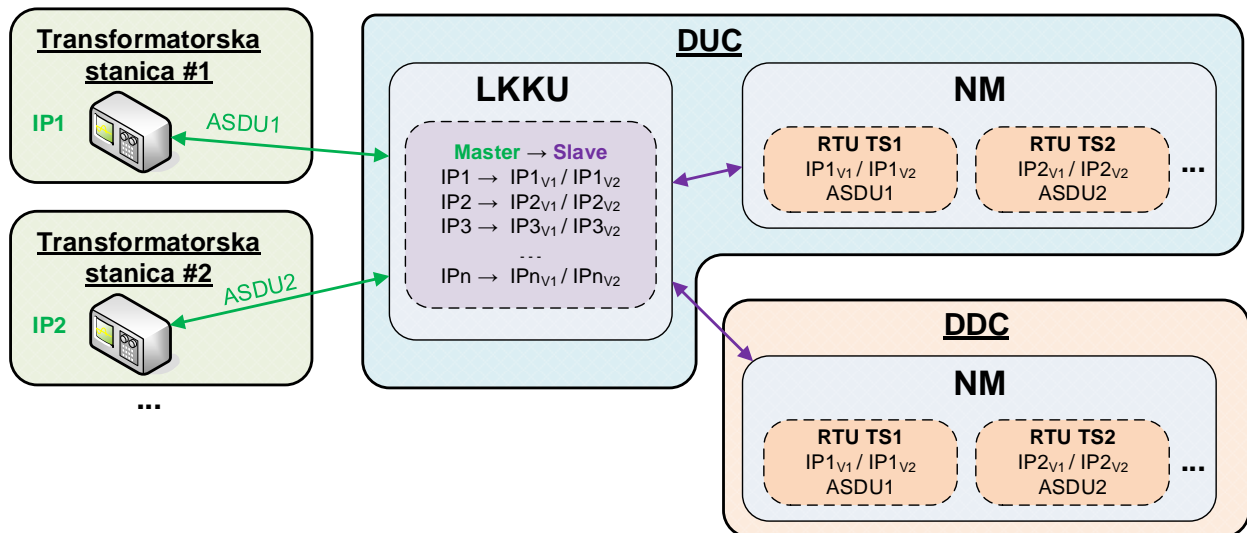
Slika 1. Logička shema komunikacijskog podsustava kada je DUC SCADA tipa NM

Prije integracije je stanično računalo komuniciralo samo s DUC SCADA-om preko mreže HEP ODS-a. U *slave* komunikacijski modul staničnog računala su bile upisane IP adrese redundantnih SCADA poslužitelja u DUC-u (iako je kod nekih staničnih računala dozvoljeno da ih svi *master*-i prozivaju pa nisu upisane nikakve specifične IP adrese). U DUC SCADA sustavu je bila konfigurirana komunikacija s IP adresom staničnog računala kao RTU TS. Po NM terminologiji RTU (Remote Terminal Unit) je oznaka za bilo koje stanično računalo.

Nakon integracije TS, između DUC SCADA-e i staničnog računala je uveden redundantni par LKKU uređaja. LKKU-i su ugrađeni u postojeće SCADA ormare ili komunikacijske ormare, ovisno o dostupnom prostoru u DUC-u. Stanično računalo više ne komunicira direktno s DUC SCADA-om, nego s LKKU-ima pa su adrese LKKU-a unesene u *slave* komunikacijski modul staničnog računala (samo tamo gdje nije podešeno da bilo koja IP adresa može prozivati stanično računalo). U LKKU-ima se obavlja preslikavanje stvarnih IP adresa staničnih računala u njihove virtualne IP adrese. Svako stanično računalo dobiva 2 IP adrese, po jednu u svakom LKKU-u. Npr. prema slici 2 se u LKKU-ima IP adresa IP_{TS} preslikava u IP adrese IP_{TSV1} (u LKKU 1) i IP_{TSV2} (u LKKU 2). Te virtualne adrese su upisane u slave modul LKKU-a i njih prozivaju oba centra. U DDC-u te adrese proziva komunikacijski poslužitelj (PCU, Proces Communication Unit).

U SCADA-ma u centrima je stanično računalo nakon integracije vidljivo kroz svoju virtualnu IP adresu, a ne više kroz originalnu IP adresu.

Na sljedećoj je slici prikazan način preslikavanja IP adresa kada je DUC centar tipa NM.



Slika 2. Preslikavanje IP adresa kada je DUC SCADA tipa NM

Pri ovakvoj je konfiguraciji zadržana postojeća adresna shema komunikacijskih linija i RTU-ova u SCADA sustavu u DUC-u, a izmijenjene su samo IP adrese.

Kako bi se izveo odabrani način integracije, u svaki bi DDC trebalo dodati onoliko komunikacijskih linija koliko ih ima u DUC-u za stanice koje se integriraju. Time bi došlo do potencijalnog problema probijanja licenčnih ograničenja NM sustava. Stoga je napravljena optimizacija komunikacijskog podsustava u DDC-u. Optimizacijom su komunikacijske veze prema staničnim računalima grupirane u manje grupe kojima je zajednički tip komunikacije, jer se time iste komunikacijske postavke mogu na jednom mjestu definirati za veći broj objekata. Npr. u NM SCADA sustavu u DDC-u Zapad je optimizacijom 30 RTU-a grupirano u 7 komunikacijskih linija.

U nekim NM DUC-evima je tijekom procesa integracije ugrađena i dodana mrežna oprema: mrežni preklopnici u DUC-evima Križ, Sisak, Varaždin te vatrozid u DUC-u Pula. Ova oprema je ugrađena u sklopu nadogradnje telekomunikacijskog sustava za potrebe integracije centara.

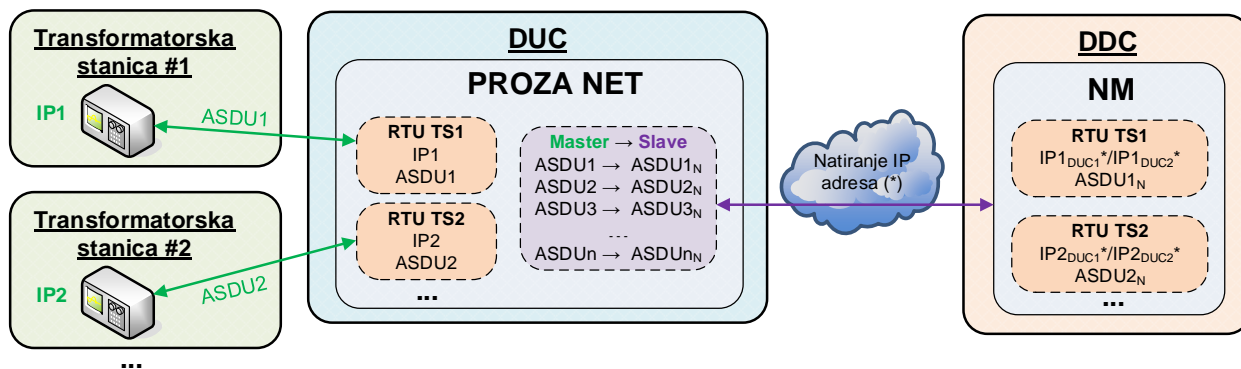
3. IZVEDBA KOMUNIKACIJE U DUC CENTRIMA S PROZA NET

Za razliku od NM SCADA sustava, postojeći PROZA NET SCADA sustavi u DUC-evima imaju mogućnost uspostave IEC 60870-5-104 komunikacije prema nadređenom centru u kojoj su oni *slave*. Stoga je u ovoj kombinaciji uspostavljena po jedna izravna komunikacijska linija između PROZA NET u DUC-u i NM SCADA sustava u nadređenom DDC-u.

Idejno rješenje [2] je bilo da se sva stanična računala, koja su prema PROZA NET SCADA sustavima imale zasebne veze, u komunikaciji od DUC-a prema DDC-i grupiraju u jednu zajedničku vezu. Na ovaj bi način potencijalni problem nastao u slučaju da više staničnih računala trenutno ima jednaku IEC 104 ASDU adresu i da među njima postoje neki podaci s identičnom IOA adresom, jer tada bi moglo doći do identičnih IEC 104 adresa različitih podataka iz više transformatorskih stanica, što DDC ne bi mogao razlikovati. Da bi se ovo izbjeglo, u PROZA NET SCADA sustavu je izvršeno preslikavanje ASDU adresa (za razliku od preslikavanja IP adresa u slučaju NM SCADA sustava u DUC-u i ugradnje LKKU-a).

Preslikavanje je obavljeno na sistematičan i logičan način, tako da svaka stanica ima novu vlastitu ASDU adresu, koja u sebi sadrži zadnje 2 znamenke šifre distribucijskog područja (DP) i redni broj stanice. Npr. stanica s rednim brojem 12, iz DUC-a koji se nalazi u DP Šibenik (šifra DP-a je 4015) ima broj 15012.

Na sljedećoj je slici prikazan način preslikavanja ASDU adresa kada je DUC centar tipa PROZA NET.



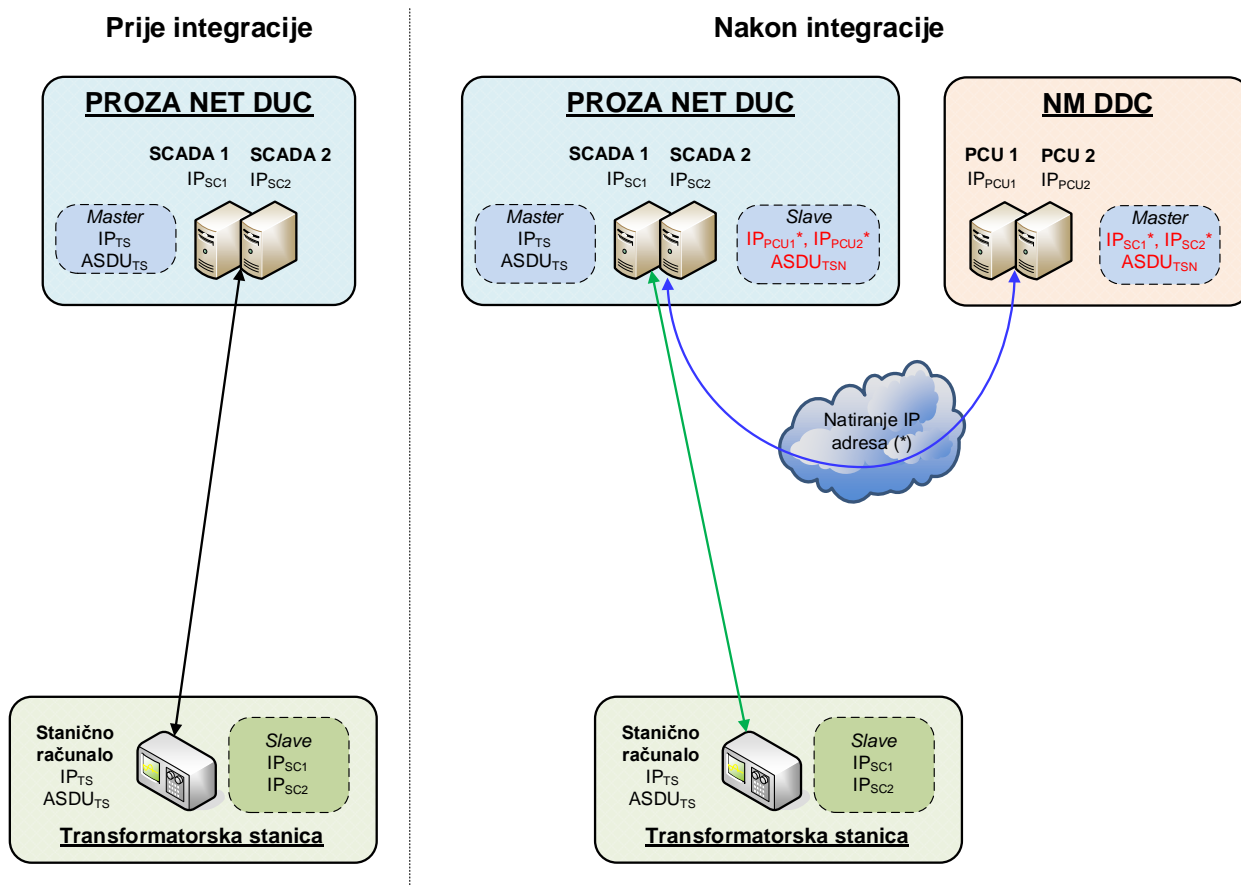
Slika 3. Preslikavanje ASDU adresa kada je DUC SCADA tipa PROZA NET

Komunikacijski slave modul u PROZA NET SCADA sustavu u DUC-u prema DDC-u proslijeđuje sve ulazne podatke koje zaprima iz staničnih računala, a obrade, proračuni i grupiranja iz DUC-a se dupliciraju u DDC-u.

Kontrola nadležnosti nad upravljanjem će se izvesti u oba SCADA sustava (kao i u slučaju kad je DUC SCADA tipa NM).

Za razmjenu podataka između DDC-a i DUC-eva s PROZA NET se koriste NAT IP adrese, jer je komunikacija SCADA DUC – komunikacijski poslužitelji DDC izvedena preko vatrozida. Iznimka je komunikacija DUC Dubrovnik – DDC Split, koja se odvija bez NAT adresa, jer su njihove procesne mreže objedinjene.

Na sljedećoj je slici prikazan način provođenja komunikacije iz TS prema centrima, prije i poslije integracije, kada je SCADA u DUC-u tipa PROZA NET. Crveno su na slici označene promjene u konfiguraciji sustava daljinskog vođenja.



Slika 4. Logička shema komunikacijskog podsustava kada je DUC SCADA tipa PROZA NET

Prije integracije je stanično računalo komuniciralo samo s DUC SCADA-om preko mreže HEP ODS-a. U *slave* komunikacijski modul staničnog računala su bile upisane IP adrese redundantnih SCADA poslužitelja u DUC-u (ako u staničnom računalu nije izvedba gdje su dozvoljeni svi *master*-i). U DUC SCADA sustavu je bila konfigurirana komunikacija s IP adresom staničnog računala kao RTU TS. ASDU adresa podataka koji se ovako razmjenjuju je bila neka inicijalna (na slici je to postavljeno na 1).

Nakon integracije TS, gledano sa strane staničnog računala i sa strane *master* modula u PROZA NET, nema nikakvih izmjena. Međutim, u DUC centru SCADA prosljeđuje sve podatke koje dobiva iz staničnog računala dalje prema DDC SCADA sustavu. To se radi kroz PROZA modul FEP Slave. U slave konfiguraciji podaci koji se šalju imaju novu ASDU adresu, kako ne bi došlo do dupliciranja podataka u DDC-u. Komunikacija PROZA NET DUC – NM DDC se odvija preko NAT IP adresa. U NM DUC-u je konfigurirana nova stanica, koja ima IP adresu jednaku NAT adresi PROZA NET u DUC-u (na slici su IP_{sc1}* i IP_{sc2}*) te novu ASDU adresu koja je određena šifrom DP-a i rednim brojem stanice (na slici je to ASDU_{TSN}).

4. ZAKLJUČAK

Kako bi se izvela integracija 17 DUC-eva u 4 DDC bilo je potrebno napraviti i dio radova na telekomunikacijskom podsustavu. Ugrađena je nova oprema, kroz vatrozid je propuštena samo nužna komunikacija između DUC-eva i DDC-a (IEC 104 TCP port 2404) i definirani su adresni prostori za nove IP adrese. Pri spajanju Network Manager centara s DDC-ima su u LKKU djelatiteljima napravljena preslikavanja IP adresa, dok se pri spajanju PROZA NET centara u samoj PROZA NET napravljena preslikavanja ASDU adresa. Do kraja 2019. godine su svi DUC centri uspješno uspostavili komunikaciju s nadređenim im DDC-ima, a kroz 2020. godinu bi se trebala uspostaviti komunikacija za sve stanice koje obuhvaća prva faza integracije.

5. LITERATURA

- [1] K. Vrdoljak, I. Pikula, M. Zrno, J. Bernardi, I. Jajčević, D. Lovreković, K. Slivarić, D. Habijan, „Prva faza integracije dispečerskih upravljačkih centara u distribucijske dispečerske centre: 110 i 35 kV postrojenja“, 7. (13.) savjetovanje HO CIRED, Šibenik, svibanj 2020.
- [2] 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.