

# Predlog realizacije razvodnih postrojenja velikih Data Centara

## Implementation Proposal of Substations for a Large Data Centres

Ivan Vujović\*, Zoran Stojanović\*\*, Željko Đurišić\*\*

\* Ericsson AB Štokholm, dio stranog društva Podgorica, Bulevar svetog Petra Cetinjskog 3, 81000 Podgorica, Crna Gora

\*\* Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija

**Rezime** - Veliki Data Centri (DC-i) zahtijevaju značajnu količinu električne energije koja omogućava neprekidno i kvalitetno napajanje opreme i uređaja u objektu. Povezivanje DC-a na Elektroenergetski sistem (EES) vrši se preko razvodnih postrojenja (RP-a). Dobar dizajn postrojenja i njihovog povezivanja, pravilno dimenzionisanje opreme, sistema zaštite, kao i mogućnost nadzora, odnosno upravljanja nad opremom RP-a osnov su za postizanje visoke pouzdanosti i redundanse u napajanju električnom energijom. Rad je podijeljen u tri dijela. U prvom dijelu je dat predlog realizacije RP-a različitih naponskih nivoa. Opisane su komponente i uređaji koji čine ova postrojenja, kao i njihove međusobne veze. Drugi dio se odnosi na sistem zaštite transformatora, sabirnica i vodova. Poseban naglasak je na nadzoru i upravljanju uređajima i sistemima postrojenja koji su opisani u trećem dijelu rada. U elektroenergetskom dijelu dat je predlog realizacije 2N + 1 sistema redundantnog napajanja DC-a iz EES-a. Izazov za rešenje sistema zaštite je omogućiti isključivanje jednog, ili nekoliko, od velikog broja transformatora u slučaju kvara tako da na svim naponskim nivoima, preostali transformatori ostanu u funkciji, bez prekida. Opterećenje jednog ili više transformatora koji su u kvaru i isključeni sa sabirnica podjednako preuzimaju funkcionalni transformatori. Pri pojavi kvara na jednoj ili sistemu sabirnica, potrebno je omogućiti neprekidno napajanje DC-a preko funkcionalnih sistema sabirnica. Oprema u postrojenjima je povezana na centralizovani sistem nadzora i upravljanja (SNU) realizovan prema IEC 61850 standardu i Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP) arhitekturi. U radu je dat pregled protokola standarda IEC 61850 i TCP/IP steka koji se koriste za realizaciju SNU. Na kraju je dato viđenje budućeg razvoja automatizacije i primjena vještačke inteligencije u RP-a.

**Ključne reči** - Data Centar, razvodno postrojenje, zaštita, nadzor, upravljanje

**Abstract** - Large Data Centers (DCs) needs significant energy that enables uninterruptible and quality power supply for equipment and devices in the building. Connection between DC and Power System (PS) is realized through substations (SSs). Good design of SSs and connections between them, proper equipment dimensioning as well as enabling supervising and management of equipment in SSs are basis for achieving high reliability and redundancy in electrical energy power supply. The paper is divided in three parts. In the first part is given a proposal for SSs realization for different voltage levels. There are described

components and devices of which SSs are composed and connections between them. Second part refers to protection systems for transformers, busbars and power lines. Special emphasis is on supervision and management for SSs equipment and systems that are described in the third part of paper. In the electrical power part the proposal for a 2N + 1 design of the redundant power supply for DC from PS is given. Challenge for protection system is to enable switch-off one or a few in the many transformers in the case of failure so that on all voltage levels, remaining transformers stay functional without interruption. Functional transformers equally take over the power load of one or more transformers that are in malfunction and turn off from busbars. In the case when one busbar or a busbar system is in fault, it is necessary to enable uninterruptible power supply of the DC through functional busbar systems. Substations equipment is connected to centralized supervisory and management system (SMS) realized according to IEC 61850 standard and Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP) architecture. The paper provides a brief view of protocols in IEC 61850 standard and TCP/IP stack that are used in the SMS design. A vision of future automation development and application of artificial intelligence in SSs is presented at the end of the paper.

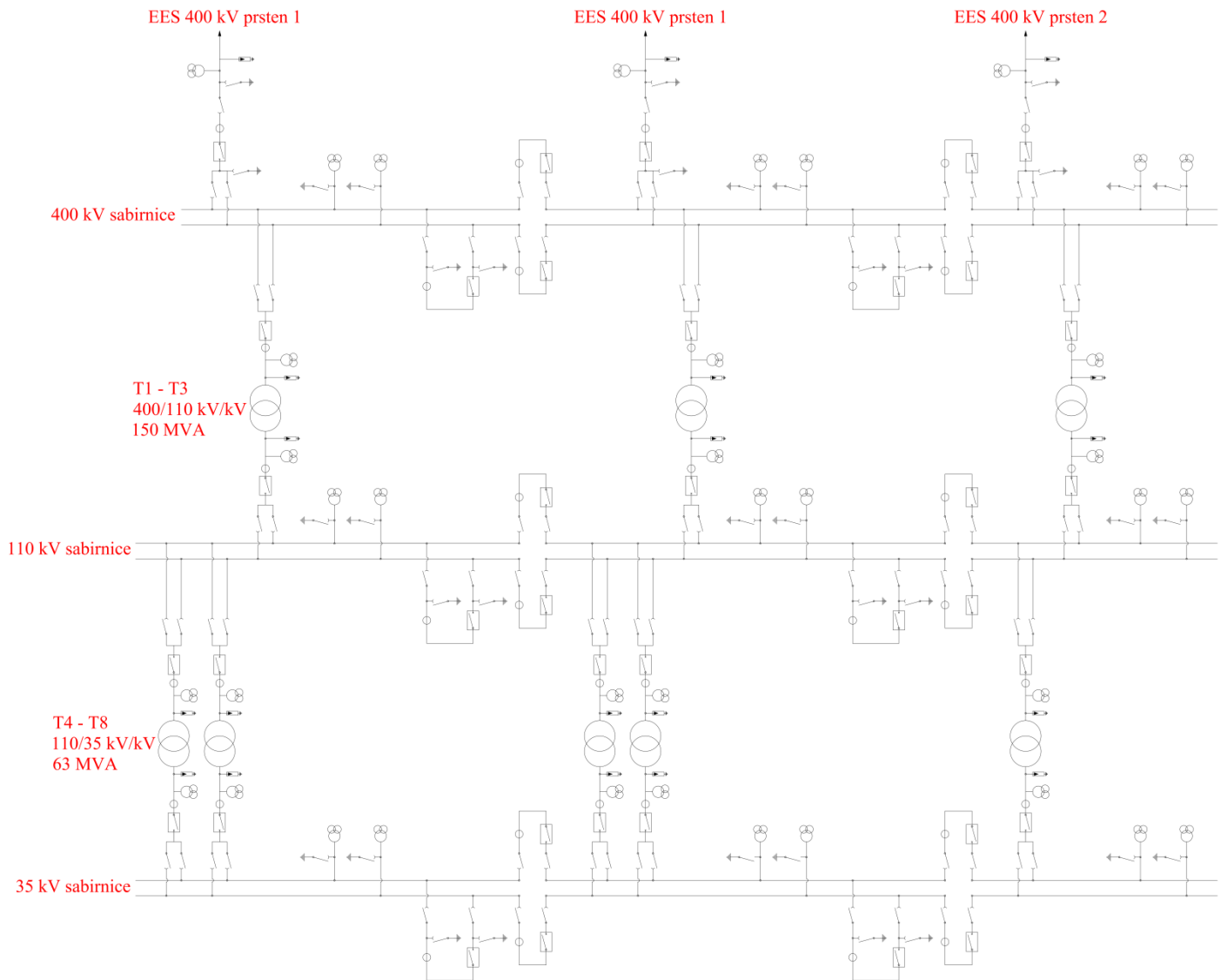
**Index Terms** - Data Centre, Substation, Protection, Supervision, Management

### I UVOD

Na osnovu proračuna objavljenih u [1] koji se odnose na idejno rešenje regionalnog DC-a kod Beograda (u daljem tekstu DC-a), za navedeni dizajn, izračunata je potrebna instalisana snaga napajanja objekta i opreme, odnosno uređaja u njemu koja iznosi: 80 MW (100 MVA, pri  $\cos\varphi=0,8$ ) što je osnovno polazište za realizaciju RP-a preko kojih se vrši snabdijevanje DC-a električnom energijom, odnosno povezivanje DC-a na EES. Važan uslov implementacije napajanja DC-a je obezbjeđivanje neprekidne redundanse na svim naponskim nivoima, počevši od opreme u objektu pa do prenosne mreže EES-a (od 0,4 kV do 400 kV). Drugi važan uslov je pravilan izbor i podešavanja svih potrebnih sistema zaštite uređaja u RP-ma. Treći uslov je ostvarivanje mogućnosti neprekidnog nadzora i upravljanja opremom i uređajima u RP-ma preko integrisanog centralizovanog sistema [2]. Predlog zadovoljenja navedena tri uslova je tema ovog rada. U svakom trenutku, opremi i uređajima

unutar objekta DC-a mora biti obezbijedeno redundantno napajanje u konfiguraciji 2N+1 gdje je N broj transformatora, odnosno izvora napajanja. Napajanje se vrši sa dvije grane čija pojedinačna instalisana snaga nije manja od ukupne instalisane snage DC-a i jednom granom čija je snaga jednaka snazi jednog transformatora na svakom naponskom nivou (1 u relaciji 2N + 1). Neophodno je obezbijediti i adekvatnu zaštitu opreme, odnosno uređaja DC-a, kao i zaštitu, transformatora, sabirnica i vodova

RP-a od svih neregularnih stanja. U slučaju potrebe za kratkotrajnim ili dugotrajnim isključenjem jednog ili više elemenata ili cijelog RP-a, napajanje DC-a mora biti neprekidno nastavljeno preko redundantnih elemenata, odnosno djelova RP-a. Oprema i uređaji, odnosno sistemi zaštite u okviru svih RP-a, povezuju se preko računarske mreže na SNU. Hardverska i softverska realizacija komunikacije se ostvaruje prema IEC 61850 standardu i TCP/IP arhitekturi.



**Slika 1.** Principalska šema realizacije razvodnih postrojenja Data Centra naponskih nivoa od 400 kV do 35 kV

## II REALIZACIJA ENERGETSKOG DIJELA RAZVODNIH POSTROJENJA

Navedeni objekat DC-a napaja se sa EES-a preko RP-a 400 kV/110 kV, 110 kV/35 kV i 35 kV/0,4 kV. Specifičnost u realizaciji napajanja ogleda se u tome što je potrebno ostvariti 2N+1 redundantni sistem. U osnovi to je rešenje gdje N transformatora na jednom naponskom nivou minimalno

omogućava uvijek dostupnu instalisanu snagu DC-a, dok je drugih N transformatora (ukupno 2N) redundantno i u normalnom pogonskom stanju približno podjednako dijeli opterećenje sa prvih N transformatora. Tome je dodat još jedan transformator iste snage kao i svaki od 2N na tom naponskom nivou. U slučaju kvara, odnosno nenormalnog pogonskog stanja, zavisno od elementa na kom se desio, isključuje se transformator, sabirnice

ili vod, a u najgorem slučaju i svih N transformatora, odnosno dvostrukih sabirnica i jedan 400 kV vod, dok se napajanje DC-a nastavlja preko N preostalih transformatora. Dodatni transformator na svakom naponskom nivou služi kao zamjena za transformator koji je u kvaru.

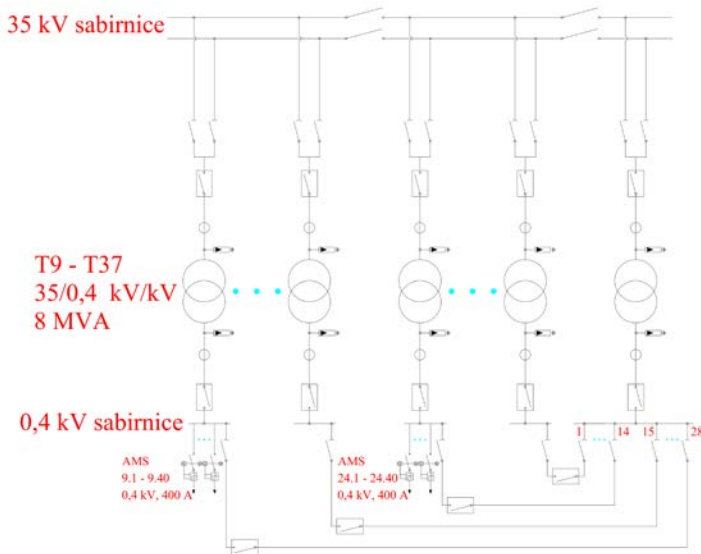
Slike u ovom poglavlju ne prikazuju blok šeme RP-a već principiska rešenja. Na slici 1 prikazana je principiska šema realizacije predloženog rešenja RP-a DC-a od naponskog nivoa 400 kV do nivoa 35 kV. Prvi nivo transformacije je 400 kV/110 kV. Transformatori T1 i T2 povezani su na 400 kV prsten 1 EES-a. U normalnom pogonu T1 i T2 prenose električnu energiju sa različitih sabirnica dvostrukog sistema i na primaru i na sekundaru. Transformator T3 povezan je na prsten 2 EES-a. U normalnom pogonu, ovaj transformator ne prenosi električnu energiju za napajanje DC-a. Za slučaj kvara na jednom od transformatora T1 ili T2 ili nekom od 400 kV vodova, funkcionalni transformator preuzima opterećenje tako što se svi potrošači (transformatori prvog nižeg nivoa transformacije) povežu na funkcionalni transformator, dok se ne uključi transformator T3 kada se opterećenje približno ravnomjerno raspoređuje između funkcionalnog i transformatora T3. Snaga svakog pojedinačnog transformatora je dovoljna da podnese ukupno instalisano opterećenje DC-a.

Za transformaciju 110 kV/35 kV predviđeno je ukupno 5 transformatora iste snage, pri čemu su oni razdvojeni po grupama. Prvu grupu čine dva transformatora (T4 i T5) koji se napajaju sa transformatora T1, drugu grupu čine transformatori T6 i T7 koji se napajaju sa transformatora T2, dok je transformator T8 zaseban i u normalnom pogonu ne prenosi električnu energiju za napajanje DC-a. Kada se desi kvar na bilo kom od transformatora od T4 do T7, transformator T8 preuzima opterećenje nefunkcionalnog transformatora. Ukupna snaga grupe od dva transformatora dovoljna je da samostalno podnese opterećenje DC-a, dok je snaga transformatora T8 takva da može adekvatno preuzeti opterećenje samo jednog od transformatora u grupi.

Na slici 2 prikazan je predlog rešenja RP-a 35 kV/0,4 kV. Naponski nivo 35 kV izabran je zbog smanjenja broja transformatora u odnosu na 10 kV nivo jer se transformatori 35 kV/0,4 kV serijski proizvode za znatno veće snage nego transformatori 10 kV/0,4 kV. Transformatori su podijeljeni u 4 grupe. Grupe se napajaju sa po jednog od 4 110 kV/35 kV transformatora. U jednoj grupi, na osnovu snage pojedinačnih transformatora, predviđeno je 7 transformatora. Ukupno, u svim grupama, to je:  $4 \times 7 = 28$  transformatora (T9 – T36). Transformator T37 u normalnom pogonu ne prenosi električnu energiju za napajanje DC-a. U slučaju pojave kvara na bilo kom od 28 transformatora u bilo kojoj grupi, ovaj transformator preuzima opterećenje nefunkcionalnog transformatora. Ukupna snaga dvije grupe transformatora je dovoljna za napajanje DC-a pri instalisanom opterećenju, dok je snaga transformatora T37 takva da može preuzeti opterećenje samo jednog iz grupe transformatora.

Na 0,4 kV naponskom nivou predviđena je implementacija automatskih motornih sklopki (AMS) za pojedinačne uređaje i opremu u objektu DC-a. Na sekundar svakog 35 kV/0,4 kV transformatora, u razvodnim ormarima, je povezano 40 sklopki od po 400 A. Preko ovih sklopki napajaju se UPS i ispravljački sistemi, sistemi klimatizacije, ventilacije i ostali pogoni u objektu DC-a. Svaki od navedenih sistema povezan je sa dvije napojne grane pri čemu su te napojne grane, na svim naponskim nivoima, nezavisne jedna od druge. Na primjer, granu 1 nekog od navedenih sistema čine transformatori: T1-T4-T9 i AMS 9.1, a granu 2 istog sistema čine transformatori: T2-T6-T23 i AMS 24.1. Telekomunikacioni i serverski uređaji koji se smještaju u rekovima napajaju se sa UPS ili ispravljačkih sistema. Ti uređaji bi trebalo da imaju minimalno 2 napojna modula koji se povezuju na različite sisteme napajanja povezane na različite napojne grane. Uređaji koji sadrže motore napajaju se direktno sa mreže (bez UPS ili ispravljačkih sistema). Unutrašnje klima jedinice trebaju imati dva kompresorska elementa po jedinici koji se napajaju sa različitih napojnih grana.

Primarna uloga opisanih postrojenja je obezbjeđivanje električne energije za napajanje DC-a, međutim to ne znači da dodatni transformatori (1 u izrazu 2N+1), na svim naponskim nivoima, kada nisu u funkciji napajanja DC-a, ne mogu biti upotrijebljeni za napajanje drugih potrošača. Takođe, sama postrojenja, na svim naponskim nivoima, mogu biti dio nekih većih postrojenja. U toku normalne eksploatacije postrojenja, 2N transformatora se koristi za napajanje DC-a preko dvije grane pri čemu je opterećenje raspodijeljeno približno jednako za svaku granu napajanja. U tom slučaju se koristi manje od 50% instalisane snage pojedinačnih transformatora. Ostatak do 50% instalisane snage transformatora može se koristiti za napajanje drugih potrošača. Dodatni transformatori koriste se samo za napajanje drugih potrošača. Pri nastanku havarijskih stanja koja se odlikuju ispadom napajanja preko jedne grane od N transformatora po naponskom nivou, redundantnih N transformatora preuzimaju ulogu napajanja kompletnog DC-a. U tom slučaju se koristi manje od 100% instalisane snage pojedinačnih transformatora samo za napajanje DC-a. Ako se u toku havarijskih stanja desi da jedan od redundantnih N transformatora, na bilo kom naponskom nivou, prestane da funkcioniše, dodatni transformator tog naponskog nivoa preuzima njegovu ulogu tj. ulogu napajanja DC-a jer je to



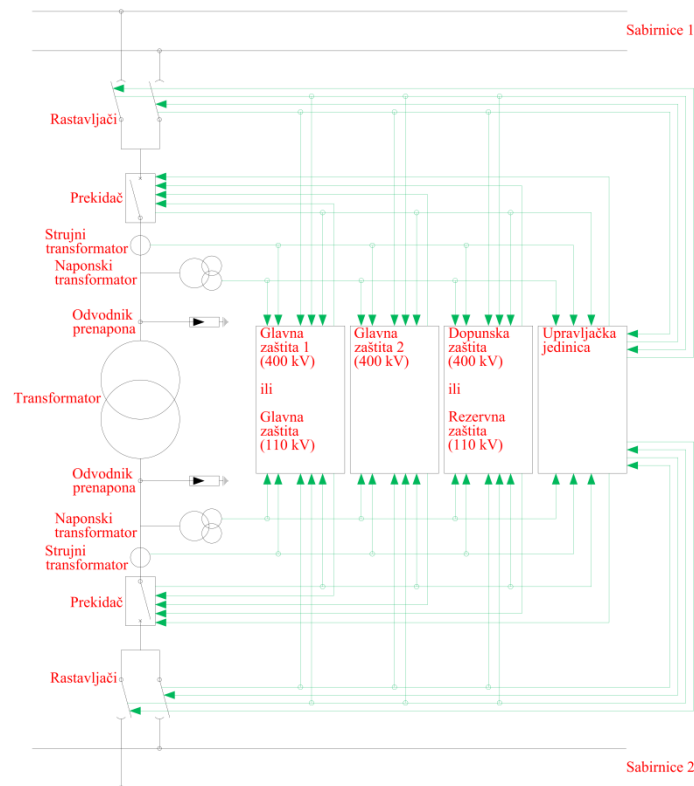
Slika 2. Principsko rešenje razvodnog postrojenja 35 kV/0,4 kV

prioritet u odnosu na napajanje drugih potrošača.

### III REALIZACIJA SISTEMA ZAŠTITE

Sistem zaštite odnosi se na transformatore, sabirnice i vodove. Na slikama u ovom poglavlju nisu prikazane blok šeme zaštite i upravljanja već principiska rešenja. Uređaji zaštite i upravljanja su imenovani na osnovu internih standarda Elektromreže Srbije (EMS).

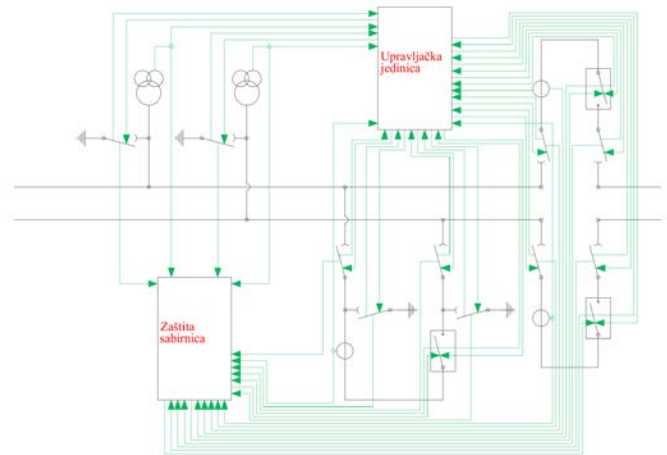
Slika 3 prikazuje principsko rešenje sistema zaštite transformatora na prenosnim naponskim nivoima (400 kV i 110 kV). Realizacija zaštite za transformatore čija je snaga veća ili jednaka 150 MVA (u ovom slučaju za 400/110 kV/kV transformatore) ostvaruje se iz više djelova i to kao: glavna zaštita 1, glavna zaštita 2 i dopunska zaštita. Glavna zaštita 1 se smješta na visokonaponskoj strani, a glavna zaštita 2 i dopunska zaštita na niskonaponskoj strani. Za transformatore čija je snaga manja od 150 MVA (u ovom slučaju za 110/35 kV/kV transformatore) zaštita se realizuje iz dva dijela tj. glavne zaštite i rezervne zaštite. Oprema obje zaštite se smješta na visokonaponskoj strani. Način realizacije pomenutih



zaštita opisan je u [3].

**Slika 3.** Principsko rešenje sistema zaštite transformatora

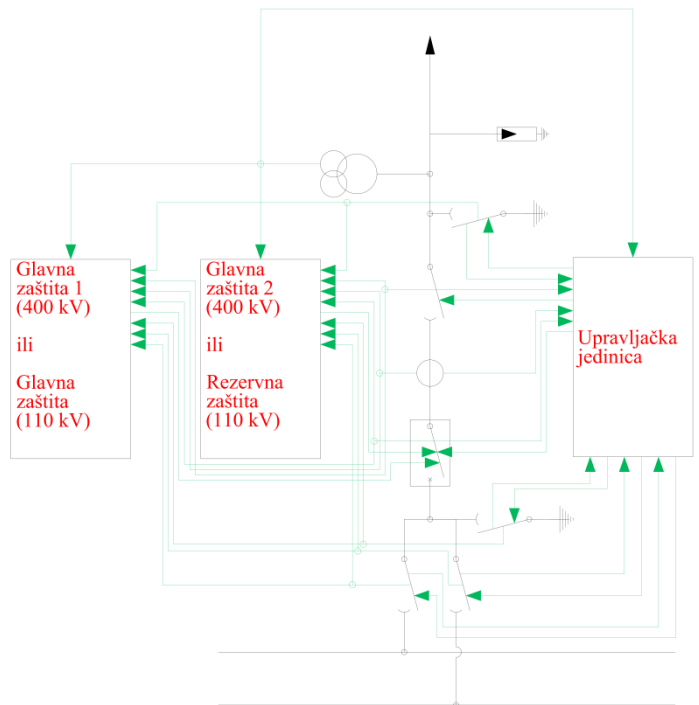
Principsko rešenje zaštite sabirnica dato je na slici 4, a realizacija se vrši kako je opisano u [4].



**Slika 4.** Principsko rešenje zaštite sabirnica

Slika 5 prikazuje sistem zaštite vodova na prenosnim naponskim nivoima. Realizacija zaštite za vodove naponskog nivoa 400 kV ostvaruje se preko glavne zaštite 1 i glavne zaštite 2 [5]. Za vodove naponskog nivoa 110 kV, realizacija zaštite se vrši upotrebom glavne i rezervne zaštite prema [6].

Zaštita transformatora, sabirnica i vodova na distributivnim naponskim nivoima (u ovom slučaju na 35 kV) vrši se na način kako je opisano u [7].

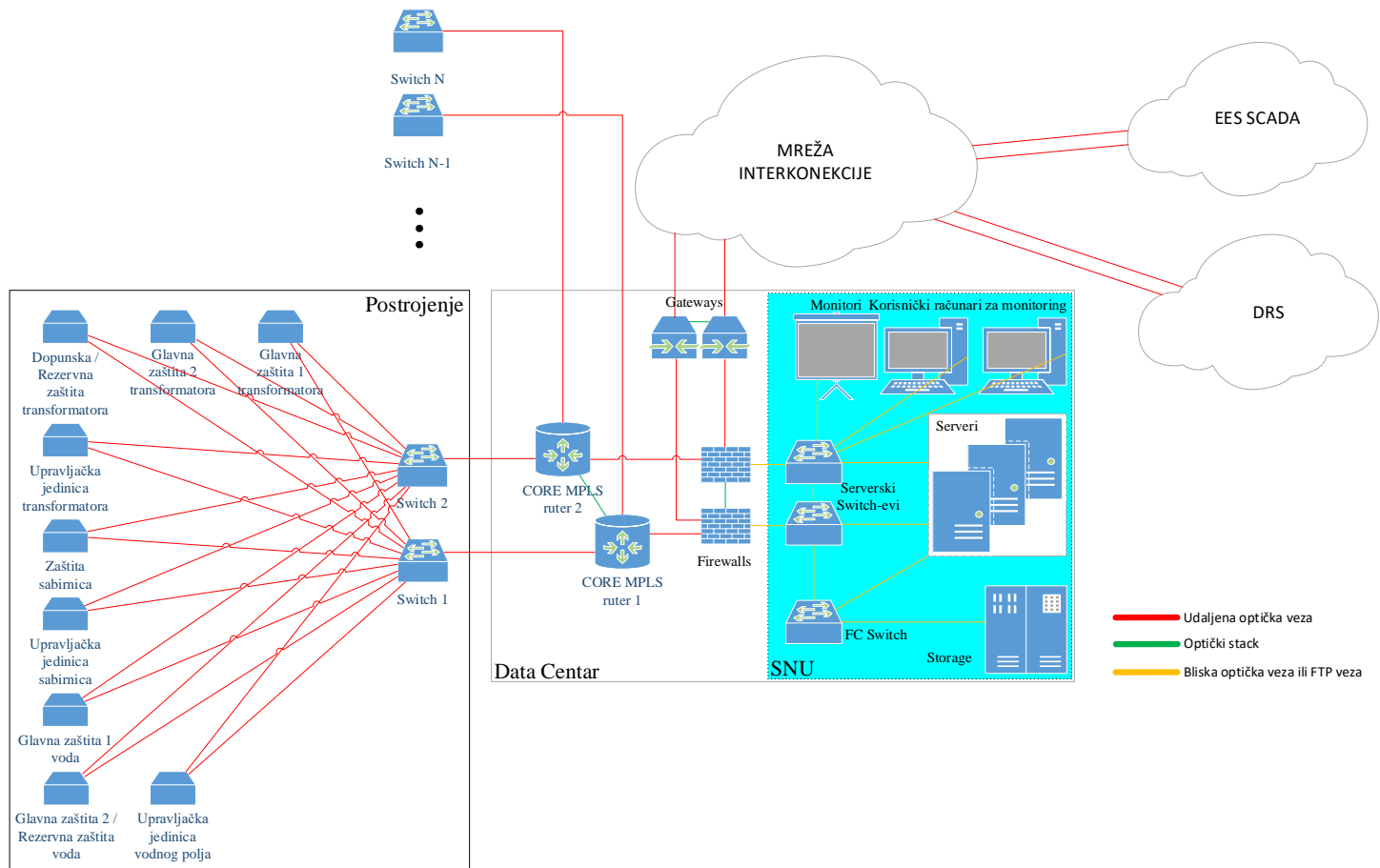


**Slika 5.** Principsko rešenje sistema zaštite vodova

## IV REALIZACIJA SISTEMA NADZORA I UPRAVLJANJA

Svaki relej i upravljačka jedinica koji predstavljaju Intelligent Electronic Devices (IEDs) smještaju se u spoljne ormare instalirane neposredno pored opreme RP-a. Komunikaciono povezivanje ovih uređaja sa SNU vrši se preko redundantnih lokalnih telekomunikacionih uređaja tj. switch-eva. Ovi uređaji mogu biti smješteni u istim ormarima kao i IED kada se implementiraju tzv. industrijski switch-evi ili u rekovima unutar objekta DC-a kada su switch-evi bez posebnih zaštita. Povezivanje se vrši isključivo optičkim konekcijama i to kako je prikazano na slici 6. Na svakom IED postoje minimalno dvije Network Interface Card (NIC) sa optičkim portovima preko kojih se ovi uređaji povezuju na dva različita switch-a. Dalje se switch-evi koncentrišu na CORE MultiProtocol Label Switching (MPLS) [8] rutere. Ovi uređaji su smješteni u rekovima objekta DC-a i centralna su tačka povezivanja distribuiranih switch-eva tj. switch-eva u komunikacionim ormarima sa SNU.

Sam SNU podijeljen je na dva dijela. Prvi je sistem za obradu i skladištenje informacija, odnosno slanje komandi IED, a drugi za prikazivanje obrađenih informacija. U okviru prvog dijela SNU realizovan je SCADA sistem DC-a koji nije tema ovog rada. Upravljanje i nadzor nad postrojenjima DC-a treba omogućiti i za SCADA sistem EES-a i za Disaster Recovery Site (DRS) što se postiže povezivanjem sa ovim instancama preko interkonektivne mreže koja može biti u vlasništvu provajdera DC-a ili se, upotrebom Virtual Private Network (VPN) tehnologije [9], koriste mreže telekomunikacionih provajdera. Redundansa, u telekomunikacionom smislu, se postiže izborom dvije različite tačke pristupa interkonektivnoj mreži (po mogućnosti pristup različitim optičkim prstenovima), preko mreža različitih provajdera ili upotrebom različitih tehnologija prenosa informacija preko iste mreže, kako sa strane DC-a tako i sa strane EES-a, odnosno DRS-a.



Slika 6. Telekomunikaciona mreža sistema nadzora i upravljanja razvodnim postrojenjima

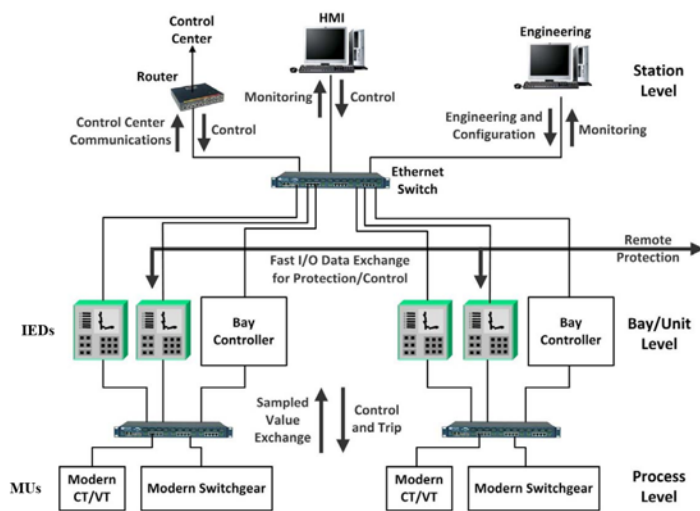
Prenos informacija između električne opreme RP-a i SNU vrši se prema IEC 61850 standardu [10] i TCP/IP arhitekturi [11]. Na slici 7 prikazana je struktura IEC 61850 standarda [12]. Analogne kontinualne informacije iz uređaja Process Level (PL-a) tj. vrijednosti pojedinačnih parametra (napona, struje, fazne razlike) sa naponskih i strujnih transformatora, odnosno optičkih i elektronskih senzora napona i struje, kao i statusne informacije

(stanje prekidača, rastavljača i td.) šalju se u Merging Units (MUs) gdje se vrši sakupljanje i digitalizacija podataka. Fizički se MU smještaju u okviru posebnih ormara, neposredno pored opreme RP-a, ili u okviru IED ormara. U oba slučaja MU koji pripadaju PL-u i IED koji pripadaju Bay Level (BL-u) su povezani procesnom magistralom koja se realizuje preko Ethernet mreže. Definisan periodični prenos informacija o



vrijednostima parametara preko procesne magistrale realizuje se upotrebom Sampled Measured Values (SMV) protokola [13]. Prenos indikacije prethodno definisanog događaja (signal za isključenje, isključenje prekidača i td.) do IED vrši se upotrebom Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE) protokola [13]. Ovaj protokol se upotrebljava i za izvršenje komandi na uređajima PL-a.

I SMV i GOOSE su protokoli nivoa linka. Podaci se prenose multicast putem u okviru Ethernet frejmova. Samo IED koji prepoznaje multicast poruku reaguje na njen sadržaj, dok ostali IED odbacuju frejmove. Maksimalno dozvoljeno vrijeme kašnjenja u obradi i prenosu frejmova SMV protokola je 4 ms, a GOOSE 3 ms i to zbog važnosti što bržeg prenosa informacija o događajima i procesiranja dobijenih informacija od strane IED. Malo kašnjenje je omogućeno upotrebom Virtual Local Area Network (VLAN) klasifikacije i prioritizacije saobraćaja [14].



Slika 7. Struktura IEC 61850 standarda [12]

Komunikacija između IED i SCADA ostvaruje se upotrebom Manufacturing Message Specification (MMS) protokola [13] koji je definisan standardom: ISO 9506. Ovaj protokol je nivoa aplikacije i funkcioniše prema klijent-server (SCADA-IED) arhitekturi. Segmenti podataka se prenose upotrebom TCP-a [15]. Osnovna primjena je u slanju izvještaja i logova. Takođe se koristi za kontrolu i konfiguraciju IED. Prenos podataka nije osjetljiv na vremenska kašnjenja (očekivano kašnjenje je do 100 ms).

Protokoli iz TCP/IP steka koji se koriste za komunikaciju u okviru digitalnih trafostanica su:

- Simple Network Time Protocol (SNTP) [16] koji omogućava vremensku sinhronizaciju IED uređaja sa centralnom vremenskom instancom u mreži. Precizno vrijeme nastanka i evidentiranja događaja u RP-ma je bitno zbog pravovremene reakcije,
- Internet Control Message Protocol (ICMP) [17] služi za periodičnu provjeru dostupnosti IP adrese IED preko Packet InterNet Groper (PING) servisa. Na ovaj način se otkriva potencijalna nefunkcionalnost uređaja ili NIC dijela uređaja,

- Simple Network Management Protocol (SNMP) [18] je baziran na primjeni Management Information Base (MIB) [19] i prijemu SNMP, odnosno SNMP trap poruka za svaki IED uređaj. Sadržaj ovih poruka čine podaci o mjerenjima parametara i stanju opreme na PL-u, kao i stanju samih IED.

Osim navedenih protokola, koristi se i Parallel Redundancy Protocol (PRP) [20] koji je definisan u okviru IEC 62439-3 standarda, a odnosi se na dupliranje paketa informacija i slanja preko dvije paralelne, fizički odvojene, putanje sa ciljem postizanja visoke pouzdanosti prenosa.

#### V ZAKLJUČAK

Predloženo rešenje RP-a za napajanje objekta velikog DC-a opisuje način realizacije elektroenergetskog dijela sa 4 naponska nivoa i opremom koja obezbeđuje 2N+1 redundansu u snabdijevanju električnom energijom od najvećeg do najnižeg napona. Sistem zaštite se odnosi na transformatore, sabirnice i vodove. Principski je sličan za sve naponske nivoe. Uključuje glavne zaštite, rezervnu i dopusku zaštitu. Sistem nadzora i upravljanja RP-ma, odnosno opremom koja ih čini dizajniran je prema IEC 61850 standardu i TCP/IP arhitekturi. Osnovne komponente sistema su podijeljene u tri nivoa. Predočeni su protokoli u komunikaciji između nivoa i funkcije koje svaka od komponenti pojedinačno obavlja. Za komunikaciju između uređaja PL i BL koriste se protokoli nivoa linka, a podaci su integrisani u Ethernet frejmove. Zbog toga, kao i zbog upotrebe VLAN tehnologije, odnosno prioritizacije saobraćaja, postiže se smanjenje kašnjenja u prenosu i obradi informacija što omogućava pravovremni prijem podataka i preduzimanje adekvatnih aktivnosti. Aplikativni protokoli: MMS (ISO standard) i SNMP (TCP/IP stek) imaju slične funkcije i mogu se koristiti u isto vrijeme, kao neka vrsta informacione redundanse. Sve izraženija upotreba telekomunikacionih i računarskih tehnologija kao i primjena naprednog računarskog hardvera i softvera u elektroenergetici omogućuje realizaciju tzv. pametnih uređaja tj. opreme u RP-ma koja, preko embeded computers, ostvaruje mrežnu komunikaciju direktno sa SCADA-om kao dijelom SNU-a čime će MU i IED uređaji postati suvišni. Sa druge strane, ta oprema će direktno primati informacije o vrijednostima parametara i stanjima opreme od senzora i izvršavati komande pomoću aktuatora. Standardizacija načina komunikacije tj. upotreba tačno određenih, definisanih, jedinstvenih protokola omogućuje široku primjenu ovakvih rešenja.

Praćenje vrijednosti parametara i promjene stanja opreme sa velikom rezolucijom (velikim brojem podataka u malom vremenskom intervalu), na nivou ms, omogućava implementaciju centralizovanih i distribuiranih neuralnih mreža, odnosno sveobuhvatnu primjenu vještačke inteligencije u cilju predviđanja događaja u RP-ma.

#### LITERATURA/REFERENCES

- [1] Vujović, I., Đurišić, Ž., Idejno rešenje regionalnog Data Centra kod Beograda napajanog iz obnovljivih izvora energije, Energija, Ekonomija, Ekologija, Vol. 23, No. 3, pp. 10-17, 2021. <https://doi.org/10.46793/EE21-3.10V>
- [2] Vujović, I., Šošić, D., Đurišić, Ž., Integrisani sistem za monitoring i upravljanje Data Centra napajanog iz obnovljivih izvora energije, Energija,

- Ekonomija, Ekologija, Vol. 23, No. 3, pp. 18-27, 2021.  
<https://doi.org/10.46793/EEE21-3.18V>
- [3] AD „Elektromreža Srbije“ Beograd, Interni standard IS-EMS 703:2018 Zaštita energetske transformatora, Beograd, Republika Srbija, 2018.
- [4] AD „Elektromreža Srbije“ Beograd, Interni standard IS-EMS 739:2018 Zaštita sabirnica i spojnih polja visokonaponskih postrojenja, Beograd, Republika Srbija, 2018.
- [5] AD „Elektromreža Srbije“ Beograd, Interni standard IS-EMS 731:2018 Zaštita vodova 400 kV, Beograd, Republika Srbija, 2018.
- [6] AD „Elektromreža Srbije“ Beograd, Interni standard IS-EMS 712:2018 Zaštita vodova 220 i 110 kV, Beograd, Republika Srbija, 2018.
- [7] Operator distributivnog sistema „EPS Distribucija“ d.o.o Beograd, *Pravila o radu distributivnog sistema*, Beograd, Republika Srbija, 2017.
- [8] Ghein L.D., *MPLS Fundamentals*, Cisco Press, Indianapolis, Indiana, USA, 2007.
- [9] Pepelnjak I., Guichard J., *MPLS and VPN architectures*, Cisco Press, Indianapolis, Indiana, USA 2002.
- [10] Mackiewicz R. E., Heights S., Overview of IEC 61850 and Benefits, in Proc. 2<sup>nd</sup> IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, Atlanta, Georgia, USA, pp. 623-630, 29.10-01.11 2006.  
<https://doi.org/10.1109/PSCE.2006.296392>
- [11] Socolofsky T., Kale C., A TCP/IP Tutorial, RFC 1180, IETF Network working group, January 1991. <https://doi.org/10.17487/RFC1180>
- [12] Mohagheghi S., Tournier J. C., Stoupis J., Guise L., Coste T., Andersen C. A., Dall J., Applications of IEC 61850 in distribution automation, in Proc. 4<sup>th</sup> IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, Phoenix, Arizona, USA, pp. 1-9, 20-23 May 2011.  
<https://doi.org/10.1109/PSCE.2011.5772491>
- [13] Liposchak R. and C15 Working group, IEEE Recommended Practice for Implementing an IEC 61850-Based Substation Communications, Protection, Monitoring, and Control System, in Proc. IEEE Power and Energy Society, IEEE Std 2030.100™-2017, New York, USA, 18 May 2017. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2017.7953513>
- [14] Babiarz J., Chan K., Baker F., *Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes*, RFC 4594, IETF Network working group, August 2006.  
[doi:10.17487/RFC4594](https://doi.org/10.17487/RFC4594)
- [15] Duke M., Braden R., Eddy W., Blanton E., Zimmermann A., A Roadmap for Transmission Control Protocol (TCP) Specification Documents, RFC 4614, IETF Network working group, February 2015.  
[doi:10.17487/RFC4614](https://doi.org/10.17487/RFC4614)
- [16] Mills D., Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI, RFC 4330, IETF Network working group, January 2006.  
[doi:10.17487/RFC4330](https://doi.org/10.17487/RFC4330)
- [17] Postel J., Internet Control Message Protocol, RFC 792, IETF Network working group, September 1981.  
[doi:10.17487/RFC0792](https://doi.org/10.17487/RFC0792)
- [18] Case J., Fedor M., Schoffstall M., Davin J., A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 1157, IETF Network Working Group, May 1990.  
[doi:10.17487/RFC1157](https://doi.org/10.17487/RFC1157)
- [19] Presuhn R., McCloghrie K., Rose M., Waldbusser S., Management Information Base (MIB) for the Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 3418, IETF Network Working Group, December 2002.  
[doi:10.17487/RFC3418](https://doi.org/10.17487/RFC3418)
- [20] Rentschler M., Heine H., The Parallel Redundancy Protocol for Industrial IP Networks, in Proc. 2013 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Cape Town, South Africa, 25-28 February 2013.  
<https://doi.org/10.1109/ICIT.2013.6505877>

## AUTORI/AUTHORS

**Ivan Vujović**, MSCEE, Ericsson AB Štokholm, dio stranog društva Podgorica, [ivanvu@t-com.me](mailto:ivanvu@t-com.me), ORCID [0000-0002-4108-6985](https://orcid.org/0000-0002-4108-6985)  
**Zoran Stojanović**, prof. Dr. Elektrotehnički Fakultet Univerziteta u Beogradu, [stojanovic@etf.rs](mailto:stojanovic@etf.rs), ORCID [0000-0003-2432-394X](https://orcid.org/0000-0003-2432-394X)  
**dr Željko Đurišić** - vanredni profesor, Elektrotehnički Fakultet Univerziteta u Beogradu, [djurisic@etf.rs](mailto:djurisic@etf.rs), ORCID [0000-0003-2048-0606](https://orcid.org/0000-0003-2048-0606)