

Marko Šašo, mag. ing. el. techn. inf.
HEP – Operator distribucijskog sustava
marko.saso@hep.hr

Marko Išlić, mag. ing. el. techn. inf.
Končar – Inženjering za energetiku i transport
marko.islic@koncar-ket.hr

Marijan Topolovec, struč. spec. ing. el.
HEP – Operator distribucijskog sustava
marijan.topolovec@hep.hr

INTERVENTNI POGON IZMEĐU HEP ODS-A I HEP PROIZVODNJE U 110/10(20) TS ELTO ZAGREB

SAŽETAK

U zagrebačkoj distribucijskoj SN mreži postoje korisnici mreže sa posebnim statusom koji se ne mogu napojiti iz drugih transformatorskih stanica, već samo iz 110/10(20) kV TS ELTO. Zbog mogućeg slučaja kvara standardnog napajanja transformatorske stanice (transformatori u 110/10(20)kV TS ELTO), izvedena je veza (kabel) između HEP ODS-a i HEP Proizvodnje čime se zadržava mogućnost napajanja krajnjih korisnika mreže. Problematika takvog spoja je u tome što napojni transformatori HEP Proizvodnje i HEP ODS-a imaju različite grupe spoja i različito uzemljena zvjezdišta. Dodatni problem je i sama topologija transformatorske stanice 110/10(20)kV ELTO kod koje je mjerno polje s kojeg se dobiva napon za usmjerenu zaštitu prije transformatorskih 10 (20) kV polja. Osmišljeno je automatsko rješenje kod kojih numerički releji zaštite veznih vodnih polja zaključuju koji je smjer energije tj. napaja li 110/10(20)kV TS ELTO HEP Proizvodnju ili obrnuto te automatski mijenjaju postavke zaštite numeričkih zaštitnih releja na poljima kritičnih kupaca.

Ključne riječi: interventni pogon; distribucijska mreža; zaštita; numerički uređaji zaštite

INTERVENTION OPERATION BETWEEN CROATIAN DSO AND GENERATION COMPANY IN SUBSTATION 110/10(20) TS ELTO ZAGREB

SUMMARY

There are some electrical energy consumers with privileged status that can be energized only from substation 110/10(20) kV TS ELTO in medium voltage grid of Zagreb area. Because of the possible fault occurrence on the standard substation's source of energy (transformers), cable junction between the substation and the nearby power plant is derived in order to retain possibility to feed privileged consumers. Problem of this junction is in the fact that the transformers of the distribution system operator and generation company have different vector groups and different way of grounding star point on seconder. Another problem of the substation is in the fact that the measuring bay is placed between transformer and transformer bays. In this paper, the solution of this problem is presented. It is in the special configuration of numerical relays which automatically detect direction of the energy flow and according to that change the parameter sets of own bays.

Key words: intervention operation, distribution grid, power protection, numerical protection relay

1. UVOD

Razvoj distribucijske mreže grada Zagreba uključuje napuštanje 30kV naponske razine i zamjenu 10kV postojeće naponske razine s 20 kV naponskom razinom. Projekt rekonstrukcije 110/10(20)kV TS ELTO obuhvaća zamjenu starog i proširenje novim 10(20)kV postrojenjem na mjestu gdje se nalazilo napušteno 30kV, zamjenu postojećeg postrojenja 10 kV novim te ugradnja novog energetskog transformatora T3 110/10(20)kV, nazivne snage 40MVA na platou ispred zgrade transformatorske stanice.

Predmet energetskog dijela projekta rekonstrukcije 110/10(20)kV TS ELTO je sljedeće:

- Ugradnja dva reda sklopnih blokova na katu zgrade: jednog reda od 38 polja na mjestu starog 30kV postrojenja i drugog reda od 38 polja na mjestu demontiranih starih 10kV polja. Ugrađuju se tvornički dogotovljeni 10(20)kV sklopni blokovi tipa KSMV [1], proizvodnje „Končar EASN“ te izvodi pripadajuće kabelsko povezivanje.
- Ugradnja dovodnih mjernih transformatorskih polja u prizemlju zgrade te kabelsko povezivanje sa novim energetskim transformatorom T3 i kabelsko povezivanje sa postojećim energetskim transformatorima T1 i T2.
- Ugradnja energetskog transformatora T3 i pripadnih konzola na sanirane temelje u uljnu kadu.
- U zasebnom prostoru u prizemlju zgrade ugrađuje se vatrodojavna centrala na koju se spajaju novi javljači požara u zgradi sredjenaponskog (SN) postrojenja i javljači požara na novom transformatoru T3, a na koju se prespajaju i postojeći javljači požara sa transformatora T1 i T2.
- Ugradnja ormara preklopnika i opće signalizacije u komandnoj prostoriji na katu zgrade i povezivanje novih sklopnih blokova na sustav daljinskog vođenja (SDV).
- Ugradnja ormarića optičkih razdjelnika u prostoriji postrojenja 10(20)kV te komunikacijsko povezivanje sa terminalima polja novih 10(20)kV sklopnih blokova i sa ormarom preklopnika i opće signalizacije X2.

2. NORMALNI I INTERVENTNI POGON

Postrojenje 110/10(20)kV TS ELTO najveće je distribucijsko postrojenje DP-a Zagreb, sa ukupno instalirana tri energetska transformatora od 40MVA svaki te 76 SN vodnih polja 10(20)kV. Napajanje transformatorske stanice na 110kV strani izvedeno je dvostruko, sa dvije napojne točke. Dva 110kV kabelska voda napajaju 110kV sabirnicu 110/10(20)kV TS ELTO iz 110/30kV TS Jarun i 110/30kV TS TETO.

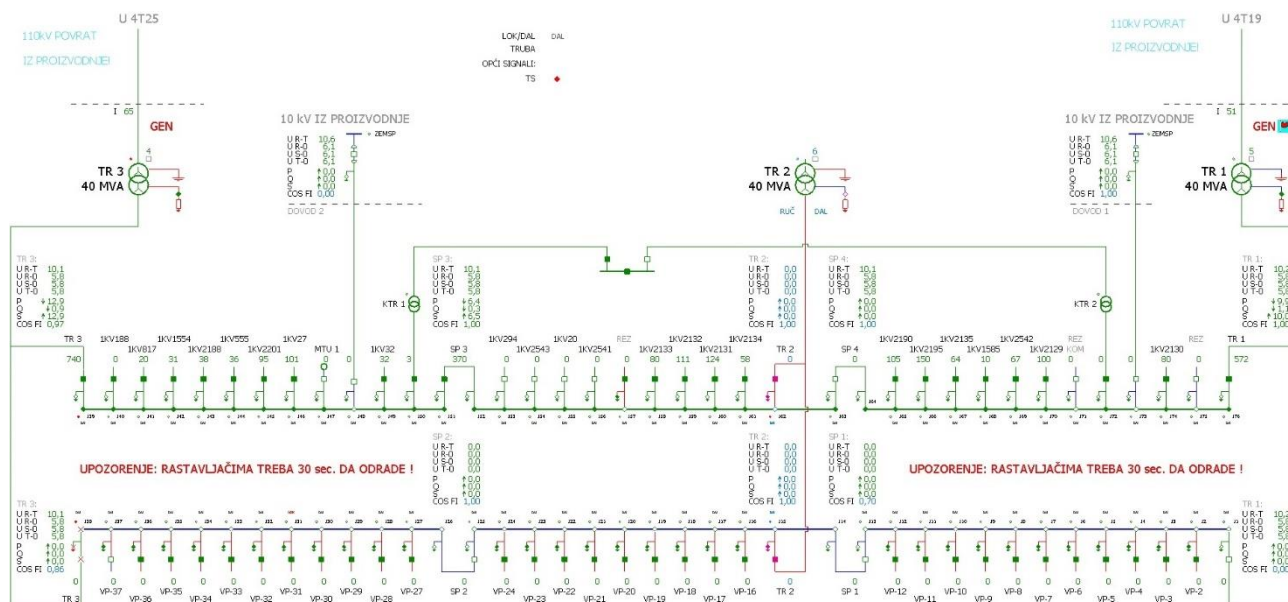
Upravljanje i nadzor postrojenjem vrši se daljinski, iz Distribucijskog Dispečerskog Centra (DDC) Sjever u Zagrebu. Sklopne manipulacije u postrojenju obavlja pogonska operativa Elektre Zagreb, na nalog dispečera DDC-a Sjever. SN vodna polja podijeljena su u 6 sekcija, međusobno razdvojena sa 4 sekcijskih polja, a napajana sa 6 transformatorska polja.

10(20)kV omrežje 110/10(20)kV TS ELTO isključivo je kabelskog tipa. Mreža je isključivo prstenastog tipa te svi korisnici mreže na 10(20)kV naponskom nivou za redovnog pogona imaju ispunjen kriterij N-1. Problem rezervnog napajanja pojedinih korisnika mreže leži u tome što se pojedini 10(20)kV prstenasti vodovi zatvaraju unutar same 110/10(20)kV TS ELTO.

Iako na potpuno različitim sekcijama i energetskim transformatorima, javlja se problem rezervnog napajanja u slučaju kvara na energetskim transformatorima. Za takav krajnji slučaj kvara razvila se opcija interventnog napajanja dijela sredjenaponske mreže iz postrojenja HEP Proizvodnje. Time bi krajnje korisnike mreže koji nemaju mogućnost napajanja iz drugih 110/10kV i 30/10kV postrojenja mogli napojiti iz interne mreže HEP Proizvodnje. Za takav slučaj pripremljena su dva vodna polja na dijametralno suprotnim SN sabirnicama, koji imaju kabelsku vezu prema postrojenju HEP Proizvodnje. Njima je moguće napojiti vodna polja distribucijske sredjenaponske mreže što se može vidjeti na slici 1.

Rad opisuje način integriranja i podešenja relejne zaštite vodnih polja 10(20)kV za koje je utvrđeno da se u krajnjoj nuždi mogu napojiti iz HEP Proizvodnje te vodna polja preko kojih se odvija razmjena energije s HEP Proizvodnjom.

4TS9 ZAGORSKA 110/10 kV



Slika 1. SCADA sustav u DDC-u Sjever (Zagreb) – jednopolna shema

3. SUSTAV ZAŠTITE I UPRAVLJANJA

Kao i u većini modernih transformatorskih stanica, osim sustava zaštite, postoji sustav lokalnog i daljinskog upravljanja. Sustav upravljanja podijeljen je u hijerarhijske razine, od kojih je s najvećim prioritetom ona najniža.

3.1. Arhitektura sustava zaštite i upravljanja

Srednjenaponsko postrojenje HEP ODS-a čine metalom oklopljeni, plinom SF₆ izolirani, kompaktni sklopni moduli, proizvođača Končar, tipa KSMV24. Funkcije lokalnog upravljanja i zaštite na srednjenaponskom postrojenju obuhvaćene su u numeričkim relejima (terminalima polja) ugrađenim u srednjenaponske blokove u transformatorskoj stanici. U ovom projektu su korišteni uređaji proizvođača Schneider Electric tipa P139 [3]. U projektu su noviji uređaji integrirani s uređajima istog tipa, a različitih godina proizvodnje tj. različite programske podrške (*engl. Firmware*).

Sustav upravljanja srednjenaponskog postrojenja je projektiran i izveden tako da je uzemljivačima moguće upravljati samo s jednog mjesta – s upravljačkog panela na samom srednjenaponskom bloku. Time je nemoguće upravljati uzemljivačem bez vizualne potvrde završetka upravljačke operacije. Prekidačima i rastavljivačima moguće je upravljati s četiri upravljačke hijerarhijske razine gdje najveći prioritet (prednost) ima razina bliža primarnoj opremi što se može vidjeti u tablici I.

Tablica I. Hijerarhijske razine upravljanja u TS

Prioritet	Hijerarhijska razina upravljanja
↑	Upravljački panel na SN bloku
	Terminal polja
	SCADA sustav u TS
	Dispečerski distributivni centar

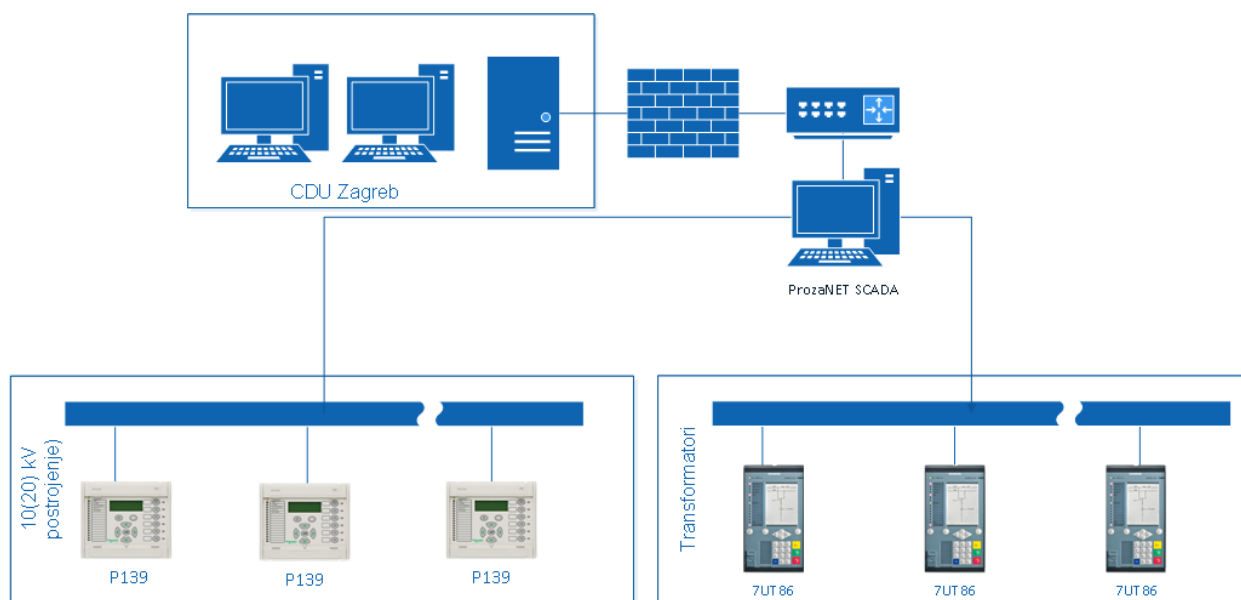
Upravljanje prekidačem na visokonaponskoj strani transformatora je, do završetka zadnje faze projekta, moguće samo od strane HOPS-a. Načelo razgraničenja između HEP ODS-a i HOPS-a je da je prekidač na 110 kV strani transformatora HOPS-ovo vlasništvo, a upravljanje je u HEP ODS-ovoj nadležnosti. To je izvedeno na način da HEP ODS-ov nalog za uklapanje prekidača prolazi kroz logiku HOPS-ove upravljačke jedinice, dok kod isklapanja HEP ODS ima direktnu žičanu vezu s isklonim svicima.

U normalnom pogonu elektrana napaja svoj dio postrojenja dok se potrošnja operatora distribucijskog sustava pokriva napajanjem sa sekundarnih namota raspoloživih transformatora. Vjerojatnost interventnog pogona je mala, ali je predviđen zbog rekonstrukcije HOPS-ovog 110 kV plinom izoliranog postrojenja preko kojeg se transformatorska stanica inače napaja.

Tijekom rekonstrukcije HOPS-ovog postrojenja transformatorska stanica se napaja provizornim spojem. Provizorni spoj je izveden s dvije 110kV kabelaške veze iz transformatorskih stanica TS Jarun i TS Trpimirova preko kojih se napajaju dva od tri transformatora u 110/10(20)kV TS ELTO.

U provizornom pogonu se na isklupe djeluje preko telekomunikacijske zaštitne sheme (*engl. teleprotection*) koristeći optičku komunikacijsku infrastrukturu među transformatorskim stanicama kao privremeno rješenje.

Visokonaponski dio postrojenja (3 transformatora 110/20(10) kV) štite se svaki s po tri releja zaštite. Svi releji su od proizvođača Siemens. Dva od tri releja su klasični numerički releji najnovije serije SIPROTEC 5 i to 7UT86 i 7SJ82 [4][5]. 7UT86 je relej namijenjen za zaštitu transformatora s diferencijalnom zaštitom (87T i 87N) kao osnovnim zaštitama, dok 7SJ82 služi za zaštitu zvjezdišta srednjenaponskog namota transformatora koje je uzemljeno preko malog otpora. Kao pričuvna zaštita, koja je aktivna u slučaju nestanka istosmjernog napajanja numeričkih releja, ugrađen je statički zaštitni relej 7SJ45.



Slika 2. Sustav upravljanja i zaštite

Terminali polja su optičkom vezom preko razdjelnika i preklopnika povezani u lokalnu mrežu. U istoj mreži nalazi se i zaštita transformatora koja je žičanom mrežom spojena u istu mrežu. Takva mreža je nužna komunikacijska infrastruktura kojom sustav daljinskog vođenja komunicira s terminalima polja i zaštitnim uređajima transformatora. Potpuni sustav zaštite i upravljanja blokovski je prikazan na slici 2.

U komunikaciji terminala polja i SCADA sustava u transformatorskoj stanici korišten je komunikacijski protokol IEC61850, dok SCADA sustav u trafostanici i SCADA sustav u DDC Sjever podatke izmjenjuju komunikacijskim protokolom IEC 60870-5-104. SCADA sustav u transformatorskoj stanici je Končar ProzaNet [2]. Prikaz srednjenaponskog dijela postrojenja na takvom sustavu može se vidjeti na slici 3.



Slika 3. ProzaNet SCADA sustav u TS ELTO Zagreb – jednopolna shema

3.2. Specifičnosti sustava zaštite

Srednjenaponsko postrojenje HEP ODS-a je izvedeno tako da je mjerno polje smješteno između transformatora i 20kV sabirnica, dok je u HEP Proizvodnji mjerno polje na sabirnicama. Transformatori spojeni na spomenute sabirnice imaju različite vektorske grupe Yy0 (HEP ODS) i Yd5 (HEP Proizvodnja). Dodatan problem je razlika u nazivnim naponima između sabirnica SN postrojenja i sabirnica u elektrani. SN postrojenje ima nazivni napon od 10 kV, dok je na sabirnicama u elektrani prisutan napon od 10,5 kV.

Zbog spomenutih okolnosti bilo je potrebno terminal polja konfigurirati tako da prepozna smjerove energije i ovisno o tom smjeru prebacuje svoju grupu podešenja i grupu podešenja zaštite vodova koji napajaju potrošače s posebnim statusom. Međusobna komunikacija između terminala polja odvija se žičanom poveznicom binarnog izlaza terminala polja i binarnih ulaza na terminalima polja u poljima koja napajaju potrošače s posebnim statusom.

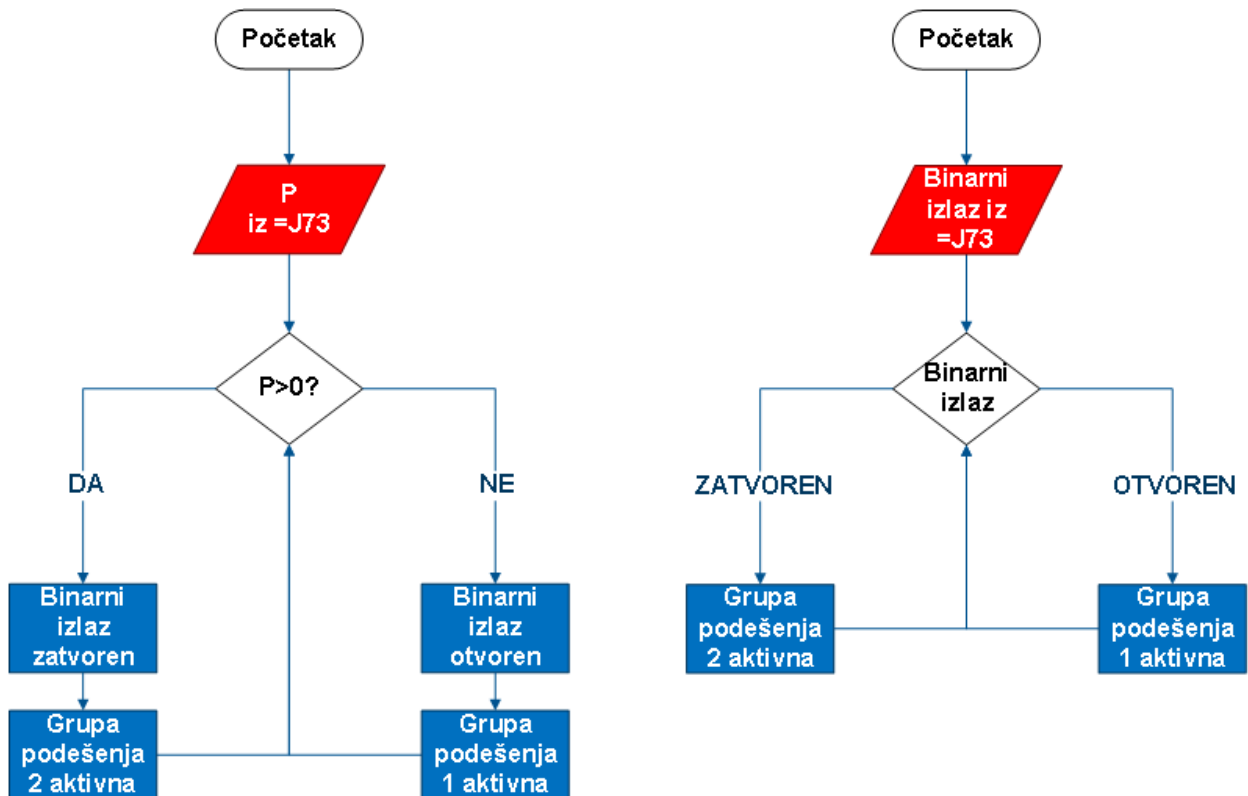
$$\text{Smjer energije} = \begin{cases} P > 0, & \text{iz ODSa prema Proizvodnji} \\ P < 0, & \text{iz Proizvodnje prema ODSu} \end{cases}$$

U slučaju kvara na transformatorima HEP ODS-a ili HEP Proizvodnje, prelazi se na interventni pogon preko provizornog spoja. Tada je na terminalima polja tj. numeričkim zaštitnim relejima koji napajaju potrošače s posebnim statusom potrebno promijeniti podešenja usmjerene zemljospojne zaštite s obzirom na drugačiji način uzemljenja zvjezdlišta sekundara transformatora koji napajaju srednjenaponsku sabirnicu. Takav postupak slikovito je prikazan na slici 4.

$$\text{Kriterij } 67N_s = \begin{cases} \text{iz ODSa prema Proizvodnji}, & \cos \varphi \\ \text{iz Proizvodnje prema ODSu}, & \sin \varphi \end{cases}$$

Osim promjene podešenja potrebno je na naponskim ulazima spomenutih releja prebaciti napon s naponskog transformatora sabirnice s koje se taj vod napaja. Taj problem je riješen povezivanjem preklopnog (pomoćnog) releja s binarnim izlazom koji, ovisno o stanju toka energije, prebacuje nulte

napone sa sekundarnog namota naponskih transformatora na SN sabirnicama na one sa sabirnice iz elektrane i obrnuto.



Slika 4. Dijagram toka djelovanja terminala polja u =J73 (lijevo) i terminala polja na vodnim poljima važnijih potrošača (desno)

4. ZAKLJUČAK

Ukoliko je nemoguće napajati distribucijsku mrežu zapadnog dijela Zagreba tijekom ispada transformatora koji provizorno napajaju distribucijsku mrežu (samo tijekom rekonstrukcije 110 kV dijela postrojenja), zamišljen je prijelaz na interventni pogon. Tijekom takvog pogona, srednjenaponsko postrojenje se napaja direktno iz elektrane ELTO Zagreb preko dva polja. Zbog ograničene snage kojom postrojenje može biti napajano, tom energijom napajati će se samo potrošači s posebnim statusom.

Zbog različitih grupa spojeva i prostornog razmještaja naponskih transformatora, osmišljena je automatski algoritam koji pomoću numeričkih releja zaštite i pomoćnih releja, ovisno o smjeru energije između transformatorske stanice i elektrane, mijenja grupe podešenja i na naponske ulaze releja dovodi sekundarnu vrijednost nulte komponente napona s naponskog transformatora sabirnice s koje se potrošači s posebnim uvjetima napajaju.

U radu je prikazano rješenje koji je projektirano, izvedeno ispitano i pušten u pogon od strane specijalista zaštite i upravljanja HEP ODS-a i Končar KET-a, specijalista za vođenje HEP ODS-a, projektantskog društva RAVEL.

Zadatak operatora distribucijskog sustava je pouzdana neprekidna distribucija električne energije svim kupcima neovisno o stanju u distribucijskoj mreži koja je ovim rješenjem dodatno osigurana

5. LITERATURA

- [1] Končar Metalom oklopljeni, plinom SF6 izolirani KOMPAKTNI SKLOPNI MODULI serije KSMV 24, KSMV 38 katalog, siječanj 2018.
- [2] Končar PROZA NET Technical description v2.0, siječanj 2014.
- [3] MiCOM P139 Feeder Management and Bay Control P139/EN M/R-21-A Version P139 -313 - 420/421/422 -651 Technical Manual
- [4] SIPROTEC 5 Transformer Differential Protection 7UT82, 7UT85, 7UT86,7UT87 V8.01 and higher Manual, prosinac 2019.
- [5] SIPROTEC 5 Overcurrent Protection 7SJ82/7SJ85 V8.01 and higher Manual, prosinac 2019.