

Igor Volarić, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o. – Elektroprimorje Rijeka
igor.volaric@hep.hr

Davor Gašparović, bacc. inf.
HEP – ODS d.o.o. – Elektroprimorje Rijeka
davor.gasparovicelektroprimorje@hep.hr

Darko Kruljac, ing. el.
HEP – ODS d.o.o. – Elektroprimorje Rijeka
darko.kruljac@hep.hr

TEHNIČKA RJEŠENJA UPRAVLJANJA SUSRETNIM POSTROJENJEM S ELEKTRANOM

SAŽETAK

U 2015 godini na području pogona Skrad u SDV Elektroprimorja Rijeka uvela se TS Kogeneracija Tršće, koja predstavlja susretno postrojenje prema kogeneracijskoj energiji na drvenu biomasu instalirane snage 1 MW. Zbog visokog udjela nadzemnih vodova, predmetni konzum karakterizira veliki broj prolaznih i trajnih kvarova. S ciljem omogućavanja što veće raspoloživosti mreže prema elektrani, u konkretnoj TS uvedeno je upravljanje po dubini mreže.

Izazov je predstavljala prilagodba postojećeg SN bloka zamišljenom modelu upravljanja, te konfiguriranje i parametrisiranje releja zaštite u sustavu mreža – elektrana.

U članku se također opisuje i predviđeno buduće stanje koje će predviđati paralelni pogon distributivne mreže i dviju malih elektrana.

Ključne riječi: SN mreža, zaštita, elektrana, upravljanje, raspoloživost

TECHNICAL SOLUTIONS FOR DISTRIBUTION STATIONS CONNECTED TO POWER PLANT

SUMMARY

In 2015 on a distribution area of Skrad a new distribution station was introduced to the in SCADA of Elektroprimorje Rijeka. The importance of the concerned station is that it represents a connection point to the biomass power plant with installed power of 1 MW. Due to the big part of overhead lines, that particular feeder area is known for a great number of transient and permanent faults. In order to secure the maximum availability of the 20 kV network, some elements of smart grid solutions were used.

The challenge was to modify the existing MV switchgear to the desired model of control, and to configure and set the IED's.

In this article it is also described the future parallel operation of the distribution grid and two power plants.

Key words: MV network, protection, power plant, control, availability

1. UVOD

U mjestu Tršće u općini Čabar tijekom 2015 i 2016 godine planira se izgradnja kogeneracijske energane na biomasu. Planirani dovršetak izgradnje predmetne elektrane jest u prvoj polovici 2016 godine.

Predmetna energana je namijenjena za proizvodnju električne i toplinske energije. U konačnici, sukladno prethodnoj elektroenergetskoj suglasnosti, priključna snaga energane u proizvodnji električne energije će iznositi 990 kW, dok će potrošnja električne energije iznositi 235 kW. Za potrebe priključka energane na 20 kV distributivnu mrežu, Korisnik je izgradio transformatorsku stanicu u koju su ugrađena dva energetska transformatora snage 1000 kVA, te 20 kV sklopno postrojenje. Električna energija će se proizvoditi na 0,4 kV naponskoj razini iz tri 3-fazna sinkrona generatora snage 450 kW, 450 kW i 350 kW.

Operator distribucijskog sustava, Elektroprimorje Rijeka je za potrebe prihvata proizvedene električne energije iz energane Tršće izgradio susretno postrojenje – distributivnu transformatorsku stanicu TS 20/0,4 kV Energana Tršće. Konceptualno predmetna TS se sastoji iz sljedećih cjelina:

- energetska transformator snage 160 kVA
- 0,4 kV sklopni blok
- 20 kV sklopni blok
- ormar daljinskog vođenja

2. NAPAJANJE TRANSFORMATORSKE STANICE

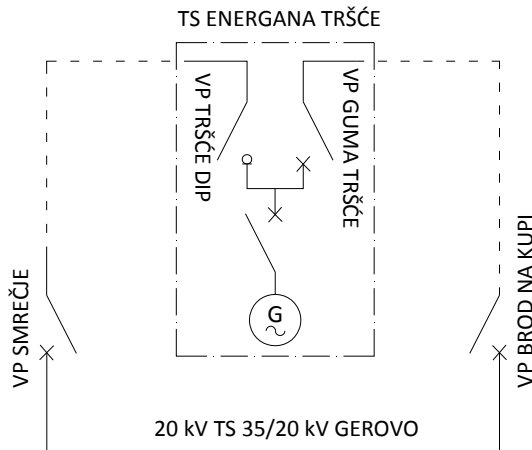
TS Energana Tršće nalazi se u 20 kV konzumu napojne TS 35/20 kV Gerovo. U predmetnoj TS ugrađena su dva energetska transformatora snage 4 MVA. 20 kV sabirnice izvedene su u dvije sekcije sa sljedećim rasporedom vodnih polja (VP) po sekcijama:

- 20 kV sekcija 1: =C7 VP Hrib, =C8 VP **Brod na Kupi**, =C10 VP Krep papir Gerovo,
- 20 kV sekcija 2: =C11 VP **Smrečje**, =C15 VP Gerovo 1

U normalnom pogonsku stanju energetska transformatori rade u paraleli. Potreba za paralelnim pogonom ne proizlazi iz vršnog opterećenja predmetne TS, već radi „kompenzacije“ visoke kapacitivne jalove energije koja je rezultat relativno velikog udjela kablaskih vodova u 20 kV mreži Gorskog kotara.

20 kV mreža TS 35/20 kV Gerovo radi u uvjetima uzemljenog zvjezdišta preko maloohmskog otpornika. Ugrađen je otpornik $R_n=80\Omega$ (za $U_n=12$ kV) čime je radna komponenta struje jednopolnog kratkog spoja, tj struja kroz maloohmski otpornik ograničena na cca 150 A.

U normalnom uklopnom stanju TS Energana Tršće napaja se preko 20 kV VP Smrečje, dok u (n-1) uklopnom stanju se napaja preko 20 kV VP Brod na Kupi. Predmetna TS spaja se na postojeću 20 kV mrežu u formi „ulaz – izlaz“ između TS Tršće DIP (veza prema TS Gerovo) i TS Guma Tršće (veza prema VP Brod na Kupi).



Slika 1. Blok shema napajanja TS Energana Tršće

Ono što karakterizira 20 kV VP Smrečje jest veliki udio nadzemnih vodova 58%, dok je udio kablenskog dijela 42%. Posljedično, predmetno VP karakterizira veliki broj prolaznih i trajnih kvarova. Kao što je rečeno u (n-1) uklopnom stanju TS Energana Tršće se napaja preko 20 kV VP Brod na Kupi. Zbog havarije u Groskom kotaru 2013 godine, u Kupskoj dolini, veliki broj nadzemnih vodova je kabliran, te je situacija na predmetnom 20 kV VP znatno bolje s aspekta prolaznih i trajnih kvarova. Broj i karakter kvarova na predmetnim vodnim poljima, tijekom 2015 godine prikazan je u tablici I.

Tablica I. Broj i karakter kvarova na VP Smrečje i VP Brod na Kupi

		$I>, I>>$	$I_{o>}, I_{o>usmj}$
VP Smrečje	Prolazni kvar	29	10
	Trajni kvar	1	-
VP Brod na Kupi	Prolazni kvar	8	15
	Trajni kvar	-	-

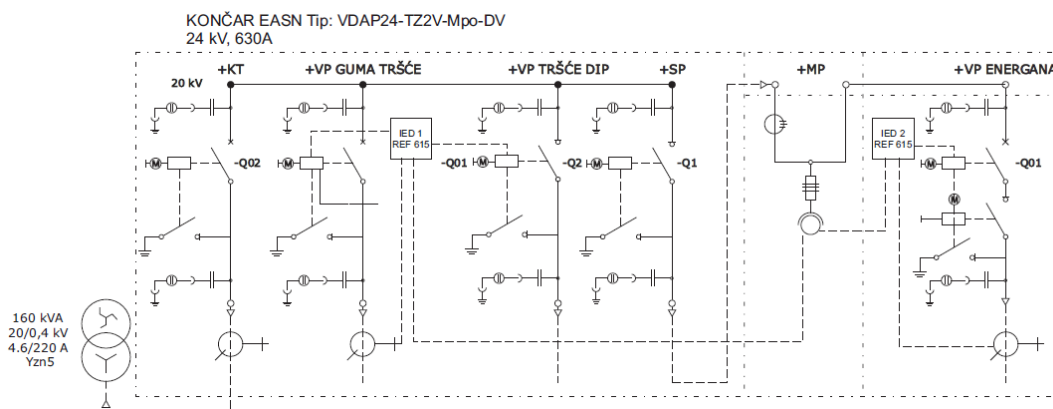
Posebnost 20 kV VP Brod na Kupi očituje se u tome što je na predmetnom VP priključena MHE Čabranka snage 1000 kW.

3. PRIKLJUČAK, ZAŠTITA, UPRAVLJANJE I SIGNALIZACIJA U TS ENERGAN TRŠĆE

U TS Energana Tršće ugrađeno je 20 kV sklopno postrojenje koje se sastoji iz dva vodna polja, jednog trafo polja, jednog spojnog polja, jednog mjernog polja te jednog polja za priključak energane. Vodna polja su opremljena tropoložajnom rastavnom sklopkom sa zemljospojnikom, trafo polje i spojno polje su opremljeni prekidačem i zemljospojnikom, dok je polje za priključak energane opremljeno prekidačem i tropoložajnom rastavnom sklopkom sa zemljospojnikom. Konkretno radi se o sklopnom bloku tipa VDAP24-TZ2V-Mpo-DV, proizvođača Končar koje je opremljeno za daljinsko upravljanje (48 Vdc). Povezivanje blokova izvedeno je vanjskim oklopljenim sabirnicama istoga proizvođača.

Uzimajući u obzir veliki broj kvarova na 20 kV VP Smrečje, te s ciljem osiguranja što veće raspoloživosti distributivne mreže za prihvati proizvedene energije iz energane, Elektroprimorje Rijeka odlučilo se primijeniti koncept upravljanja „po dubini mreže“ Predmetni koncept u ovom konkretnom slučaju odnosi se na ugradnju električne zaštite na 20 kV vodna polja. Ugradnja električne zaštite posljedično podrazumijeva i djelovanje iste na izvršni element – prekidač.

S obzirom da je ugrađeno 20 kV sklopno postrojenje u modulima VP opremljeno s tropoložajnom rastavnom sklopkom sa zemljospojnikom, odlučilo se pristupiti prenamjeni, odnosno reorganizaciji rasporeda polja. Slijedom toga modul spojnog polje je postao VP Guma Tršće, dok je postojeći modul VP postao spojno polje. Da bi se to izvršilo bilo je potrebno demontirati sabirničku vezu između spojnog i mjernog polja. Novo formirano spojno polje u modulu VP je kabelom tipa NA2XS(F)2Y 3x(1x150 mm²) povezano na merno polje, dok je kabel tipa NA2XS(F)2Y 3x(1x185 mm²) iz TS Guma Tršće spojen u novo formirano VP u modulu spojnog polja. Bitan detalj koji je omogućio predmetna prespajanja jest taj da ugrađeni 20 kV sklopni blok ima izvedene kabelske utičnice tipa C prema DIN 47636, što je omogućilo spajanje kabela predmetnih presjeka. Za potrebe mjerenja struje na VP Guma Tršće ugrađeni su i obuhvatni strujni mjerni transformatori. Jednopolna shema 20 kV sklopnog postrojenja prikazana je slikom 2.



Slika 2. Jednopolna shema 20 kV postrojenja TS Energana Tršće

Nakon što su se ostvarili uvjeti s aspekta primarne opreme, pristupilo se definiranju uvjeta na sekundarnu opremu unutar TS Energana Tršće. S obzirom na važnost predmetnog postrojenja u 20 kv mreži, te s obzirom da isto predstavlja i susretno postrojenje s elektranom na 20 kV, bilo je nužno potrebno predmetnu TS uvesti u sustav daljinskog vođenja Elektroprimorja Rijeka. Za tu svrhu ugrađen je ormar daljinskog vođenja u koji su se ugradila dva numerička terminala polja tipa REF 615, proizvođača ABB, KKU proizvođača Končar, te prateća sekundarna oprema (48 Vdc napajanje, pomoćni releji itd.). U jednom terminalu implementirale su se električne zaštite koje djeluju na prekidač u polju za priključak energane, dok su se u drugom terminalu implementirale električne zaštite koje djeluju na prekidač u VP Guma Tršće i na rastavljač u VP Tršće DIP. Strujni mjerni transformatori mjerodavni za terminal polja koji upravlja vodnim poljima ugrađuju se u VP Guma Tršće.

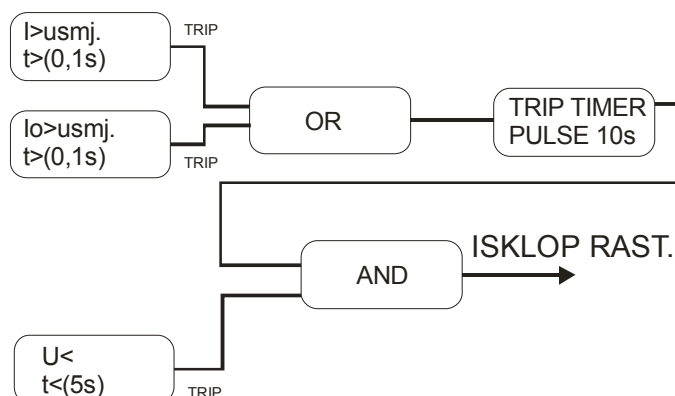
S obzirom da se na VP Tršće DIP nalazi rastavna sklopka, a ne prekidač, upravljačka i zaštitna konfiguracija terminala polja koji upravlja predmetnom rastavnom sklopkom, te prekidačem u VP Guma je specifična. Kao što je ranije navedeno, predmetna TS je spojena u 20 kv mrežu u formi „ulaz – izlaz“, te se bez obzira na rastavljač u VP Tršće DIP htjela postići određena autonomija upravljanja stanjima rastavnih elemenata za oba moguća smjera napajanja iz mrežnog izvora. Dakle u slučaju kvara između TS Gerovo i TS Energana Tršće, pri čemu se predmetna TS napaja preko VP Brod na Kupi, želi se postići da se kvara dionica isključi u TS Energana Tršće prema TS Gerovo, te uspostavi napajanje u preostalom dijelu mreže. Konkretno to je značilo da se isklon rastavljača u VP Tršće DIP može izvršiti tek onda kad nema prisutnog napona, a to se ostvaruje kad terminal polja isključi prekidač na VP Guma Tršće u TS Energana Tršće te kada se isključi sama energane Tršće, bilo u energani ili u rezervnom stupnju na prekidaču za odvajanje u TS Energana Tršće. Nakon isteka beznaponske pauze, terminal polja uključuje prekidač u VP Guma Tršće te se dovodi napon na 20 kv sabirnice TS Energana Tršće.

Da bi se postigla opisana funkcionalnost u terminalu polja koji upravlja sa gore navedena dva VP-a u TS Energana Tršće implementirani su funkcijski zaštitni blokovi i to na način da na VP Tršće DIP gdje je ugrađen rastavljač djeluju usmjerena prekostrujna i usmjerena zemljospojna zaštita dok na prekidač na VP Guma Tršće djeluju neusmjerena prekostrujna i neusmjerena zemljospojna zaštita. Usmjerena prekostrujna i zemljospojna zaštita na VP Tršće DIP ima usmjerenje prema sabirnicama.

Tablica II. Zaštitne funkcije na terminalu polja vodnih polja u TS Energana Tršće

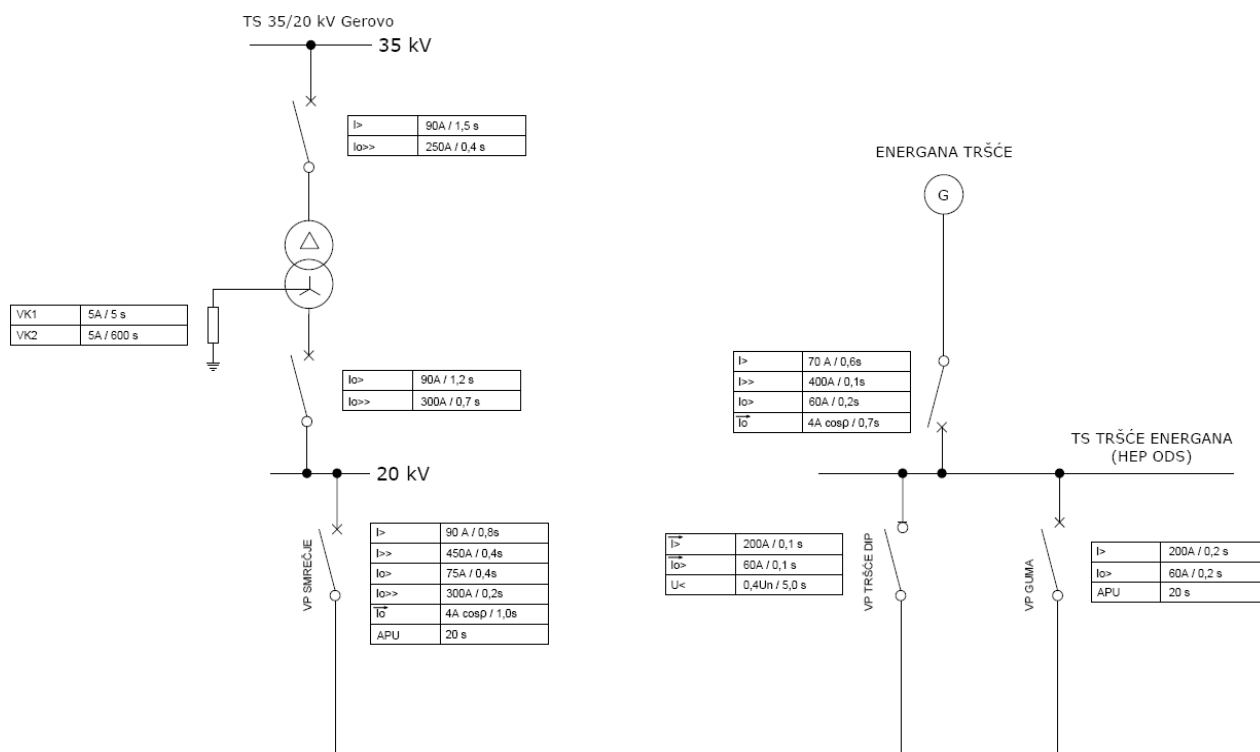
	Zaštitna funkcija	Usmjerenje	APU
VP Guma tršće	$I >, I_o >$	-	20 s
VP Tršće DIP	$I >_{usmj}, I_o >_{usmj}$	prema sabirnicama (reverse)	-

Iz navedenoga slijedi da za sve struje kvara koje prelaze prag proradne vrijednosti reagira prekidač u VP Guma Tršće, dok za isklon rastavljača osim „smjera“ struje mora biti zadovoljen i uvjet da nema napona na 20 kv sabirnicama u TS Energana Tršće. Detekcija „bez-napona“ izvedena je na način da se varijabla prorade podnaponske zaštite koristi kako dodatni uvjet za isključenje rastavljača. Da bi sve funkcioniralo potrebno je još i sinkronizirati vremena postojanja određenih signala odnosno varijabli. Cijela funkcionalna shema i vremena zatezanja su vidljiva iz slike 3.



Slika 3. Funkcionalna shema upravljanja rastavljačem u VP Guma Tršće

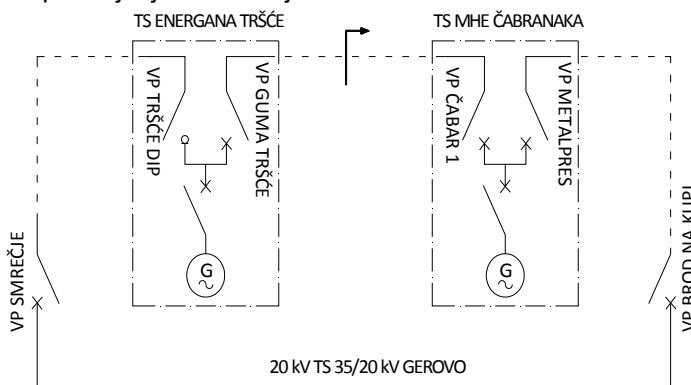
Kroz redovitu analizu kvarova i pogona u 20 kV konzumu TS Gerovo došlo se do zaključka da je minimalna struja zabilježenog kratkog spoja na VP Smrečje iznosila cca 480 A, dok je maksimalno opterećenje predmetnog izvoda iznosilo cca 30 A. Uzimajući u obzir predmetne podatke preeliminarno podešenje u sustavu mreža – elektrana podešeno je prema slici 4. Predmetna podešenja potvrđena su Elabortom podešenja zaštite za energanu Tršće.



Slika 4. Prikaz podešenja zaštite.

4. PLANIRANI PARALELNI POGON DVIJU ENERGENA

Kao što je navedeno u prethodnim poglavljima na VP Brod na Kupi iz TS Gerovo priključena je MHE Čabrana. Predmetna elektrana se u skorije vrijeme planira rekonstruirati, uslijed čega će se rekonstruirati i 20 kV susretno postrojenje distribucije.



Slika 5. Blok shema napajanja TS Energana Tršće

Planira se ugraditi 20 kV sklopno postrojenje koje će se sastojati iz dva vodna polja, jednog trafo polja, jednog spojnog polja, jednog mjernog polja te jednog polja za priključak energane. Vodna polja, trafo polje i polje priključka elektrane će se opremiti prekidačem i tropoložajnom rastavnom sklopkom sa zemljospojnikom, dok će se spojno polje opremiti tropoložajnom rastavnom sklopkom sa zemljospojnikom.

Predmetna TS će se također uvesti u sustav daljinskog vođenja Elektroprimorja Rijeka. U sklopu ormara daljinskog vođenja planira se ugradnja dvaju numeričkih terminala polja, pri čemu će jedan terminal djelovati na prekidač u polju za priključak elektrane, a drugi na prekidače u vodnim poljima. Strujni mjerni transformatori mjerodavni za terminal polja koji će djelovati na vodna polja ugraditi će se u VP Čabar 1. Na terminalu polja vodnih polja implementirati će se zaštitne funkcije prikazane tablicom III.

Tablica III. Zaštitne funkcije na terminalu polja vodnih polja u TS MHE Čabranka

	Zaštitna funkcija	Usmjerenje	APU
VP Čabar 1	$I>_{usmj}, Io>_{usmj}$	od sabirnica (forward)	20 s
VP Metalpres	$I>_{usmj}, Io>_{usmj}$	prema sabirnicama (reverse)	-

Slikom 5 prikazana je planirana principna blok shema 20 kV napajanja dviju energana u konzumu TS Gerovo. Po okončanju rekonstrukcije susretnog postrojenja u TS MHE Čabranka planira se uspostava paralelnog pogona dvoje vodnih polja, VP Smrečje i VP Brod na Kupi umjesto dosadašnjeg radijalnog pogona. U TS Gerovo na predmetnim vodnim poljima ugrađeni su numerički terminali polja, te su aktivirane zaštitne funkcije prikazane tablicom IV.

Tablica IV. Zaštitne funkcije na terminalima vodnih polja u TS Gerovo

	Zaštitna funkcija	Usmjerenje	APU
VP Smrečje	$I>_{usmj}, I>>_{usmj}, Io>_{usmj}, Io>>, Io>_{cosp}$	od sabirnica (forward)	20 s
VP Brod na Kupi	$I>_{usmj}, I>>_{usmj}, Io>_{usmj}, Io>>, Io>_{cosp}$	od sabirnica (forward)	20 s

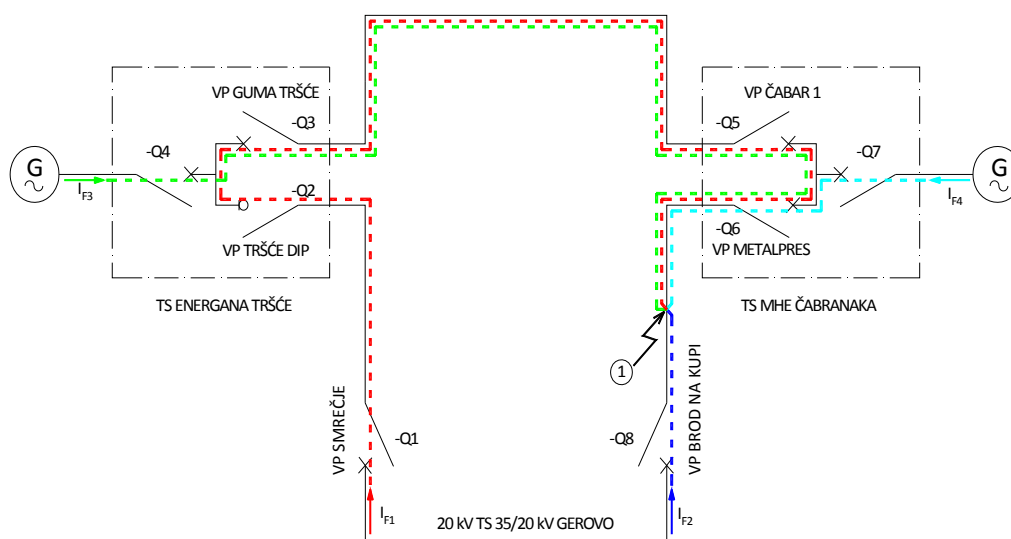
Implementacijom dosada opisanih zaštitnih funkcija na svim sastavnicama sustava energane – mreža postiže se svojevrsno „automatsko“ upravljanje uklopnim stanjima rastavnih elemenata u promatranom dijelu mreže u slučaju kvara, što za cilj ima omogućiti čim veću raspoloživost distributivne mreže za prihvrat proizvedene električne energije iz priključenih energana.

Kao što je poznato iz teorije o paralelnom pogonu energetske vodova, u slučaju kvara na bilo kojem od upetljenih vodova, struje kvara će teći kroz oba vodna polja, pri čemu će raspodjela struje kvara ovisiti o naponu, impedanciji mreže, impedanciji voda te o udaljenosti mjesta kvara od 20 kV sabirnica TS Gerovo i generatora.

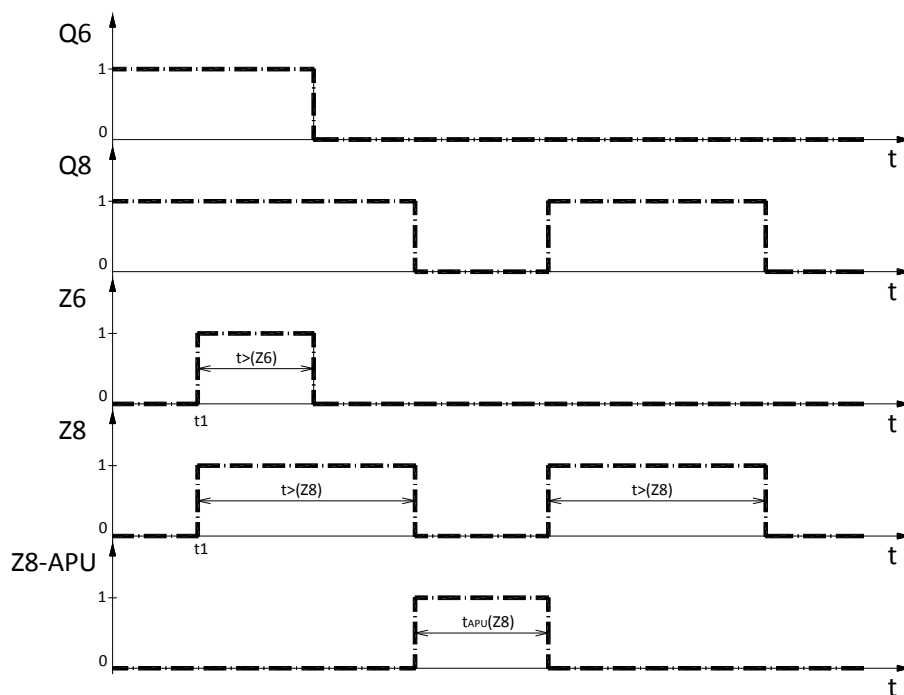
Na slikama 6 do 11 prikazana su različita mjesta kvara u mreži, te dijagrami djelovanja zaštita i respektivnih rastavnih elemenata. Pri tome uzimaju se sljedeća početna stanja i pojednostavljenja:

- svi rastavni elementi prije nastanka kvara su uključeni
- kvar nastaje u trenutku t_1
- karakteristika kvara je da je „trajan“
- „Zn“ označava električnu zaštitu koja djeluje na pripadni rastavni element „Qn“
- zanemaruje se vlastito vrijeme djelovanja prekidača / rastavne sklopke
- zanemaruje se vrijeme detekcije kvara releja

a) Mjesto kvara između TS Gerovo i TS MHE Čabranka

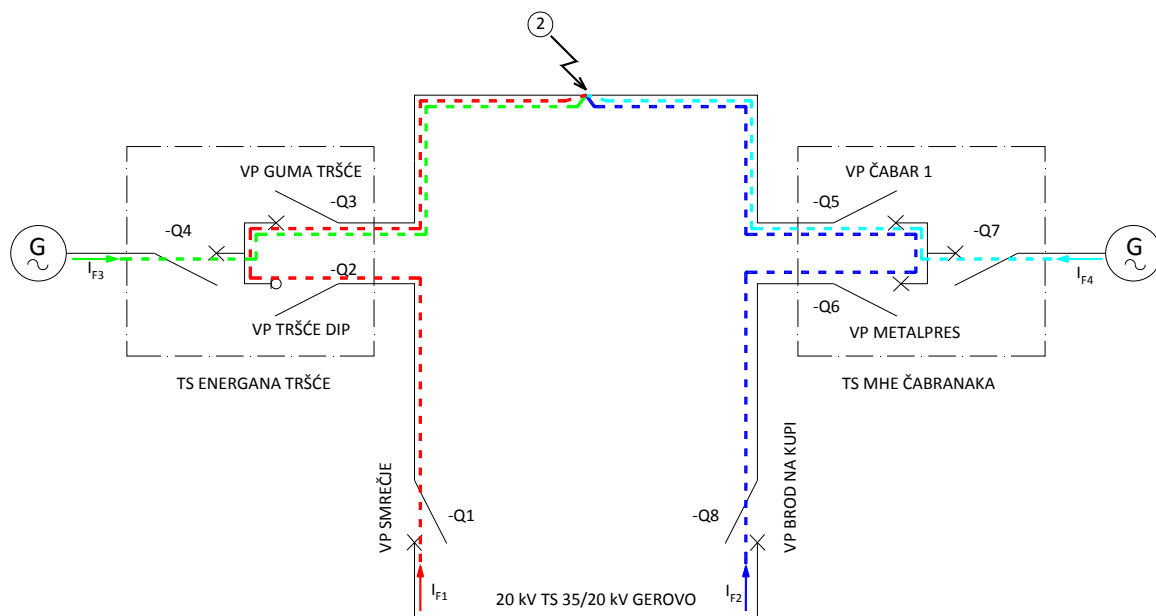


Slika 6. Bloka shema mreže i struja kvara za mjesto kvara br. 1

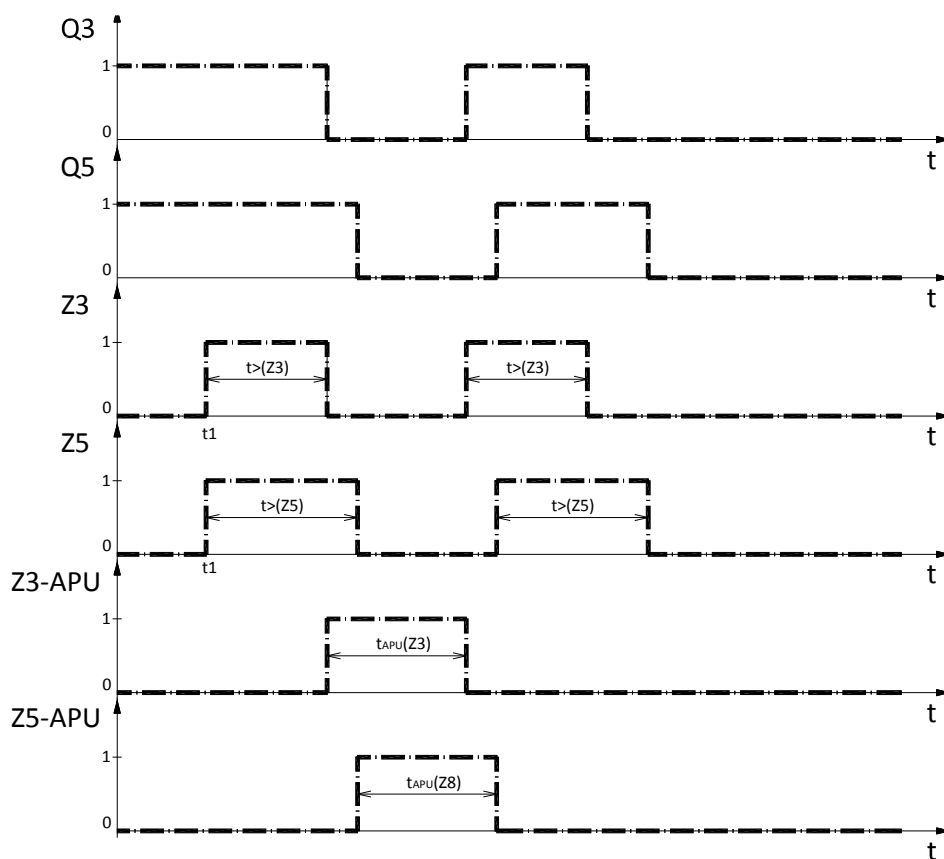


Slika 7. Dijagram djelovanja zaštita i isklopa rastavnih elemenata za mjesto kvara br 1

b) Mjesto kvara između TS Energana Tršće i TS MHE Čabranka

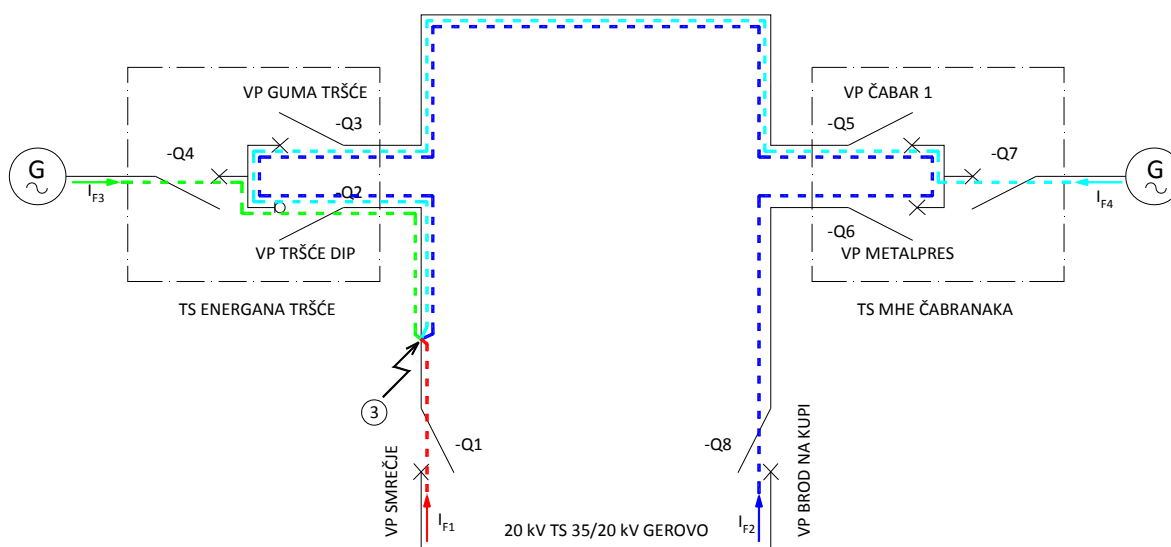


Slika 8. Bloka shema mreže i struja kvara za mjesto kvara br 2

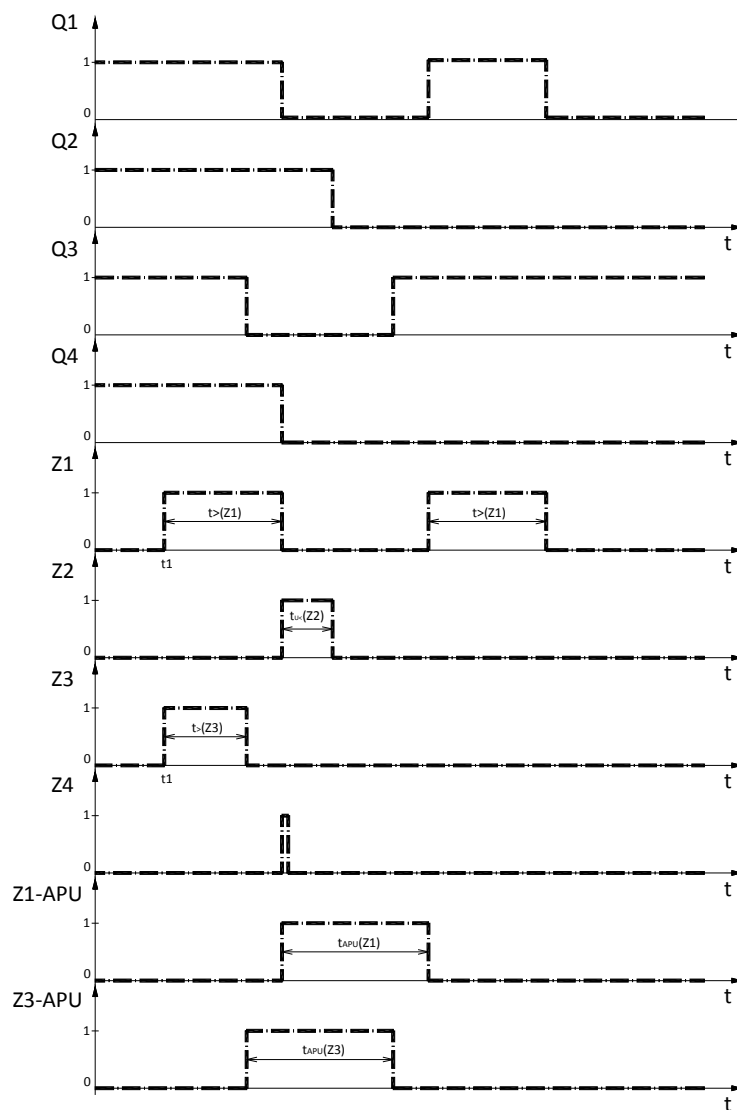


Slika 9. Dijagram djelovanja zaštita i isklopa rastavnih elemenata za mjesto kvara br 2

c) Mjesto kvara između TS Gerovo i TS Energana Tršće



Slika 10. Bloka shema mreže i struja kvara za mjesto kvara br 3



Slika 11. Dijagram djelovanja zaštita i isklopa rastavnih elemenata za mjesto kvara br 3

4. ZAKLJUČAK

Na primjeru susretnog postrojenja TS Energana Tršće prikazala sa su se moguća tehnička rješenja prenamjene konvencionalnog sredjenaponskog sklopnog bloka s ciljem upravljanja po dubini mreže. Također opisan je način korištenja jednog numeričkog terminala polja u funkciji upravljanja dvama poljima, što je naravno izravna posljedica 20 kV priključka u formi „ulaz – izlaz“. Navedena tehnička rješenja, u konačnici će omogućiti veću raspoloživost mreže kako za potrošače, tako i za samu energanu.

Planiranim „zamkastim“ pogonom dvaju elektrana preko dva vodna polja iz mrežnog izvora, te implementacijom zaštitnih funkcija po dubini mreže, omogućiti će se maksimalan raspoloživost mreže, te automatsko sekcioniranje makrolokacije kvara, čime će se poboljšati sigurnosti i neprekidnost opskrbe korisnika na predmetnom 20 kV konzumu.

5. LITERATURA

- [1] 615 series Technical Manual, ABB, 2014
- [2] Tehnička baza podataka HEP – ODS – Elektroprimorje Rijeka.
- [3] 61850 Engineering Guide, ABB, 2014
- [4] Kompaktni sklopni moduli serije VDAC, Končar, 2009