

VE KORLAT-PRORAČUNI PODEŠENJA RELEJNE ZAŠTITE

Marijanović, Martin

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:814937>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Preddiplomski stručni studij Elektroenergetike

MARTIN MARIJANOVIĆ

ZAVRŠNI RAD

**VE KORLAT – PRORAČUNI PODEŠENJA RELEJNE
ZAŠTITE**

Split, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Preddiplomski stručni studij Elektroenergetike

Predmet: Zaštita u elektroenergetskom sustavu

ZAVRŠNI RAD

Kandidat: Martin Marijanović

Naslov rada: VE Korlat – proračuni podešenja relejne zaštite

Mentor: Robert Kosor dipl. ing. – viši predavač

Split, rujan 2020.

SADRŽAJ

SAŽETAK/SUMMARY	1
1. UVOD	2
2. POSTROJENJE 110 kV	4
3. ZAŠTITA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA 30(33)/110 kV	6
3.1. Uvod	6
3.2. Proračun podešenja uređaja relejne zaštite za energetski transformator 30(33)/110 kV TR1	9
3.3.1. Podaci potrebni za proračun	9
3.3.2. Rezultati proračuna kratkog spoja	12
3.3.3. Uređaj relejne zaštite RET 670	13
3.3.4. Uređaj zaštite REF 615	20
3.3.5. Uređaj zaštite REB 670	24
4. ZAŠTITA POSTROJENJA 33 kV	24
4.1. Uvod	24
4.2. Proračun podešenja zaštite 33 kV vodnih polja =H2, =H3, =H5, =H6	25
4.2.1. Podaci potrebni za proračun	26
4.2.2. Rezultati proračuna kratkog spoja	28
4.2.3. Nadstrujna zaštita	28
4.2.4. Usmjerena zemljospojna zaštita.....	31
4.3. Proračun podešenja zaštite 33 kV polja kućnog transformatora =H1	32
4.3.1. Podaci potrebni za proračun	33
4.3.2. Nadstrujna zaštita	34
4.4. Proračun podešenja zaštite 33 kV polja energetskog transformatora =H4	35
4.4.1. Podaci potrebni za proračun	35
4.4.2. Nadstrujna zaštita	36
4.4.3. Zaštita od zatajenja prekidača	37
5. ZAKLJUČAK	39
LITERATURA.....	40
POPIS SLIKA	41
POPIS TABLICA.....	42

SAŽETAK

VE Korlat – proračuni podešenja relejne zaštite

Naziv ovog završnog rada je “*Ve Korlat – proračuni podešenja relejne zaštite*“. U radu je prezentirana relejna zaštita postrojenja 33 kV te energetskog transformatora 110/33 kV TR1 smještenih u TS Korlat. Izvršeni su proračuni podešenja funkcija relejne zaštite integriranih u numeričkim uređajima zaštite koji se koriste za šticeenje navedenih elemenata vjetroelektrane, za slučajeve nastupa međufaznog te dozemnog kratkog spoja. Prezentiran je i sažet prikaz teoretskih podloga korištenih funkcija relejne zaštite.. Pri proračunima su uzeti u obzir svi osnovni kriteriji kvalitetnog rada relejne zaštite, a dobiveni podaci koriste se kao podloga za ispravno podešenje numeričkih uređaja zaštite.

Ključne riječi: vjetroelektrana, relejna zaštita, postrojenje, transformator

SUMMARY

VE Korlat – relay protection setting calculations

The title of this final paper is "Ve Korlat - relay protection setting calculations". The paper presents the relay protection of a 33 kV plant and a 110/33 kV TR1 power transformer located in the Korlat substation. The calculations of the settings of the relay protection functions integrated in the numerical protection devices used for the protection of the mentioned elements of the wind power plant, for the cases of interphase and ground short-circuit short-circuits, were performed. A summary of the theoretical basis of the used relay protection functions is presented. All basic criteria of quality operation of relay protection are taken into account in the calculations, and the obtained data are used as a basis for the correct setting of numerical protection devices.

Keywords: wind farm, relay protection, plant, transformer

1. UVOD

Svrha građenja vjetroelektrane na lokaciji Korlat je proizvodnja električne koja će se kasnije distribuirati za potrebe hrvatskog elektroenergetskog sustava. Obnovljivi izvori energije, a posebno energija vjetra, zbog razina tehnološkog razvitka njezinog korištenja i ekonomske konkurentnosti, jasan je izbor za razvoj u energetske sektoru koji je zabilježen i u Europskoj uniji.

Predmet razrade ovog završnog rada je proračun podešenja relejne zaštite u vodnim poljima 30(33) kV postrojenja TS 30(33)/110 kV Korlat i transformatorskom polju TS 30(33)/110 kV Korlat.

Izgradnja vjetroeletroelektrane VE Korlat instalirane snage do 63 MVA s pristupnim putevima, manipulativnim prostorom za montažu vjetroatregata, podzemnom internom kabelskom mrežom, internom DTK mrežom i transformatorskom stanicom 30(33)/110 kV predviđena je na lokaciji Korlat, u Zadarskom zaleđu, 8 km sjeverozapadno od grada Benkovca. Lokacija zahvata administrativno pripada području grada Benkovca, u Zadarskoj županiji.

TS 30(33)/110 kV Korlat smještena je na jugoistočnom dijelu vjetroelektrane, uz internu prometnicu koja vodi prema vjetroatregatima VG1 – VG18. Pristup do ulaza u prostor TS 30(33)/110 kV Korlat ostvaruje se priključkom duljine cca 290 m s državne ceste D27 Karin – Benkovac, a pristup je izveden s istočne strane trafostanice. TS 30(33)/110 kV Korlat smjestit će se na novoj katastarskoj čestici 1426/4 u k.o. Korlat. Kolni pristup TS 30(33)/110 kV Korlat ujedno je i pristup vjetroatregatima u VE Korlat.

Vjetroelektrana VE Korlat gradit će se u pet etapa. U prvoj etapi izgradnje predmetna vjetroelektrana imat će ukupnu priključnu snagu od 29 MW, u drugoj etapi dodatnih 29 MW te u trećoj etapi još 5 MW. U četvrtoj etapi planirana je izgradnja TS 30(33)/110 kV Korlat u dvije faze te u petoj etapi priključni dalekovodi. Transformatorska stanica TS 30(33)/110 kV Korlat gradi se u svrhu priključenja vjetroelektrane Korlat na prijenosnu mrežu 110 kV.

Pri svakom vjetroatregatu predviđena je izgradnja TS 0.69/30(33) kV koja će podzemnim energetskim SN vodovima biti spojena s novom TS 30(33)/110 kV Korlat preko koje će VE biti priključena na 110 kV prijenosnu mrežu HOPS-a.

Planirana vjetroelektrana Korlat ima osamnaest vjetroegregata raspoređenih u nepravilne nizove. Za izvedbu pojedine dionice radijalnih 30(33) kV kabelskih vodova za internu 30(33) kV kabelsku mrežu VE Korlat planira se koristiti dva nazivna presjeka vodiča za jednožilne kabele i to: 1x95/16 mm² i 1x240/16 mm². SN postrojenje je projektirano sa jednostrukom izoliranim sabirnicama.

Transformacija napona vrši se pomoću uljnog energetskog transformatora, za vanjsku ugradnju, koji će imati ručnu i automatsku regulaciju napona i čije će visokonaponsko zvjezdište biti izravno uzemljeno. Transformator je snage 63 MVA, a tip rashlade transformatora je ONAN/ONAF, što uključuje prirodnu i po potrebi prisilnu rashladu. Odabrana grupa spoja je YN(d5) sa regulacijom $\pm 10 \times 1,5\%$ na visokonaponskoj strani, što je najčešće korištena izvedba koja podrazumjeva primjenu uzemljenja zvjezdišta SN strane preko maloomskog otpornika što je nužno zbog velike količine energetskih kabela.

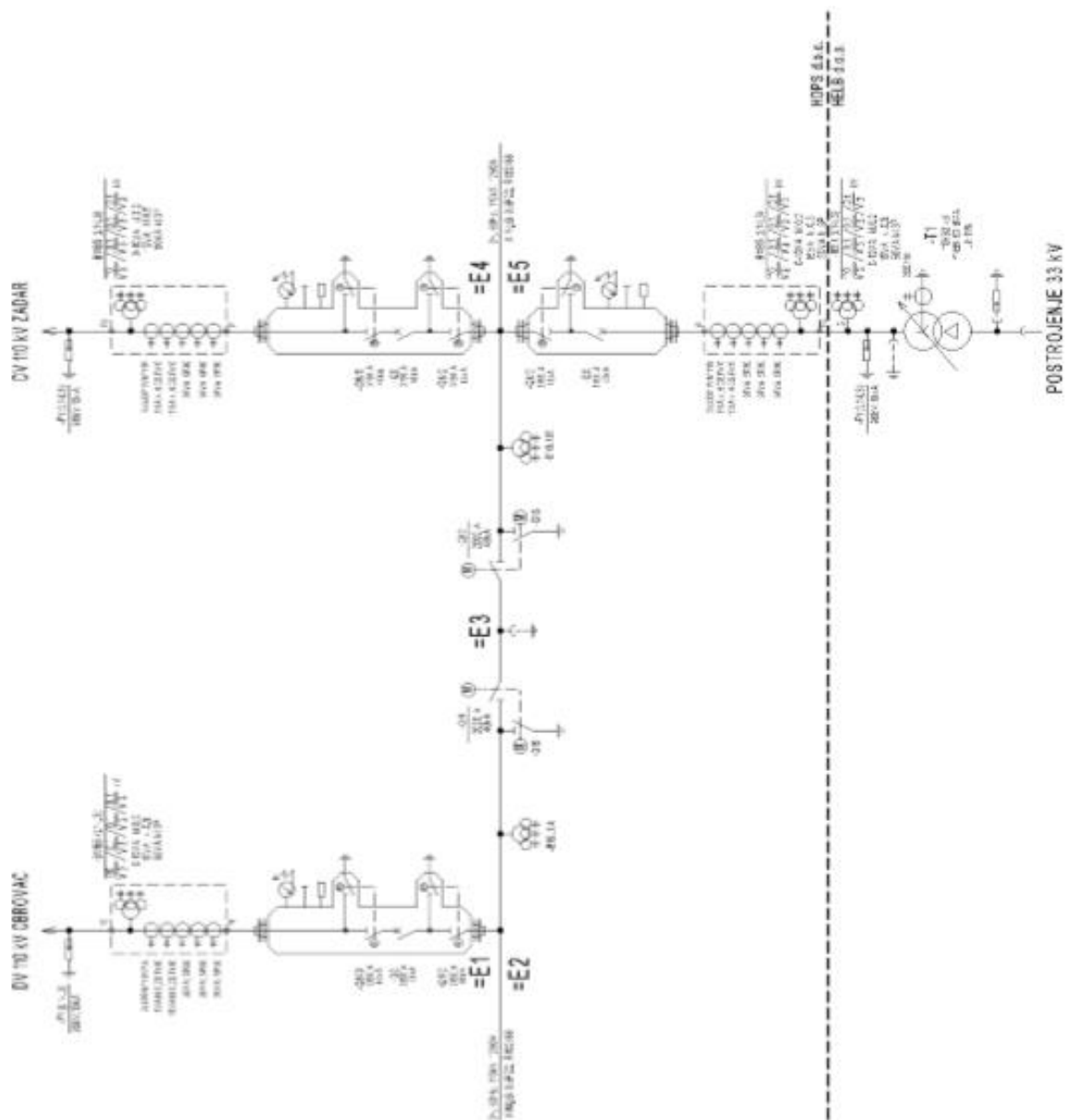
2. POSTROJENJE 110 kV

Jednopolna shema postrojenja 110 kV realizirana je energetskim modulima jednostavne tipske transformatorske stanice 110/x kV, koja predstavlja standardno rješenje postrojenja u Hrvatskoj elektroprivredi. Shema obuhvaća jednostruki sustav cijevnih sabirnica sa sljedećim opremljenim poljima:

- =E1 dalekovodno polje 110 kV Obrovac,
- =E2 rezervno polje,
- =E3 sekcijsko polje 110 kV sa sabirnicama,
- =E4 dalekovodno polje 110 kV Zadar,
- =E5 polje regulacijskog transformatora TR1, 110/30(33) kV.

Oprema postrojenja je standardne proizvodnje u skladu s IEC standardima, za vanjsku montažu, prilagođenu elektrotehničkim, mehaničkim, seizmičkim i mikroklimatskim uvjetima.

Jednopolna shema postrojenja 110 kV prikazana je na slici 2.1. u nastavku rada.



Slika 2.1. Jednopolna shema 110 kV postrojenja u TS 30(33)/110 kV Korlat

3. ZAŠTITA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA 30(33)/110 kV

3.1. Uvod

Zaštiti energetskih transformatora se zbog njihove važnosti za pouzdanost pogona elektroenergetskog sustava poklanja posebna pozornost. Šteta koja nastaje uslijed kvara na energetskom transformatoru podrazumijeva štetu koja je nastala na opremi, te štetu nastalu zbog prekida rada i isporuke električne energije. Stoga su zahtjevi koje mora ispuniti zaštita energetskih transformatora: brzina, osjetljivost i selektivnost.

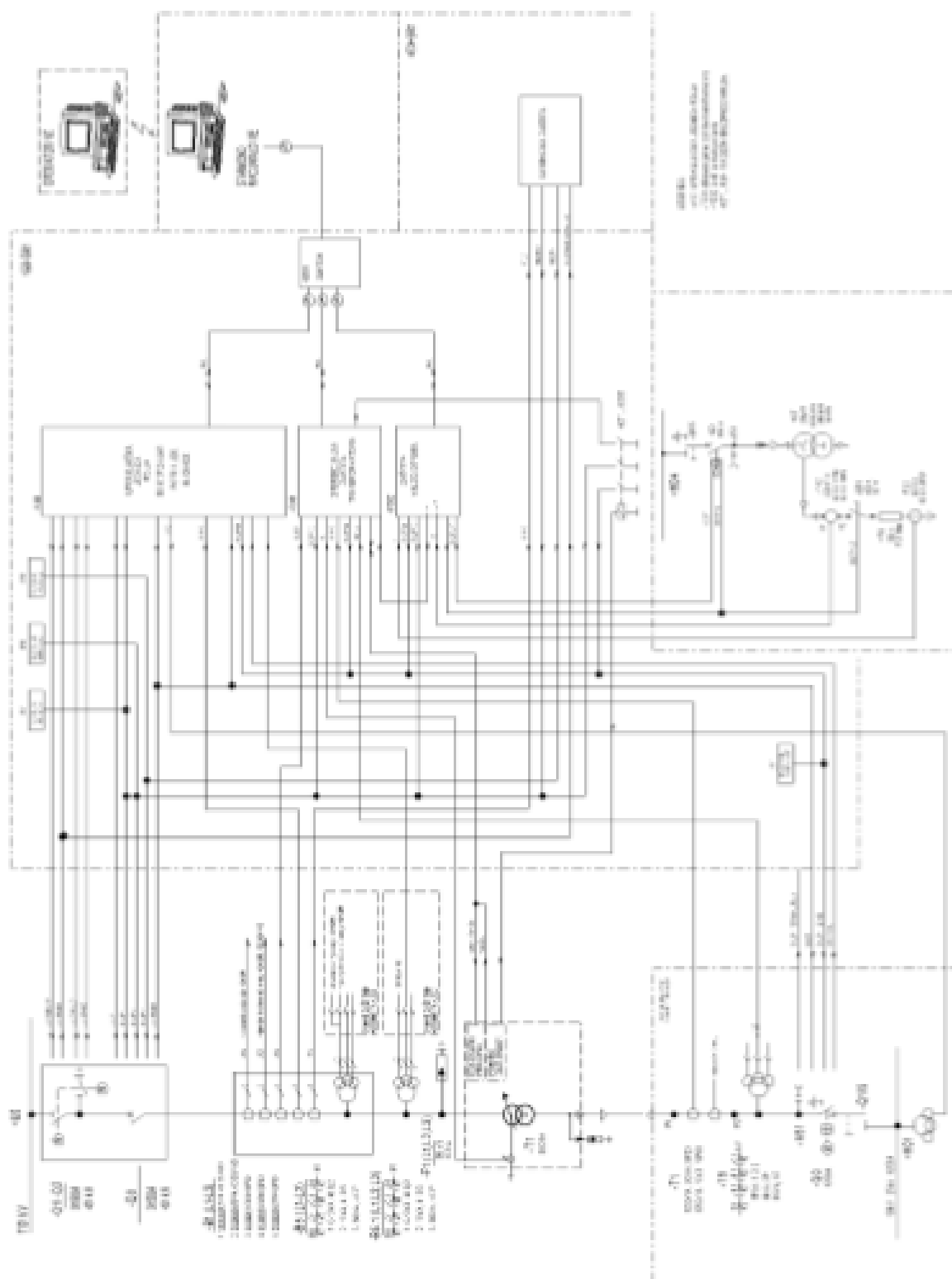
Osnovna podjela relejne zaštite energetskih transformatora po namjeni je sljedeća:

1. zaštita transformatora od unutarnjih kvarova brzo i selektivno odvaja transformator od mreže, kako bi posljedice kvara na transformatoru bile što manje, 2. zaštita transformatora od vanjskih kvarova, 3. zaštita koja upozorava na opasna stanja koja duljim trajanjem mogu izazvati kvar, u pravilu je to zaštita koja upozorava na prekoračenje dozvoljenih zagrijavanja u transformatoru.

U TS 30(33)/110 kV Korlat za šticećenje energetskog transformatora TR1 odabrani su sljedeći uređaji relejne zaštite:

- RET 670/ABB (osnovna funkcija je diferencijalna zaštita), - REF 615/ABB (osnovna funkcija je nadstrujna zaštita), - REB 670/ABB (osnovna funkcija je zaštita sabirnica i zaštita od zatajenja prekidača, te nadstrujna zaštita).

Blok shema priključka gore navedenih uređaja relejne zaštite na strujne i naponske mjerne transformatore prikazana je na slici 2.1. na sljedećoj stranici.

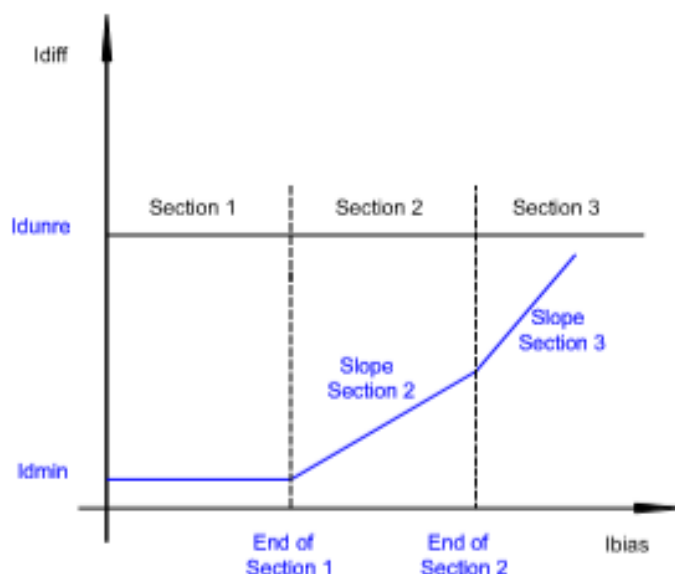


Slika 3.1. Blok shema priključka uređaja relejne zaštite i upravljanja energetskog transformatora TR1

Uređaj RET 670, proizvođača "ABB", predstavlja glavnu zaštitu energetskog transformatora od unutarnjih kvarova. Osnovna funkcija uređaja RET 670, proizvođača "ABB", je diferencijalna zaštita (ANSI broj: 87T). Funkcijski blok ove zaštite ima oznaku T2WPDIFF.

Zahtjevi koje ova zaštitna funkcija mora ispunjavati su velika osjetljivost kod kvarova unutar zone šticećenja i puna neosjetljivost na kvarove izvan zone šticećenja. Funkcija diferencijalne zaštite obuhvaća i stabilizaciju na struju ukljućenja te naduzbudu transformatora u normalnom pogonu.

Na slici 3.2. prikazana je radna karakteristika uređaja RET 670 koja grafički prikazuje područja djelovanja diferencijalne zaštite.



Slika 3.2. Radna karakteristika funkcije diferencijalne zaštite uređaja RET 670

Oznake I_{dmin} , I_{dUnre} , $EndSection\ 1$ i 2 , te $SlopeSection\ 1$ i 2 na slici 2.2. predstavljaju podešenja kojima je definirana radna karakteristika funkcije diferencijalne zaštite.

Osim funkcija diferencijalne zaštite odabrani uređaj RET 670, proizvođača "ABB", ima mogućnost vršenja i sljedećih funkcija:

- ograničena zemljospojna zaštita,
- nadstrujna zaštita primara i sekundara, dva stupnja,
- termička zaštita,
- podnaponska i nadnaponska zaštita,
- podfrekventna i nadfrekventna zaštita,
- zaštita od naduzbude,

- nadzorne funkcije,
- mjerne funkcije,
- pomoćne funkcije.

U tablici 3.1. navedene su zaštitne funkcije uređaja RET 670, proizvođača "ABB", odabrane za šticeenje energetskih transformatora u TS 30(33)/110 kV Korlat sa pripadajućim ANSI brojevima i oznakama funkcijskih blokova.

Zaštitna funkcija	ANSI broj	Oznaka bloka
Diferencijalna	87T	T3WPDIF
Nadstrujna	51	OC4PTOC
Ograničenja zemljospojna	87N	REFPDIF
Termička	49	TRPTTR

Tablica 3.1. Zaštitne funkcije uređaja RET 670 odabrane za šticeenje energetskog transformatora u TS 30(33)/110 kV Korlat

Numerički uređaj REF 615, proizvođača "ABB", ima funkciju zaštita vezanih uz mali djelatni otpor.

Kao dodatno šticeenje energetskih transformatora koristi se i nadstrujna zaštitna funkcija unutar uređaja REB 670, proizvođača "ABB". Glavna funkcija ovog uređaja je sabirnička zaštita i zaštita od zatajenja prekidača 110 kV u TS 30(33)/110 kV Korlat.

3.2. Proračun podešenja uređaja relejne zaštite za energetski transformator 30(33)/110 kV TR1

3.3.1. Podaci potrebni za proračun

Podaci o energetskom transformatoru TR1, tip: 20TRP 63000-123, SIEMENS, prikazani su u tablici 3.2.:

Tehnički podaci	Primar	Sekundar
Nazivni napon [kV]	110+/-10 x 1.5%	33
Nazivna snaga [MVA]	63	63
Nazivna struja [A]	330.66	1102.21
Vektorska grupa - spoj	YN	d
Vektorska grupa - broj	/	5
Napon kratkog spoja uk [%]	11	

Tablica 3.2. Tehnički podaci energetskog transformatora TR1 tip 20TRP 63000-123, SIEMENS

Podaci o strujnim mjernim transformatorima ugrađenima u transformatorskom polju 110 kV (=E5) i transformatorskom polju 30(33) kV (=H4) prikazani su u tablici 3.3., odnosno tablici 3.4.:

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra	II. jezgra	III. jezgra	IV. jezgra	IV. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	300	300	300	300	300
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1	1	1	1	1
Razred točnosti	<i>kl.</i>	0,2 S	0,2 S	5 P 30	5 P 30	5 P 30
Prošireni mjerni opseg	Ext. [%]	120	120			
Nazivna trajna termička struja	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$
Faktor sigurnosti	FS	10	10			
Nazivna snaga	S_n [VA]	5	15	30	30	30

Tablica 3.3. Tehnički podaci strujnih mjernih transformatora u 110 kV polju = E5

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra	II. jezgra	III. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	1250	1250	1250
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1	1	1
Razred točnosti	<i>kl.</i>	0,2	5 P 20	10 P 10
Prošireni mjerni opseg	Ext. [%]	120		
Nazivna trajna termička struja	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$
Faktor sigurnosti	FS	10		
Nazivna snaga	S_n [VA]	10	30	30

Tablica 3.4. Tehnički podaci strujnih mjernih transformatora u 30(33) kV polju =H4

Zvjezdište 110 kV strane energetskog transformatora TR1 uzemljeno je direktno, dok je zvjezdište 30(33) kV strane kućnog transformatora uzemljeno preko malog djelatnog otpora kojim se ograničava vrijednost struje kratkog spoja kod kvarova sa zemljom na iznos od 300 A.

Podaci o strujnim mjernim transformatorima u zvjezdištima energetskog transformatora TR1 prikazani su u tablici 3.5., odnosno tablici 3.6.:

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra	II. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	300	300
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1	1
Razred točnosti	<i>kl.</i>	5 P 30	10 P 5
Nazivna trajna termička struja	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$
Nazivna snaga	S_n [VA]	30	10

Tablica 3.5. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora (-T42) u zvjezdištu 30(33) kV strane transformatora ispred MDO

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	150
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1
Razred točnosti	<i>kl.</i>	5 P 30
Nazivna trajna termička struja	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$
Nazivna snaga	S_n [VA]	10

Tablica 3.6. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora (-T22) u zvjezdištu 30(33) kV strane transformatora iza MDO

Podaci o strujnom mjernom transformatoru u zvjezdištu 110 kV strane energetskog transformatora TR1 prikazani su u tablici 3.7.:

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	300
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1
Razred točnosti	<i>kl.</i>	5 P 30
Nazivna trajna termička struja	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$
Nazivna snaga	S_n [VA]	30

Tablica 3.7. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u zvjezdištu 110 kV strane energetskog transformatora

Podaci o naponskim mjernim transformatorima, ugrađenim u transformatorskom polju 110 kV (=E5) i naponskim mjernim transformatorima, ugrađenima u transformatorskom polju 30(33) kV (=H4) prikazani su u tablici 3.8., odnosno tablici 3.9. na sljedećoj stranici.

Tehnički podaci	Oznaka	Iznos		
Nazivna frekvencija	f_n [Hz]	50		
Nazivni primarni napon	U_{pn} [V]	$110/\sqrt{3}$		
Nazivni faktor napajanja / trajanje	V_f	1,5 / 30 s		
Nazivni sekundarni napon	U_{sn} [V]	$100/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$
Nazivna snaga	S_n [VA]	10	15	50
Razred točnosti	Kl.	0,2	0,5	3P
Granična termička snaga	[VA]	750	750	750

Tablica 3.8. Tehnički podaci naponskih mjernih transformatora ugrađenih u polju =E5

Tehnički podaci	Oznaka	Iznos		
Nazivna frekvencija	f_n [Hz]	50		
Nazivni primarni napon	U_{pn} [V]	$33/\sqrt{3}$		
Nazivni faktor napajanja / trajanje	V_f	1,9/ 8 h		
Nazivni sekundarni napon	U_{sn} [V]	$33/\sqrt{3}$	$33/\sqrt{3}$	$33/\sqrt{3}$
Nazivna snaga	S_n [VA]	10	10	25
Razred točnosti	Kl.	0,2	0,5	6P
Granična termička snaga	[VA]	200	200	500

Tablica 3.9. Tehnički podaci naponskih mjernih transformatora u polju =H4

3.3.2. Rezultati proračuna kratkog spoja

Za odabir parametara podešenja uređaja relejne zaštite energetskog transformatora u ovom slučaju u obzir se uzimaju rezultati proračuna kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat.

U ovom proračunu korišteni su podaci dobiveni proračunom struja kratkog spoja PowerCad, programskim paketom za analizu naponskih prilika i tokova snaga, kratkih i dozemnih spojeva u elektroenergetskim mrežama, za realno stanje mreže, dakle stvarno okruženje u kojem će sustav relejne zaštite djelovati.

Rezultati proračuna kratkog spoja spoja kod trolnog kratkog spoja na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat prikazani su u tablici 3.10.:

Tropolni kratki spoj na sabirnicama 33 kV u TS Korlat	
Primar TR1	Sekundar TR1
$I_{kmax1}[kA]$	$I_{kmax2}[kA]$
1,66	6,10

Tablica 3.10. Rezultati proračuna tropolnog kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat

Rezultati proračuna kratkog spoja spoja kod dvopolnog kratkog spoja na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat prikazani su u tablici 3.11.:

Dvopolni kratki spoj na sabirnicama 33 kV u TS Korlat	
Primar TR1	Sekundar TR1
$I_{kmax1}[kA]$	$I_{kmax2}[kA]$
0,07	5,28

Tablica 3.11. Rezultati proračuna dvopolnog kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat

3.3.3. Uređaj relejne zaštite RET 670

3.3.3.1. Diferencijalna zaštita

Područje djelovanja funkcije diferencijalne zaštite definirano je radnom karakteristikom prikazanom na slici 3.2. Područje stabilizacije definirano je stabilizacijskom radnom karakteristikom. Parametrima podešenja moguće je prilagođavati oblik radne karakteristike. Kod velikih vrijednosti diferencijalnih struja djelovanje funkcije diferencijalne zaštite je nestabilizirajuće. Ovo područje je definirano podešenjem prorađne diferencijalne struje I_{dUnre} . Dodatna stabilizacija funkcije diferencijalne zaštite definira se dozvoljenim udjelom 2. i 5. harmonika u diferencijalnoj struji.

Vrijednost diferencijalne i stabilizacijske struje podešavaju se u odnosu na I_{Base} koja je u ovom slučaju jednaka nazivnoj struji primara energetskog transformatora i iznosi:

$$I_B = I_{n1ET} = 330 \text{ A}$$

Minimalna prorađna vrijednost diferencijalne struje iznosi:

$$I_{dmin} = 0,3 I_B$$

Vrijednost stabilizacijske struje pri prijelazu stabilizacijske karakteristike iz nagiba 1 u nagib 2:

$$\text{EndSection1} = 1,25 \text{ IB}$$

Podešenje nagiba 2 stabilizacijske karakteristike:

$$\text{SlopeSection2} = 25 \%$$

Vrijednost stabilizacijske struje pri prijelazu stabilizacijske karakteristike iz nagiba 2 u nagib 3:

$$\text{EndSection2} = 3 \text{ IB}$$

Podešenje nagiba 3 stabilizacijske karakteristike:

$$\text{SlopeSection3} = 50 \%$$

Proradna vrijednost diferencijalne struje kojom je definirano nestabilizirajuće područje:

$$\text{IdUnre} = (k_s \cdot \text{Ikmax1})/\text{IB} = 6,54 \text{ IB}$$

gdje je:

k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,3$).

Podešenje nivoa stabilizacije 2. i 5. harmonika:

$$\text{I2/I1} = 15 \%,$$

$$\text{I5/I1} = 30 \%.$$

Pregled parametara podešenja diferencijalne zaštite uređaja RET 670 prikazan je u tablici 3.12.:

RET 670 IEC- Parameter Setting					
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	Min	Max
Diferential protection					
TransformerDiff2Wind(PDIF,87T)					
T2D1					
Operation		On			
SOTFMode		On			
IdiffAlarm		0.30	%IB	0.05	1.00
tAlarmDelay		10.000	s	0.000	60.000
IdMin		0.30	IB	0.10	0.60
EndSection1		1.25	IB	0.20	1.50
EndSection2		3.00	IB	1.00	10.00
SlopeSection2		25.0	%	10.0	50.0
SlopeSection3		50.0	%	30.0	100.0
IdUnre		6.54	IB	1.00	50.
I2/I1Ratio		15.0	%	5.0	100.0
I5/I1Ratio		30.0	%	5.0	100.0
CrossBlockEn		On			
NegSeqDiffEn		Off			
IminNegSeq		0.04	IB	0.02	0.20
NegSeqROA		60.0	Deg	30.0	120.0
OpenCTEnable		On			
tOCTAlarmDelay		3.000	s	0.100	10.000
tOCTResetDelay		0.250	s	0.100	10.000
tOCTUnrstDelay		10.00	s	10.00	6000.00

Tablica 3.12. Pregled parametara podešenja diferencijalne zaštite uređaja RET 670

3.3.3.2. Ograničena zemljospojna zaštita sekundara transformatora

Ova zaštita je osjetljivija od diferencijalne zaštite i služi za detekciju proboja izolacije prema uzemljenim dijelovima. Ograničena zemljospojna zaštita ima, jednako kao i diferencijalna zaštita, stabilizacijsku radnu karakteristiku. Nagibi stabilizacijske karakteristike su fiksni i iznose 70 % i 100 %.

Vrijednost diferencijalne struje podešava se u odnosu na IBase koja je u ovom slučaju jednaka nazivnoj struji sekundara energetskog transformatora i iznosi:

$$IB = I_{n2ET} = 1102 \text{ A}$$

Minimalna osjetljivost:

$$IdMin = 15 \%IB$$

Pregled parametara udešenja ograničene zemljospojne zaštite sekundarne strane transformatora uređaja RET 670 prikazan je u tablici 3.13.:

RET 670 IEC- Parameter Setting					
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	Min	Max
Differential protection					
REFPDIF					
Operation		On			
IBase		1102	A	1	99999
IdMin		15.0	%IB	4.0	100.0
CTFactorPri1		1.0		1.0	10.0
CTFactorPri2		1.0		1.0	10.0
CTFactorSec		1.0		1.0	10.0
CTFactorSec2		1.0		1.0	10.0

Tablica 3.13. Pregled parametara udešenja ograničene zemljospojne zaštite sekundarne strane transformatora uređaja RET 670

3.3.3.3. Nadstrujna zaštita primara

Za zaštitu transformatora od velikih struja kod pojave preopterećenja transformatora, te kao rezervna zaštita u slučaju unutarnjih kvarova u transformatoru koristi se nadstrujna zaštita primara.

U uređaju RET 670 za nadstrujnu zaštitu primara koristi se funkcijski blok nadstrujne zaštite OC4PTOC koji ima četiri stupnja podešenja.

Prvi stupanj koristi se za niskopodesivi član nadstrujne zaštite. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja određuje se iz uvjeta da kod maksimalnih pogonskih struja ne dolazi do prorade zaštitnih funkcija. U ovom slučaju ta je vrijednost određena nazivnom strujom primara energetskog transformatora.

Vrijednosti proradne struje podešavaju se u odnosu na IBase koja je jednaka nazivnoj struji primara energetskog transformatora i iznosi:

$$IB = In1ET = 330 \text{ A}$$

Slijedi odabir parametara podešenja prvog stupnja funkcije nadstrujne zaštite.

Primarna vrijednost prorađne struje nadstrujne zaštite iznosi:

$$I1 > = (k_s \cdot I_{pogmax}/IB) \cdot 100\% = (k_s \cdot I_{n1ET}/IB) \cdot 100\% = 130 \%IB$$

gdje je:

- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,3$).

Vrijeme odgode prorade nadstrujne zaštite uvjetovano je zahtjevom za selektivnošću i iznosi:

$$t1 = 1,20 \text{ s}$$

Drugi stupanj koristi se za trenutnu nadstrujnu zaštitu, odnosno visokopodesivi član nadstrujne zaštite.

Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Prorađna struja određuje se iz rezultata proračuna kratkog spoja.

Slijedi odabir parametara podešenja funkcije trenutne nadstrujne zaštite.

Primarna vrijednost prorađne struje trenutne nadstrujne zaštite iznosi:

$$I2 > = (k_s \cdot Ik_{max1}/IB) \cdot 100\% = 603 \%IB$$

gdje je:

- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,2$).

Vrijeme odgode prorade trenutne nadstrujne zaštite je:

$$t2 = 0,20 \text{ s}$$

Pregled parametara podešenja nadstrujne zaštite primara uređaja RET 670 prikazan je u tablici 3.14. u nastavku rada:

RET 670 IEC- Setting	Parameter				
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	Min	Max
TOC1					
General					
Operation		On			
IBase		330	A	1	99999
UBAse		110.00	kV	0.05	2000.00
AngleRCA		55	Deg	40	65
AngleROA		80	Deg	40	89
StartPhSel		1 out of 3			
Step1					
DirMode1		Non-directiona			
Characteristic1		ANSI Def. Time			

I1>		130	%IB	1	2500
t1		1.200	s	0.000	60.000
k1		0.05		0.05	999.00
t1Min		0.000	s	0.000	60.000
I1Mult		2.0		1.0	10.0
Step2					
DirMode2		Non-directional			
Characteristic2		ANSI Def. Time			
I2>		603	%IB	1	2500
t2		0.200	s	0.000	60.000
k2		0.05		0.05	999.00
I2Mult		2.0		1.0	10.0
t2Min		0.000	s	0.000	60.000

Tablica 3.14. Pregled parametara podešenja nadstrujne zaštite primara uređaja RET 670

3.3.3.4. Termička zaštita

Ovom zaštitom štiti se transformator od termičkog preopterećenja, koje uzrokuju ispadi transformatora, generatora i dalekovoda koji paralelno napajaju neko područje. Funkcija termičke zaštite unutar uređaja RET 670 koristi termički model sa dvije vremenske konstantne. Obzirom da energetska transformator TR1 ima samo prirodno hlađenje (ONAN/ONAF), nema potrebe za dva različita seta podešenja, odnosno u ovom slučaju vrijednosti podešenja su identične.

Iznos bazne struje jednak je iznosu nazivne struje sekundara energetskog transformatora:

$$I_{Base} = 1102 \text{ A}$$

Iznos bazne struje kod transformatora sa prirodnim hlađenjem (ONAN/ONAF) podešava se u odnosu na I_{Base} i iznosi:

$$I_{Base1} = 100 \% I_B$$

Iznos bazne struje kod transformatora sa prisilnim hlađenjem (OFAF) podešava se u odnosu na I_{Base} i iznosi:

$$I_{Base2} = 100 \% I_B$$

Vremenska konstanta transformatora sa prirodnim hlađenjem (ONAN/ONAF) iznosi:

$$\tau_1 = 60 \text{ min}$$

Vremenska konstanta transformatora sa prisilnim hlađenjem (OFAF) iznosi:

$$\tau_2 = 60 \text{ min}$$

Iznos struje pri kojoj dolazi do isključenja djelovanjem termičke zaštite podešava se u odnosu na IBase i iznosi:

$$I_{trip} = 105 \% I_B$$

Prvi stupanj upozorenja podešava se u odnosu na temperaturu kod koje dolazi do isklopa i iznosi:

$$Alarm1 = 80 \%$$

Drugi stupanj upozorenja podešava se u odnosu na temperaturu kod koje dolazi do isklopa i iznosi:

$$Alarm2 = 90 \%$$

Pregled parametara podešenja termičke zaštite uređaja RET 670 prikazan je u tablici 3.15.:

RET 670 IEC- Parameter Setting					
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	Min	Max
TTR1					
Operation		On			
IBase		1102	A	1	99999
Iref		100.0	%IB	10.0	1000.0
IrefMult		1.00		0.01	10.00
IBase1		100.0	%IB	30.0	250.0
IBase2		1000	%IB	30.0	250.0
Tau1		60.0	Min	1.0	500.0
Tau2		60.0	Min	1.0	500.0
IHighTau1		100.0	%IB1	30.0	250.0
Tau1High		100	%IC1	5	2000
ILowTau1		100.0	%IB1	30.0	250.0
Tau1Low		100	%IC1	5	2000
IHighTau2		100.0	%IB2	30.0	250.0
Tau2High		100	%IC2	5	2000
ILowTau2		100.0	%IB2	30.0	250.0
Tau2Low		100	%IC5	5	2000
Itrip		105.0	%IBx	50.0	250.0
Alarm1		80.0	%Itr	50.0	99.0
Alarm2		90.0	%Itr	50.0	99.0
ResLo		80.0	%Itr	10.0	95.0
ThetaInit		50.0	%	0.0	95.0
Warning		30.0	Min	1.0	500.0
tPulse		0.10	s	0.01	0.30

Tablica 3.15. Pregled parametara podešenja termičke zaštite uređaja RET 670

3.3.4. Uređaj zaštite REF 615

3.3.4.1. Zaštita kod premoštenja malog djelatnog otpora

Zvjezdište sekundara energetskog transformatora uzemljeno je preko malog djelatnog otpora (MDO) čime se ograničava struja kratkog spoja kod kvarova sa zemljom. Premoštenje malog djelatnog otpora ima za posljedicu povećanje struje kvara kod nesimetričnih kratkih spojeva i stoga se djelovanje ove zaštite podešava za vrijednosti struje veće od 300 A.

U uređaju REF 615 za zaštitu kod premoštenja malog djelatnog otpora koristi se funkcijski blok nadstrujne zaštite PHHPTOC. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja određuje se iz podataka o dopuštenoj struji kroz MDO u trajanju od 5 sekundi.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 300 \text{ A}$$

Slijedi odabir parametara podešenja zaštite kod premoštenja malog djelatnog otpora.

Primarna vrijednost proradne struje zaštite kod premoštenja malog djelatnog otpora:

$$\text{Start value} = (k_s \cdot I_{NMDO}/I_n) = 1,60 I_n$$

gdje je:

- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,2$),
- I_{NMDO} – vrijednost dopuštene struje kroz MDO u trajanju od 5 sekundi ($I_{NMDO} = 400 \text{ A}$).

Vrijeme odgode prorade zaštite kod premoštenja malog djelatnog otpora iznosi:

$$\text{Operate delay time} = 200 \text{ ms}$$

Pregled parametara podešenja zaštite kod premoštenja malog djelatnog otpora uređaja REF 615 prikazan je u tablici 3.16. na sljedećoj stranici:

REF 615 IEC- Parameter Setting					
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	n	Max
PHLPPTOC1					
3I>(1)					
Operation		On			
Num of start phases		1 out of 3			
Minimum operate time		20	ms	20	60.000
Reset delay time		20	ms	20	60.000
Measurement mode		DFT			
Curve parametar A		28.2000		0.0086	120.0000
Curve parametar B		2.00		0.0000	0.7120
Curve parametar C		2.0		0.02	2.0
Curve parametar D		29.10		0.46	30.00
Curve parametar E		1.0		0.0	1.0
Setting Group1					
Start value		1.6	xIn	0.05	5.00
Start value Mult		1.0		0.8	10.0
Time multipler		1.00		0.05	15.0
Operate delay time		200	ms	40	200.000
Operating curve type		IEC Def. Time			
Type of reset curve		Immediate			

Tablica 3.16. Pregled parametara podešenja funkcije nadstrujne zaštite uređaja REF 615

3.3.4.2. Zaštita sabirnica i rezervna zaštita odvoda kod kvarova sa zemljom

Ovom zaštitom štite se sabirnice prilikom pojave kvarova sa zemljom, a ujedno ima i funkciju rezervne zaštite odvoda 33 kV prilikom pojave kvarova sa zemljom.

U uređaju REF 615 za zaštitu sabirnica i rezervna zaštita odvoda kod kvarova sa zemljom koristi se funkcijski blok nadstrujne zaštite PHLPPTOC. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja određuje iz podatka o nazivnoj struji strujnog mjernog transformatora.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 300 \text{ A}$$

Primarna vrijednost proradne struje zaštite sabirnica i rezervne zaštite odvoda kod kvarova sa zemljom iznosi:

$$\text{Start value} = (k_s \cdot 0.1 I_n / I_n) = 0,10 I_n$$

gdje je:

- ks - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,0$).

Vrijeme odgode prorade zaštite sabirnica i rezervne zaštite odvoda kod kvarova sa zemljom uvjetovano je zahtjevom za selektivnost i iznosi:

Operate delay time = 1200 ms

Pregled parametara podešenja zaštite sabirnica i rezervne zaštite odvoda kod kvarova sa zemljom uređaja REF 615 prikazan je u tablici 3.17.:

REF 615 IEC- Parameter Setting					
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	n	Max
PHLPPTOC1					
3I>(1)					
Operation		On			
Num of start phases		1 out of 3			
Minimum operate time		20	ms	20	60.000
Reset delay time		20	ms	20	60.000
Measurement mode		DFT			
Curve parametar A		28.2000		0.0086	120.0000
Curve parametar B		2.00		0.0000	0.7120
Curve parametar C		2.0		0.02	2.0
Curve parametar D		29.10		0.46	30.00
Curve parametar E		1.0		0.0	1.0
Setting Group1					
Start value		0.10	xIn	0.05	5.00
Start value Mult		1.0		0.8	10.0
Time multipler		1.00		0.05	15.0
Operate delay time		1200	ms	40	200.000
Operating curve type		IEC Def. Time			
Type of reset curve		Immediate			

Tablica 3.17. Pregled parametara podešenja funkcije nadstrujne zaštite uređaja REF 615

3.3.4.3. Zaštita kod visokoomskih kvarova

Ova zaštita omogućava štice sabirnica i odvoda 33 kV prilikom pojave kvarova sa zemljom preko velikih prijelaznih otpora tzv. visokoomskih kvarova.

U uređaju REF 615 za zaštitu sabirnica i rezervna zaštita odvoda kod kvarova sa zemljom koristi se funkcijski blok nadstrujne zaštite EFHLPTOC. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja određuje se iz podatka o trajno dopuštenoj struji kroz MDO.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 150 \text{ A}$$

Primarna vrijednost proradne struje prorade zaštite kod visokoomskih kvarova iznosi:

$$\text{Start value} = (k_s \cdot \text{ITRMDO}/I_n) = 0,04 I_n$$

gdje je:

- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,2$),
- ITRMDO - trajno dopuštena struja kroz MDO (ITRMDO = 5 A).

Vrijeme odgode prorade zaštite kod visokoomskih kvarova iznosi:

$$\text{Operate delay time} = 20000 \text{ ms}$$

Pregled parametara podešenja zaštite kod visokoomskih kvarova uređaja REF 615 prikazan je u tablici 3.18.:

REF 615 IEC- Parameter Setting					
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	n	Max
PHLPPTOC1					
3I>(1)					
Operation		On			
Num of start phases		1 out of 3			
Minimum operate time		20	ms	20	60.000
Reset delay time		20	ms	20	60.000
Measurement mode		DFT			
Curve parametar A		28.2000		0.0086	120.0000
Curve parametar B		2.00		0.0000	0.7120
Curve parametar C		2.0		0.02	2.0
Curve parametar D		29.10		0.46	30.00
Curve parametar E		1.0		0.0	1.0
Io signal Sel		Measured Io			
Setting Group1					
Start value		0.04	xIn	0.05	5.00
Start value Mult		1.0		0.8	10.0
Time multipler		1.00		0.05	15.0
Operate delay time		20000	ms	40	200.000
Operating curve type		IEC Def. Time			
Type of reset curve		Immediate			

Tablica 3.18. Pregled parametara podešenja zaštite kod visokoomskih kvarova uređaja REF 615

3.3.5. Uređaj zaštite REB 670

Osnovna primjena uređaja REB 670, proizvođača "ABB", je zaštita sabirnica i zaštita od zatajenja prekidača 110 kV u TS 30(33)/110 kV Korlat.

Uređaj REB 670 je centralizirani sustav koji se ugrađuje u 110 kV ormar sekundarne opreme sekcijaskog polja.

Uz osnovnu funkciju zaštite sabirnica i zaštite od zatajenja prekidača 110 kV, uređaj REB 670 u jedinicama polja ima i funkciju nadstrujne zaštite koja se primjenjuje kao rezerva ostalim relejnim uređajima namijenjenim za šticećenje energetskih transformatora.

Podešenja nadstrujne zaštitne funkcije jedinice polja uređaja REB 670 jednaka su podešenjima nadstrujne zaštite uređaja RET 670.

4. ZAŠTITA POSTROJENJA 33 kV

4.1. Uvod

Na kvalitetu srednjenaponske mreže, koja je prvenstveno određena pouzdanošću isporuke električne energije, bitno utječe oblik mreže, način uzemljenja neutralne točke, vrste kvarova i smetnji, te odabrana relejna zaštita.

Kod odabira relejne zaštite treba uzeti u obzir ulogu štićenog elementa u elektroenergetskom sustavu obzirom na snagu i način priključka na mrežu, te moguće poremećaje. Elementi koji utječu na odabir relejne zaštite su sljedeći: očekivani kvarovi i smetnje, način uzemljenja zvjezdista, nazivni napon i oblik mreže, priključak štićenog objekta na elektroenergetski sustav, snaga štićenog objekta, odnosno duljina srednjenaponskog voda, te prilike pri kvarovima i smetnjama u mreži.

Kvarovi koji se javljaju u srednjenaponskim mrežama su:

- trolni i dvopolni kratki spoj bez spoja sa zemljom,
- trolni, dvopolni i jednopolni kratki spoj u mrežama sa uzemljenom neutralnom točkom,
- zemljospoj jedne faze u mrežama sa izoliranom ili kompenziranom neutralnom točkom.

Za zaštitu postrojenja 33 kV u TS 30(33)/110 kV Korlat odabran je uređaj relejne zaštite REF 615, proizvođača "ABB".

Uređaj REF 615 ima sljedeće funkcije zaštite:

- neusmjerena nadstrujna,

- usmjerena nadstrujna,
- neusmjerena zemljospojna,
- usmjerena zemljospojna,
- naponska zemljospojna,
- prekid faznog vodiča (nesimetrija),
- mogućnost prebacivanja $\sin\varphi/\cos\varphi$,
- zaštita od zatajenja prekidača CBFP,
- zaštita od preopterećenja.

U tablici 4.1 navedene su zaštitne funkcije uređaja REF 615, proizvođača "ABB", koje su odabrane za zaštitu 33 kV postrojenja u TS 30(33)/110 kV Korlat sa pripadajućim ANSI brojevima i oznakama funkcijskih blokova:

Zaštitna funkcija	ANSI broj	Oznaka bloka
Niskopodesiva nadstrujna zaštita	51	PHLPTOC1
Viskopodesiva nadstrujna zaštita	50	PHHPTOC1
Usmjerena zemljospojna zaštita	67N	DEFLPDEF

Tablica 4.1. Zaštitne funkcije uređaja REF 615 odabrane za šticeenje 33 kV postrojenja u TS 30(33)/110 kV Korlat

4.2. Proračun podešenja zaštite 33 kV vodnih polja =H2, =H3, =H5, =H6

Priključak svakog vjetroagregata na internu mrežu vjetroelektrane Korlat, ostvaruje se pomoću pridružene transformatorske stanice 0,69/33 kV. Interna mreža vjetroelektrane je kabelska, nazivnog napona 33 kV. Konfiguracija mreže 33 kV je radijalna. Kabelski rasplet prikazan je na slici 4.1..

Postrojenje 33 kV u TS 30(33)/110 kV Korlat je projektirano za 4 vodna polja.

Uređaj REF 615 povezuje se na strujne i naponske mjerne transformatore prema blok shemi prikazanoj na slici 4.1.

Tehnički podaci	Oznaka	Iznos		
Nazivna frekvencija	fn [Hz]	50		
Nazivni primarni napon	Upn [V]	33 $\sqrt{3}$		
Nazivni faktor napajanja / trajanje	Vf	1,9/ 8 h		
Nazivni sekundarni napon	Usn [V]	33 $\sqrt{3}$	33 $\sqrt{3}$	33 $\sqrt{3}$
Nazivna snaga	Sn [VA]	10	10	25
Razred točnosti	kl.	0,2	0,5	6P
Granična termička snaga	[VA]	200	200	500

Tablica 4.3. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju energetskog transformatora =H4

Priključak transformatorskih stanica 0.69/33 kV na 33 kV postrojenje u TS 30(33)/110 kV Korlat izvest će se standardnim kabelima NA2XS(F)2Y 20,8/36 kV 3x(1x240/16 mm²) i NA2XS(F)2Y 20,8/36 kV 3x(1x95/16 mm²). Podaci o kabelima prikazani su u tablicama 4.4. i 4.5.:

Tip kabela	NA2XS(F)2Y 1x240/16 mm ²
Nazivni napon (kV)	20,8/36
Rd1 (Ω/km)	0,125
Xd1 (Ω/km)	0,126
R01 (Ω/km)	0,500
X01 (Ω/km)	0,480
Imax(A)	510

Tablica 4.4. Tehnički podaci kabela za vezu između transformatorskih stanica 33/0,69 kV i 33 kV postrojenja

Tip kabela	NA2XS(F)2Y 1x95/16 mm ²
Nazivni napon (kV)	20,8/36
Rd1 (Ω/km)	0,320
Xd1 (Ω/km)	0,140
R01 (Ω/km)	1,280
X01 (Ω/km)	0,560
Imax(A)	270

Tablica 4.5. Tehnički podaci kabela za vezu između transformatorskih stanica 33/0,69 kV i 33 kV postrojenja

4.2.2. Rezultati proračuna kratkog spoja

U ovom proračunu korišteni su i podaci dobiveni proračunom struja kratkog spoja PowerCad, programskim paketom za analizu naponskih prilika i tokova snaga, kratkih i dozemnih spojeva u elektroenergetskim mrežama, za realno stanje mreže, dakle stvarno okruženje u kojem će sustav relejne zaštite djelovati.

Proračunom kratkog spoja sagledana je osnovna i pričuvna zona šticećenja. Osnovnu zonu šticećenja čini pripadajući 33 kV kabelski odvod koji se sastoji najčešće od više dionica, dok pričuvnu zonu šticećenja predstavlja blok transformator 33/0,69 kV.

Rezultati proračuna relevantni za odabir podešenja uređaja relejne zaštite su sljedeći:

- maksimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na kraju osnovne zone šticećenja (I_{Kmaxoz}),
- maksimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 0,69 kV (I_{Kmaxpz}),
- minimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na kraju osnovne zone šticećenja (I_{Kminoz}),
- maksimalna pogonska struja (I_{pogmax}).

Rezultati proračuna u vodnim poljima 33 kV prikazani su u tablici 4.6.:

Naziv voda	$I_{Kmaxoz}(kA)$	$I_{Kmaxpz}(kA)$	$I_{Kminoz}(kA)$	$I_{pogmax}(kA)$
=H2 (VA1, VA2, VA5, VA8)	7,80	1,00	6,75	0,245
=H3 (VA11, VA12, VA14, VA15, VA18)	9,43	1,02	8,17	0,306
=H5 (VA6, VA7, VA13, VA16, VA17)	7,72	1,01	6,69	0,306
=H6 (VA3, VA4, VA9, VA10)	8,28	1,01	7,17	0,245

Tablica 4.6. Rezultati proračuna u vodnim poljima 33 kV

4.2.3. Nadstrujna zaštita

Nadstrujna zaštita je zaštita kojom štitimo kabelsku mrežu od preopterećenja i kratkih spojeva.

Koriste se dva stupnja podešenja nadstrujne zaštite.

Prvi stupanj nadstrujne zaštite koristi se za niskopodesivi član nadstrujne zaštite.

U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku PHLPTOC1.

Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja se određuje iz uvjeta da ne dolazi do prorade zaštite kod maksimalne pogonske struje. Drugi uvjet je da proradna struja mora biti manja od minimalne vrijednosti struje kratkog spoja kod kvara na kraju osnovne zone šticećenja.

$$k_s \cdot I_{pogmax} < I_{pr} < I_{kminoz}$$

gdje je:

- I_{pr} - proradna struja,
- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,2$),
- I_{kminoz} - minimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na kraju osnovne zone šticećenja,
- I_{pogmax} - maksimalna pogonska struja.

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije niskopodesive nadstrujne zaštite.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 400 \text{ A}$$

Omjer primarne vrijednosti proradne struje nadstrujne zaštite i nazivne struje iznosi:

$$\text{Start value} = I_{pr} / I_n.$$

Vrijeme odgode prorade nadstrujne zaštite iznosi:

$$\text{Operate delay time} = 800 \text{ ms}$$

Korištenjem navedenog proračuna dobivaju se vrijednosti podešenja mjernog i vremenskog člana niskopodesive nadstrujne zaštite prikazane u tablici 4.7.:

Naziv voda	Start value (xIn)	Operate time (ms)
=H2 (VA1, VA2, VA5, VA8)	0,735	800
=H3 (VA11, VA12, VA14, VA15, VA18)	0,918	800
=H5 (VA6, VA7, VA13, VA16, VA17)	0,918	800
=H6 (VA3, VA4, VA9, VA10)	0,735	800

Tablica 4.7. Podešenje uređaja REF 615 za niskopodesivu nadstrujnu zaštitu

Drugi stupanj se koristi za visokopodesivi član nadstrujne zaštite (trenutna nadstrujna zaštita).

U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku PHHPTOC1. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja se određuje iz rezultata proračuna kratkog spoja. Zaštitna funkcija mora djelovati unutar osnovne zone štice i ne smije proraditi prilikom kvara u pričuвної zoni.

$$I_{pr} > k_s \cdot I_{kmaxpz}$$

gdje je:

- I_{pr} - proradna struja,
- k_s - koeficijent sigurnosti,
- I_{kmaxpz} - maksimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 0,69 kV.

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije trenutne nadstrujne zaštite.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 400 \text{ A}$$

Omjer primarne vrijednosti proradne struje nadstrujne zaštite i nazivne struje iznosi:

$$\text{Start value} = I_{pr} / I_n.$$

Vrijeme odgode prorade trenutne nadstrujne zaštite iznosi:

$$\text{Operate time} = 350 \text{ ms}$$

Pomoću gornjeg proračuna dobivaju se vrijednosti podešenja mjernog i vremenskog člana visokopodesive nadstrujne zaštite prikazane u tablici 4.8.:

Naziv voda	Start value (xIn)	Operate time (ms)
=H2 (VA1, VA2, VA5, VA8)	3,00	350
=H3 (VA11, VA12, VA14, VA15, VA18)	3,10	350
=H5 (VA6, VA7, VA13, VA16, VA17)	3,10	350
=H6 (VA3, VA4, VA9, VA10)	3,10	350

Tablica 4.8. Podešenje uređaja REF 615 za visokopodesivu nadstrujnu zaštitu

4.2.4. Usmjerena zemljospojna zaštita

Usmjerena zemljospojna zaštita je osjetljiva zaštita od kvarova sa zemljom. Podešenja funkcije usmjerene zemljospojne zaštite su ista za sva 33 kV polja.

U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku DEFLDEF1.

Primarna vrijednost prorađne struje releja računa se iz izraza:

$$I_{pr} = 0,06 \cdot k_s \cdot I_{pn} = 26,4$$

gdje je:

- I_{pr} - prorađna struja releja,
- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1.1$),
- I_{pn} - nazivna struja primara strujnog mjernog transformatora.

Sekundarna vrijednost napona prorade određuje se pomoću izraza:

$$U_{pr} = k_s \cdot U_{nes}$$

gdje je:

- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 2$),
- U_{nes} - ukupni napon nesimetrije u mreži bez kvara.

U ovom proračunu za U_{nes} odabrana je vrijednost:

$$U_{nes} = 5 \text{ V},$$

i čega proizlazi da je:

$$U_{pr} = 10 \text{ V}$$

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije usmjerene zemljospojne zaštite.

Vrijednost prorađne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 400 \text{ A}$$

Odbrana je vremenski neovisna radna karakteristika:

$$\text{Operating curve type} = 15$$

Zaštitna funkcija djeluje u slučaju jednopolnog kratkog spoja na šticeuom vodu, pa slijedi:

$$\text{Directional mode} = 2$$

Obzirom da je mreža je šticeuena preko malog djelatnog otpora za koji je odabire se $\cos\phi$ karakteristika, što se prikazuje kao:

Operation mode = 3

Omjer primarne proradne struje I_{pr} i nazivne struje I_n iznosi:

$$\text{Start current} = I_{pr} / I_n = 0,066 I_n$$

Omjer sekundarne vrijednosti napona praga prorade U_{pr} promatrane zaštitne funkcije i nazivnog napona U_n iznosi:

Start voltage = $U_{pr} / U_n = 0,1 U_n$

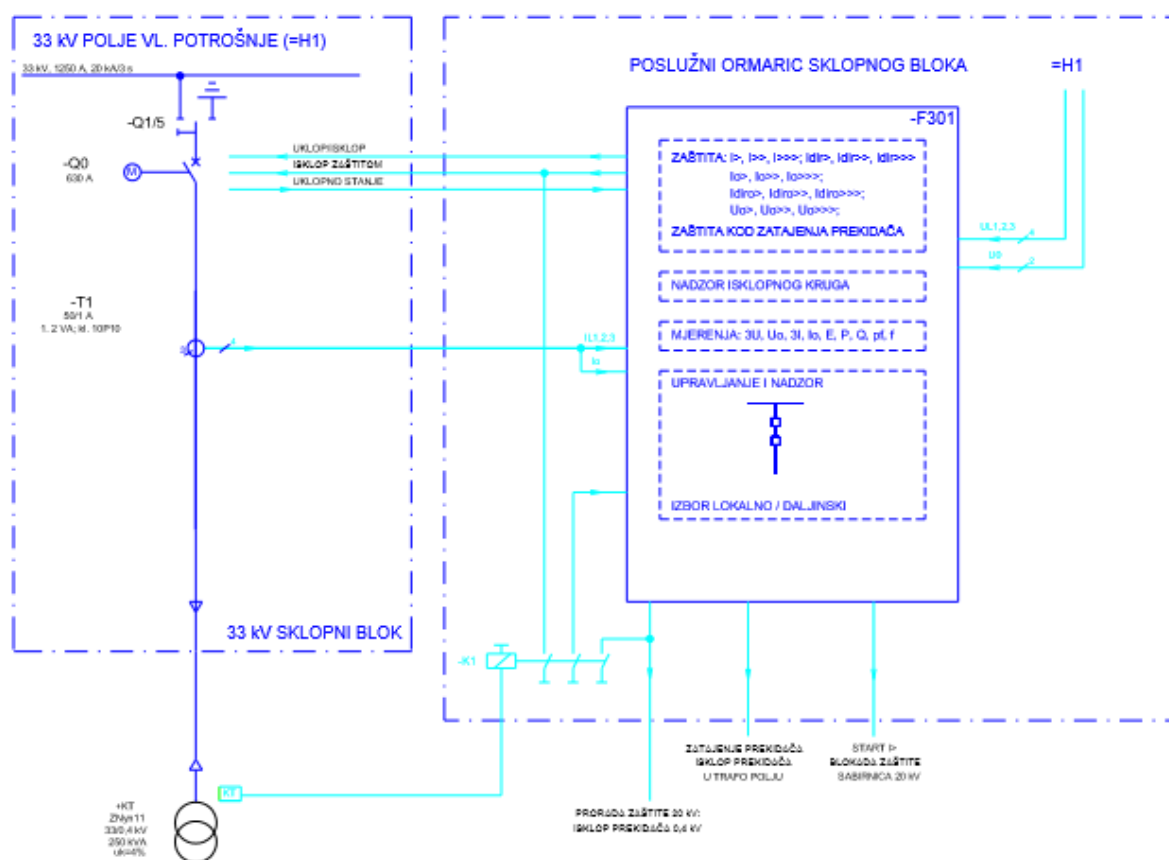
Vrijeme odgode prorade usmjerene zemljospojne zaštite iznosi:

Operate delay time = 800 s

4.3. Proračun podešenja zaštite 33 kV polja kućnog transformatora =H1

U TS 30(33)/110 kV Korlat ugradit će se jedan kućni transformator KT 33/0,4 kV.

Uređaji REF 615 povezuju se na strujne i naponske mjerne transformatore prema blok shemi prikazanoj na slici 4.2.



Slika 4.2. Blok shema priključka uređaja zaštite REF 615

4.3.1. Podaci potrebni za proračun

U TS 30(33)/110 kV Korlat predviđen je kućni transformator sa sljedećim nazivnim podacima:

- $U_n = 33/0,4$ kV,
- $S_n = 250$ kVA,
- $u_k = 4$ %,
- Grupa spoja = Znyn11.

U TS 30(33)/110 kV Korlat u polju kućnog transformatora 33 kV ugrađeni su strujni mjerni transformatori, dok su naponski mjerni transformatori ugrađeni u polju energetskog transformatora.

Podaci o strujnim mjernim transformatorima i naponskim mjernim transformatorima prikazani su u tablici 4.9., odnosno tablici 4.10.:

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra	II. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	50	50
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1	1
Razred točnosti	kl.	0,5	10 P 10
Nazivna trajna termička struj	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$
Faktor sigurnosti	F_s	10	
Nazivna snaga	S_n [VA]	5	2

Tablica 4.9. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u polju kućnog transformatora

Tehnički podaci	Oznaka	Iznos		
Nazivna frekvencija	f_n [Hz]	50		
Nazivni primarni napon	U_{pn} [V]	$33 \sqrt{3}$		
Nazivni faktor napajanja / trajanje	V_f	1,9/ 8 h		
Nazivni sekundarni napon	U_{sn} [V]	$33 \sqrt{3}$	$33 \sqrt{3}$	$33 \sqrt{3}$
Nazivna snaga	S_n [VA]	10	10	25
Razred točnosti	kl.	0,2	0,5	6P
Granična termička snaga	[VA]	200	200	500

Tablica 4.10. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju energetskog transformatora =H4

4.3.2. Nadstrujna zaštita

Zaštita kućnog transformatora izvedena je funkcijom nadstrujne zaštite.

Koriste se dva stupnja podešenja nadstrujne zaštite.

Prvi stupanj se koristi za niskopodesivi član nadstrujne zaštite.

U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku PHLPTOC1. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja se određuje iz uvjeta da ne dolazi do prorade zaštite kod maksimalne pogonske struje. U ovom slučaju ta je vrijednost jednaka nazivnoj struji primara kućnog transformatora.

Drugi uvjet je da proradna struja mora biti manja od minimalne vrijednosti struje kratkog spoja kod kvara na kraju osnovne zone šticećenja.

$$k_s I_{\text{pogmax}} < I_{\text{pr}} < I_{\text{Kminoz}}$$

gdje je:

- I_{pr} - proradna struja,
- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,3$),
- I_{Kminoz} - minimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na kraju osnovne zone šticećenja,
- I_{pogmax} - maksimalna pogonska struja.

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije niskopodesive nadstrujne zaštite.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 50 \text{ A}$$

Omjer primarne vrijednosti proradne struje nadstrujne zaštite i nazivne struje iznosi:

$$\text{Start value} = I_{\text{pr}} / I_n = k_s \cdot I_{\text{N1KT}} / I_n = 0,113 I_n$$

Vrijeme odgode prorade nadstrujne zaštite iznosi:

$$\text{Operate delay time} = 1000 \text{ ms}$$

Drugi stupanj se koristi za visokopodesivi član nadstrujne zaštite (trenutna nadstrujna zaštita).

U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku PHHPTOC1. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja se određuje iz uvjeta da ne dolazi do prorade kod kvarova na NN strani kućnog transformatora, te da odabirom podešenja postignemo neosjetljivost zaštite na struje kod uključanja transformatora. U ovom proračunu struja uključanja transformatora iznosi $I_{\text{UKTR}} = 250 \text{ A}$.

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije trenutne nadstrujne zaštite.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 50 \text{ A}$$

Omjer sekundarne vrijednosti proradne struje nadstrujne zaštite i nazivne struje iznosi:

$$\text{Start value} = I_{pr} / I_n = 10,0 I_n$$

Vrijeme odgode prorade trenutne nadstrujne zaštite iznosi:

$$\text{Operate delay time} = 100 \text{ ms}$$

4.4. Proračun podešenja zaštite 33 kV polja energetskog transformatora =H4

4.4.1. Podaci potrebni za proračun

Podaci o energetskom transformatoru TR1, tip: 20TRP 63000-123, SIEMENS prikazani su u tablici 4.11.:

Tehnički podaci	Primar	Sekundar
Nazivni napon [kV]	110+/-10 x 1.5%	33
Nazivna snaga [MVA]	63	63
Nazivna struja [A]	330.66	1102.21
Vektorska grupa – spoj	YN	d
Vektorska grupa – broj	/	5
Napon kratkog spoja uk [%]	11	

Tablica 4.11. Tehnički podaci energetskih transformatora TR1 20TRP 63000-123, SIEMENS

Podaci o strujnim mjernim transformatorima ugrađenima u transformatorskom polju 33 kV (=H4) prikazani su u tablici 4.12.:

Tehnički podaci	Oznaka	I. jezgra	II. jezgra	III. jezgra
Nazivna primarna struja	I_{pn} [A]	1250	1250	1250
Nazivna sekundarna struja	I_{sn} [A]	1	1	1
Razred točnosti	kl.	0,2	5 P 20	10 P 10
Prošireni mjerni opseg	Ext[%]	120		
Nazivna trajna termička struja	I_{cth} [A]	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$	$1,2 \cdot I_n$
Faktor sigurnosti	FS	10		
Nazivna snaga	S_n [VA]	10	30	10

Tablica 4.12. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u polju =H4

Podaci o naponskim mjernim transformatorima ugrađenim u transformatorskom polju 33 kV (=H4) prikazani su u tablici 4.13.:

Tehnički podaci	Oznaka	Iznos		
Nazivna frekvencija	f_n [Hz]	50		
Nazivni primarni napon	U_{pn} [V]	$33 \sqrt{3}$		
Nazivni faktor napajanja / trajanje	V_f	1,9/ 8 h		
Nazivni sekundarni napon	U_{sn} [V]	$33 \sqrt{3}$	$33 \sqrt{3}$	$33 \sqrt{3}$
Nazivna snaga	S_n [VA]	10	10	25
Razred točnosti	$kl.$	0,2	0,5	6P
Granična termička snaga	[VA]	200	200	500

Tablica 4.13. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju =H4

4.4.2. Nadstrujna zaštita

Za zaštitu transformatora od velikih struja kod pojave međufaznih kratkih spojeva u 33 kV mreži koristi se nadstrujna zaštita sekundara. Koriste se dva stupnja podešenja nadstrujne zaštite. Prvi stupanj se koristi za niskopodesivi član nadstrujne zaštite. U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku PHLPTOC1. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja se određuje iz uvjeta da ne dolazi do prorade zaštite kod maksimalne pogonske struje. U ovom slučaju ta je vrijednost jednaka nazivnoj struji sekundara energetskog transformatora.

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije nadstrujne zaštite.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 1250 \text{ A}$$

Omjer sekundarne vrijednosti proradne struje nadstrujne zaštite i nazivne struje iznosi:

$$\text{Start value} = I_{pr} / I_n = k_s \cdot I_{N2ET} / I_n = 1,14 I_n$$

gdje je:

- k_s - koeficijent sigurnosti (u ovom proračunu je $k_s = 1,3$).

Vrijeme odgode prorade nadstrujne zaštite uvjetovano je zahtjevom za selektivnost i iznosi:

$$\text{Operate time} = 1200 \text{ ms}$$

Drugi stupanj se koristi za visokopodesivi član nadstrujne zaštite (trenutna nadstrujna zaštita).

U spomenutom terminalu polja ova zaštitna funkcija nosi oznaku PHHPTOC1. Odabrana je vremenski neovisna karakteristika. Proradna struja se određuje iz rezultata proračuna kratkog spoja na sabirnicama 33 kV postrojenja.

Podešenje se odabire iz uvjeta proradna struja mora biti manja od minimalne vrijednosti struje kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV postrojenja u TS 30(33)/110 kV Korlat.

Vrijednost proradne struje releja računa se iz izraza:

$$I_{pr} < I_{kmin2}$$

gdje je:

- I_{pr} - proradna struja,
- I_{kmin2} - minimalna vrijednost struje kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV postrojenja.

Trenutna nadstrujna zaštita sekundara koristi se za zaštitu srednjenaponskih sabirnica bez vremenske odgode primjenom „reverse interlocking” sheme. Ova zaštita je blokirana proradom nadstrujnih zaštita u vodnim poljima i polju kućnog transformatora.

Slijedi proračun parametara podešenja funkcije trenutne nadstrujne zaštite.

Vrijednost proradne struje podešava se u odnosu na nazivnu struju strujnog mjernog transformatora i iznosi:

$$I_n = 1250 \text{ A}$$

Omjer sekundarne vrijednosti proradne struje nadstrujne zaštite i nazivne struje terminala polja iznosi:

$$\text{Start value} = I_{pr} / I_n = 3,69 I_n$$

Vrijeme odgode prorade trenutne nadstrujne zaštite iznosi:

$$\text{Operate delay time} = 200 \text{ ms}$$

4.4.3. Zaštita od zatajenja prekidača

Zatajenje prekidača je situacija kada zaštita ispravno djeluje i pošalje signal isklopa na prekidač, a prekidač ne isklopi.

Zaštita od zatajenja prekidača (CBFP) u tom slučaju ima funkciju da nakon zadanog vremena isklopi prvi sljedeći prekidač koji se nalazi prema izvoru napajanja.

Zaštita od zatajenja prekidača je funkcija unutar uređaja numeričke zaštite koja se aktivira nalogom za isklonj jedne od ostalih funkcija zaštite. Ukoliko ne dođe do prekidanja struje kvara, nakon zadanog vremena dolazi do isklopa prekidača svih polja koja su izvor napajanja mjesta kvara. To su prekidači u polju energetkog transformatora (=H4) i vodnim poljima vjetroagregata (=H2, =H3, =H5, =H6).

Obzirom da se u postrojenju TS 30(33)/110 kV Korlat ugrađuju vakuumski prekidači kojima vrijeme isklopa iznosi oko 80 ms, vremenski član funkcije zaštite od otkaza prekidača podešava se na vrijednost:

$$t = 200 \text{ ms}$$

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prezentirana je relejna zaštita postrojenja 33 kV te energetskog transformatora 110/33 kV TR1 smještenih u TS Korlat.

Odabiru relejne zaštite treba posebno oklanjati posebna pozornost kako zbog kvalitetnog štíćenja elemenata mreže tako i zbog utjecaja na pouzdanost pogona elektroenergetskog sustava i sigurnosti u opskrbi potrošača.

Izvršeni su proračuni podešenja funkcija relejne zaštite integriranih u numeričkim uređajima zaštite koji se koriste za štíćenje navedenih elemenata vjetroelektrane, za slučajeve nastupa međufaznog te dozemnog kratkog spoja. Prezentiran je i sažet prikaz teoretskih podloga korištenih funkcija relejne zaštite. Pri proračunima su uzeti u obzir svi osnovni kriteriji kvalitetnog rada relejne zaštite, a dobiveni podaci koriste se kao podloga za ispravno podešenje numeričkih uređaja zaštite.

U poglavlju 2. prikazano je i opisano postrojenje 110 kV. U poglavljima 3. i 4. prikazani su konkretni proračuni podešenja funkcija relejne zaštite energetskog transformatora 30(33)/110 kV te zaštite postrojenja 33 kV.

Relejna zaštita ima zadaću štíćenja elemenata elektroenergetskog sustava kod nastanka kvara , što je u uskoj vezi sa pouzdanim i sigurnim funkcioniranjem cijelog elektroenergetskog sustava.

LITERATURA

1. Božuta, F.: Atomatski zaštitni uređaji elektroenergetskih postrojenja, Svjetlost, Sarajevo, 1989.
2. Sarajčev, P; Kosor, R.: Predavanja iz kolegija ZAŠTITA U EES
3. Jelić, M.; Mikulić, S.: Proračun kratkog spoja u prijenosnoj mreži Hrvatske za nazivnu 2015/2020. godinu, Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 2010.
4. HOPS d.o.o., PrP Split: Jednopolne sheme transformatorskih stanica PrPSplit;
5. Tehnički podaci o elementima mreže PrP Split
6. KONČAR-Elektroindustrija d.d.: Tehnički priručnik, Zagreb, ožujak 1990.
7. ABB: RET 670 Differential Protection, Manual
8. ABB: REF 615 Overcurrent Protection, Manual
9. ABB: REB 670 Busbar Protection, Manual

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Jednopolna shema 110 kV postrojenja u TS 30(33=)/110 kV Korlat	5
Slika 3.1. Blok shema priključka uređaja relejne zaštite i upravljanja energetskog transformatora TR1	7
Slika 3.2. Radna karakteristika funkcije diferencijalne zaštite uređaja RET 670	8
Slika 4.1. Blok shema priključka uređaja zaštite REF 615	26
Slika 4.2. Blok shema zaštite priključka uređaja zaštite REF 615	32

POPIS TABLICA

Tablica 3.1. Zaštitne funkcije uređaja RET 670 odabrane za šticeenje energetskog transformatora u TS 30(33)/110 kV Korlat.....	9
Tablica 3.2. Tehnički podaci energetskog transformatora TR1 tip 20TRP 63000-123, SIEMENS.....	9
Tablica 3.3. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u 110 kV polju =E5	10
Tablica 3.4. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u 30(33) kV polju =H4	10
Tablica 3.5. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora (-T42) u zvjezdištu 30(33) kV strane transformatora ispred MDO.....	11
Tablica 3.6. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora (-T22) u zvjezdištu 30(33) kV strane transformatora iza MDO.....	11
Tablica 3.7. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u zvjezdištu 110 kV strane energetskog transformatora	11
Tablica 3.8. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora ugrađenim u polju =E5.....	12
Tablica 3.9. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju =H4	12
Tablica 3.10. Rezultati proračuna trolnog kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat.....	13
Tablica 3.11. Rezultati proračuna dvopolnog kratkog spoja kod kvara na sabirnicama 33 kV napona u TS 30(33)/110 kV Korlat.....	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.
Tablica 3.12. Pregled parametara podešenja diferencijalne zaštite uređaja RET 670	15
Tablica 3.13. Pregled parametara udešenja ograničene zemljospojne zaštite sekundarne strane transformatora uređaja RET 670.....	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.
Tablica 3.14. Pregled parametara podešenja nadstrujne zaštite primara uređaja RET 670	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.
Tablica 3.15. Pregled parametara podešenja termičke zaštite uređaja RET 670	19
Tablica 3.16. Pregled parametara podešenja funkcije nadstrujne zaštite uređaja REF 615.....	21
Tablica 3.17. Pregled parametara podešenja funkcije nadstrujne zaštite uređaja REF 615.....	22
Tablica 3.18. Pregled parametara podešenja zaštite kod visokoomskih kvarova uređaja REF 615.....	23
Tablica 4.1. Zaštitne funkcije uređaja REF 615 odabrane za šticeenje 33 kV postrojenja u TS 30(33)/110 kV Korlat.....	25
Tablica 4.2. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u vodnim poljima =H2, =H3, =H5, =H6.....	26
Tablica 4.3. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju energetskog transformatora =H4).....	27
Tablica 4.4. Tehnički podaci kabela za vezu transformatorskih stanica 33/0,69 kV i 33 kV postrojenja	27
Tablica 4.5. Tehnički podaci kabela za vezu transformatorskih stanica 33/0,69 kV i 33 kV postrojenja	27
Tablica 4.6. Rezultati proračuna u vodnim poljima 33 kV	28
Tablica 4.7. Podešenje uređaja REF 615 za niskopodesivu nadstrujnu zaštitu.....	29
Tablica 4.8. Podešenje uređaja REF 615 za viskopodesivu nadstrujnu zaštitu.....	30

Tablica 4.9. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u polju kućanskog transformatora	33
Tablica 4.10. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju energetskog transformatora =H4	33
Tablica 4.11. Tehnički podaci energetskih transformatora TR1 20TRP 63000-123, SIEMEN	35
Tablica 4.12. Tehnički podaci strujnog mjernog transformatora u polju =H4.....	35
Tablica 4.13. Tehnički podaci naponskog mjernog transformatora u polju =H4	36