

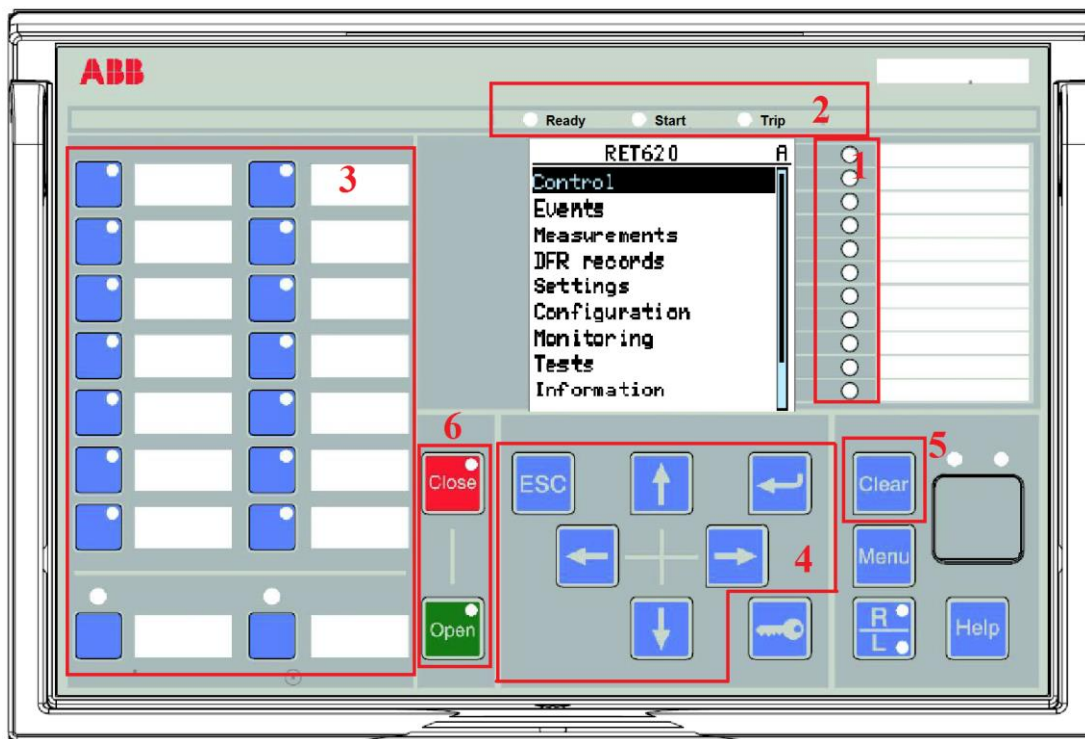


ISPITIVANJE DIFERENCIJALNE ZAŠTITE RET 620

1. Uvod

ABB RET 620 je relej za zaštitu, upravljanje, merenje i nadzor dvonamotajnih transformatora, kao i blokove generator - transformator. Ključne karakteristike ovog releja su da pruža širok opseg funkcija zaštite i upravljanja za dvonamotajne energetske transformatore, uključujući brzu diferencijalnu zaštitu sa velikom stabilnošću u odnosu na struje uključivanja transformatora u praznom hodu. Releji podržava različite mogućnosti uzemljenja neutralne tačke energetskog transformatora i pruža izbor odgovarajuće zemljospojne zaštite. Ovaj relej podržava IEC 61850 standard komunikacije i kompatibilan je sa uređajima automatike postrojenja.

LHMI (*Local human - machine interface*) služi za podešavanje, nadzor i upravljanje relejima. LHMI podrazumeva ekran, tastere, LED indikatore i komunikacione portove (Sl. 1). Iznad displeja se nalaze 3 LED indikatora: *Ready*, *Start* i *Trip*, koji ukazuju da je relej spreman za rad, pobuđen i reagovao, respektivno. Postoji 16 programabilnih funkcionalnih tastera sa LED - ovima. Tastatura sadrži tastere koji se koriste za kretanje kroz meni. Preko tastera se može izvršiti podešavanje parametara releja, definisanje karakteristike zaštite, očitavanje merenih veličina, brisanje signalizacije LED indikatora, i mnoge druge aktivnosti među kojima su zadavanje komandi za otvaranje ili zatvaranje prekidača ili rastavljača, potvrđivanje alarma, kvitiranje zaštite, izbor lokalne ili daljinske komande.



Slika 1. Releji RET 620

Legenda: 1- Programabilne led diode; 2- Led diode za sopstveni nadzor; 3- Funkcionalni tastere; 4- Tastere za kretanje po meniju; 5- Taster za brisanje događaja i indikacija; 6- Tastere za upravljanje rasklopnim elementima



Druga opcija za podešavanje, nadzor i upravljanje relejima je preko računara (WHMI- *Web Human Machine Interface*). WHMI omogućava korisniku pristup IED-u (*Intelligent Electronic device*) putem internet pretraživača. WHMI nudi nekoliko funkcija, među kojima su:

- indikacije alarma i liste događaja,
- nadzor sistema,
- podešavanja parametara,
- prikaz merenja,
- oscilografski zapisi,
- fazorski dijagram.

Struktura stabla menija na WHMI je gotovo identična onoj na LHMI (Sl. 2).

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Operation	off	off				
High operate value #	500	500	%Ir	500	3000	10
Enable high set #	True	True				
Low operate value #	40	40	%Ir	5	50	1
Slope section 2 #	30	30	%	10	50	1
End section 2 #	300	300	%Ir	100	500	1
Restraint mode #	2.h + 5.h + wav	2.h + 5.h + wav				
CT connection type	Type 1	Type 1				
Winding 1 type	D	D				
Winding 2 type	yn	yn				
Clock number	Clk Num 11	Clk Num 11				
Zro A elimination	Not eliminated	Not eliminated				
Min winding tap	36	36		-36	36	1
Max winding tap	0	0		-36	36	1
Tap nominal	18	18		-36	36	1
Tapped winding	Not in use	Not in use				
Step of tap	1.50	1.50	%	0.60	9.00	0.01
Harmonic deblock 2. #	True	True				
Start value 2.H #	15	15	%	7	20	1
Start value 5.H #	30	30	%	10	50	1
Stop value 5.H #	50	50	%	10	50	1
Harmonic deblock 5. #	False	False				
CT ratio Cor Wnd 1	1.11	1.11		0.40	4.00	0.01
CT ratio Cor Wnd 2	0.71	0.71		0.40	4.00	0.01

Slika 2 Primer prikaza WHMI

Treća opcija za podešavanje, nadzor i upravljanje relejima je preko softverskog paketa PCM600 (Protection and Control Manager) koji nudi sve neophodne alate za rad sa inteligentnim elektronskim uređajima (IED – Intelligent Electronic Device). Ovaj softver koristi se za učitavanje konfiguracija sa i na releje, modifikovanje postojećih konfiguracija, kao i čitanje merenja i događaja koji su upisani u internoj memoriji releja. Direktna komunikacija između ovog softvera i inteligentnog uređaja ostvaruje se povezivanjem računara sa tim uređajem putem LAN kabela.

2. Zaštita enetgetskog transformatora

Odabir zaštite transformatora zavisi od upotrebe i važnosti transformatora.

Kvarovi u transformatoru mogu biti:

- kvarovi na namotajima i priključcima,
- kvarovi jezgra,
- kvarovi transformatorskog suda i dodataka,
- kvar regulacione sklopke,
- opasni pogonski uslovi,
- dugotrajni ili neotklonjeni spoljašnji kvarovi.



Mikroprocesorski releji pružaju sve potrebne zaštitne funkcije u jednom uređaju, za razliku od elektromehaničkih releja koji zahtevaju više uređaja sa međuvezama.

U okviru vežbe će biti testirane četiri zaštitne funkcije releja RET 620 koje su prikazane u Tab. 1.

Tabela 1. Testirane zaštitne funkcije releja RET 620

ZAŠTITA	IEC 61850	IEC 60617	ANSI
Stabilizovana i trenutna diferencijalna zaštita dvonamotajnog transformatora	TR2PTDF	3dI>T	87T
Ograničena zemljospojna zaštita	LREFPNDP	dI ₀ >	87N
Trofazna neusmerena brza prekostrujna zaštita	PHHPTOC	3I>>	51
Inverzna prekostrujna zaštita	NSPTOC	I ₂ >	46

3. Konfigurisanje diferencijalne zaštite RET 620

3.1. Stabilizovana i trenutna diferencijalna zaštita dvonamotajnog transformatora

Stabilizovana diferencijalna zaštita je namenjena za zaštitu dvonamotajnih transformatora i bloka generator - transformator. Zaštitna funkcija TR2PTDF sadrži niži stepen sa zavisnom karakteristikom i viši stepen sa nezavisnom karakteristikom (Sl. 3). Diferencijalna zaštita sadrži blokadu po drugom harmoniku, koja zajedno sa algoritmima baziranim na raspoznavanju talasnog oblika, omogućava uključivanje transformatora u praznom hodu na mrežu. Kada energetski transformator radi sa povišenim naponom, struja magnećenja raste što može izazvati nepotrebno reagovanje zaštite. U takvom režimu struja transformatora sadrži treći i peti harmonik. Kako se treći harmonik može javiti i iz drugih razloga, za blokadu diferencijalne zaštite u ovom slučaju koristi se peti harmonik diferencijalne struje. Viši stepen obezbeđuje brzo reagovanje pri kvarovima sa velikim vrednostima diferencijalne struje bez obzira na harmonijski sastav. Zaštita može postati osetljivija uvažavanjem informacije o poziciji regulacione sklopke, ukoliko postoji. Usklađivanje amplituda i fazne razlike struja na primaru i sekundaru energetskog transformatora se vrši numerički.

Osnovna podešenja u okviru zaštitne funkcije TR2PTDF su:

- sprega i sprežni broj dvonamotajnog energetskog transformatora,
- podešenja karakteristike reagovanja stabilizovane diferencijalne zaštite,
- blokada po drugom harmoniku, petom harmoniku i prepoznavanju talasnog oblika struje,
- korekcija prenosnog odnosa strujnih transformatora,
- kompenzacija pozicije regulacione sklopke.

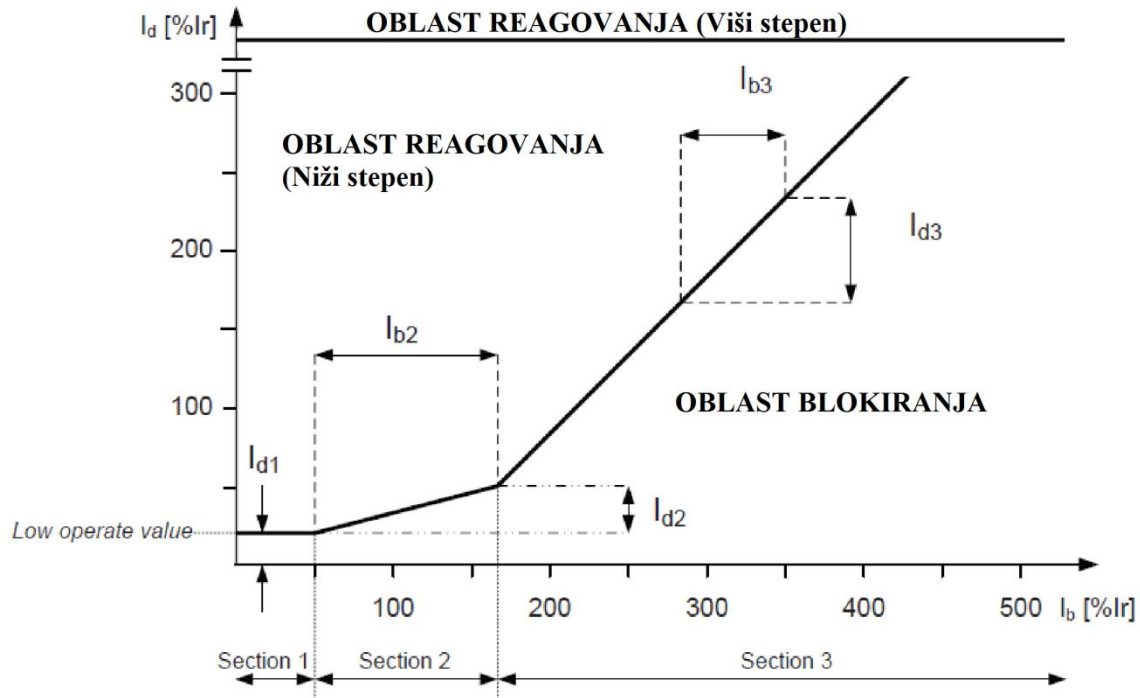
Funkcija TR2PTDF se može omogućiti ili onemogućiti izborom *On* ili *Off*.

3.1.1. Karakteristika reagovanja stabilizovane diferencijalne zaštite

Karakteristika reagovanja je prikazana na Sl. 3. Podešenja karakteristike su ista za sve faze. Kada vrednost diferencijalne struje pređe vrednost koja je određena karakteristikom, relej se pobudi. Ako vrednost diferencijalne struje ostane iznad ove vrednosti određeno vreme, relej reaguje.



Reagovanje se može blokirati po drugom ili petom harmoniku, ili pomoću specijalnih algoritima koji detektuju udarne struje prepoznavanjem njenog talasnog oblika.



Slika 3. Karakteristika reagovanja energetskog transformatora

Vrednost *Low operate value* na karakterisici reagovanja:

$$\text{Low operate value} = I_{d1}$$

Slope section 2 i *Slope section 3* su određeni:

$$\text{Slope section 2} = \frac{I_{d2}}{I_{b2}} \cdot 100\%$$

$$\text{Slope section 3} = \frac{I_{d3}}{I_{b3}} \cdot 100\%$$

Prva tačka je fiksna, a druga tačka *End section 2* se može podešavati u opsegu od 100% do 500%. Nagib karakteristike reagovanja ima različite vrednosti u sekcijama 2 i 3.

U sekciji 1, gde je $0\%I_r < I_b < \text{End section 1}$, *End section 1* je fiksna i iznosi $50\%I_r$. *Low operate value* pokriva struju magnećenja ET - a i manje nepravilnosti ST - a.



Sekcija 2, gde je $End\ section\ 1 < I_b/I_n < End\ section\ 2$, je zavisan deo karakteristike sa nadibom *Slope section 2*. Pri izboru nagiba karakteristike u sekciji 2 treba razmotriti i uvažiti mogućnost pojave zasićenja ST pri spoljašnjim kratkim spojevima.

U sekciji 3, gde je $I_b/I_n > End\ section\ 2$, nagib karakteristike se podešava preko *Slope section 3*. Pri izboru nagiba karakteristike u sekciji 3 treba razmotriti i uvažiti mogućnost pojave dubokog zasićenja ST pri spoljašnjim kratkim spojevima.

Deo korisničkog prozora za unos podešenja zaštitne funkcije TR2PTDF u okviru WHMI je prikazan na Sl. 4.

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.
Operation	off	off			
High operate value #	500	500	%Ir	500	3000
Enable high set #	True	True			
Low operate value #	40	40	%Ir	5	50
Slope section 2 #	30	30	%	10	50
End section 2 #	300	300	%Ir	100	500
Restraint mode #	2.h + 5.h + wav	2.h + 5.h + wav			
CT connection type	Type 1	Type 1			
Winding 1 type	D	D			
Winding 2 type	yn	yn			
Clock number	Clk Num 11	Clk Num 11			
Zro A elimination	Not eliminated	Not eliminated			
Min winding tap	36	36		-36	36
Max winding tap	0	0		-36	36
Tap nominal	18	18		-36	36
Tapped winding	Not in use	Not in use			
Step of tap	1.50	1.50	%	0.60	9.00
Harmonic deblock 2. #	True	True			
Start value 2.H #	15	15	%	7	20
Start value 5.H #	30	30	%	10	50
Stop value 5.H #	50	50	%	10	50
Harmonic deblock 5. #	False	False			
CT ratio Cor Wnd 1	1.11	1.11		0.40	4.00
CT ratio Cor Wnd 2	0.71	0.71		0.40	4.00

Slika 4. Podešenja u okviru zaštitne funkcije TR2PTDF

3.1.2. Korekcija prenosnog odnosa strujnih transformatora

Prenosni odnos strujnih transformatora se koriguje sa obe strane ET - a u u okviru podešenja *CT ratio Cor Wnd 1* i *CT ratio Cor Wnd 2*.

Prvo se mora izračunati struja ET - a sa obe strane koristeći nominalnu snagu i fazni napon.

$$I_{nT} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

gde su: I_{nT} - nominalna struja ET - a,
 S_n - nominalna snaga transformatora,
 U_n - nominalni fazni napon.

Zatim se odredi korekcija prenosnog odnosa ST - a:

$$CT_{ratio\ correction} = \frac{I_{1n}}{I_{nT}}$$

gde je I_{1n} - nominalna primarna struja ST - a.

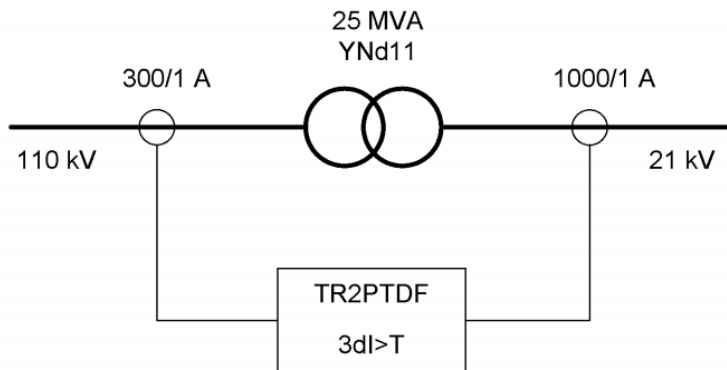


Nakon $CT_{ratio\ correction}$ izmerene struje i odgovarajuće podešene vrednosti TR2PTDF se izražavaju kao umnožak nominalne struje ET - a $I_r(\times I_r)$ ili u procentima $I_r(\%I_r)$.

Ulazna struja releja (1A ili 5A) ne mora biti ista na VN i NN strani. Na primer, nominalna struja od 5A se može koristiti na VN strani, dok se na NN strani koristi od 1A, ili obrnuto.

3.1.2.1. Primer određivanja $CT\ ratio\ Cor\ Wnd\ 1$ i $CT\ ratio\ Cor\ Wnd\ 2$

Nominalna snaga transformatora je 25 MVA, prenosni odnos ST-a na 110 kV strani je 300/1 A/A, a na 21kV je 1000/1 A/A.



Slika 5. Primer

VN strana:

$$I_{nT_Wnd1} = \frac{25MVA}{\sqrt{3} \cdot 110kV} = 131.2A$$

NN strana:

$$I_{nT_Wnd2} = \frac{25MVA}{\sqrt{3} \cdot 21kV} = 687.3A$$

Podešenja:

$$CT\ ratio\ Cor\ Wnd1 = \frac{300A}{131.2A} = 2.29$$

$$CT\ ratio\ Cor\ Wnd2 = \frac{1000A}{687.3A} = 1.45$$

3.2. Ograničena zemljospojna zaštita

Kod ET-a sa zvezdištem uzemljenim preko niskoomske impedanse, fazna diferencijalna zaštita ne štiti ceo namotaj od unutrašnjih jednofaznih kratkih spojeva. Za takve kvarove koristi se ograničena zemljospojna zaštita. Ova zaštita se izvodi posebno za primarne i sekundarne namotaje transformatora, zato se naziva ograničena. Ograničena zemljospojna zaštita se obično primenjuje i kada je neutralna tačka efikasno uzemljena.



Oba namotaja transformatora se mogu štititi odvojeno koristeći ograničenu zemljospojnu zaštitu. Na taj način se obezbeđuje zaštita sa brzim reagovanjem pri kratkim spojevima sa zemljom za čitav transformator.

Deo korisničkog prozora za unos podešenja zaštitne funkcije LREFPNDF u okviru WHMI je prikazan na Sl. 6. Funkcija LREFPNDF se može omogućiti ili onemogućiti izborom *On* ili *Off*.

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.
Operation	on	on			
Operate value #	5	5	%In	5	50
Minimum operate time #	40	40	ms	40	300000
Restraint mode #	None	None			
Start value 2.H #	50	50	%In	10	50
Reset delay time	20	20	ms	0	60000
CT connection type	Type 2	Type 2			

Slika 6. Podešenja u okviru zaštitne funkcije LREFPNDF

3.3. Trofazna neusmerena brza prekostrujna zaštita

Mali ET-i kao zaštitu od unutrašnjih međufaznih kvarova koriste brzu prekostrujnu zaštitu. Radi veće osetljivosti koristi se brza trofazna prekostrujna zaštita, bez obzira da li je zvezdište ET-a uzemljeno ili ne. Prag reagovanja je potrebno izabrati tako da bude veći od udarne struje uključenja transformatora, ukoliko se ne koristi blokada po višim harmonicima.

Deo korisničkog prozora za unos podešenja zaštitne funkcije PHHPTOC u okviru WHMI je prikazan na Sl. 7. Funkcija TR2PTDF se može omogućiti ili onemogućiti izborom *On* ili *Off*.

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.
Operation	off	off			
Num of start phases	1 out of 3	1 out of 3			
Start value #	0.20	0.20	xIn	0.10	40.00
Start value Mult #	1.0	1.0		0.8	10.0
Time multiplier #	1.00	1.00		0.05	15.00
Operate delay time #	1000	1000	ms	40	200000
Minimum operate time	20	20	ms	20	60000
Reset delay time	20	20	ms	0	60000
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time			
Type of reset curve #	Immediate	Immediate			
Measurement mode	DFT	DFT			

Slika 7. Podešenja u okviru zaštitne funkcije PHHPTOC

3.4. Prekostrujna zaštita inverzne komponente struje

Pošto inverzna prekostrujna zaštita inverzne komponente struje ne reaguje na simetrično opterećenje ili trofazne kvarove, osetljivost zaštite od nesimetričnih kvarova se može podesiti prema potrebama. Ovaj relej će pružiti zaštitu i od nesimetričnog opterećenja, u koje spada i prekid faze.

Deo korisničkog prozora za unos podešenja zaštitne funkcije NSPTOC u okviru WHMI je prikazan na Sl. 8. Funkcija NSPTOC se može omogućiti ili onemogućiti izborom *On* ili *Off*.



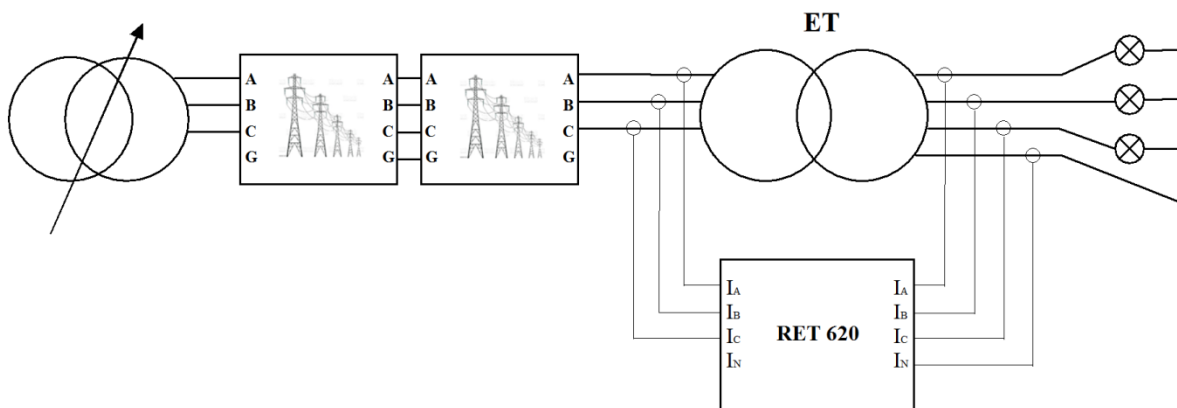
Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.
Operation	off	off			
Start value #	0.02	0.02	xIn	0.01	5.00
Start value Mult #	1.0	1.0		0.8	10.0
Time multiplier #	1.00	1.00		0.05	15.00
Operate delay time #	1000	1000	ms	40	200000
Minimum operate time	20	20	ms	20	60000
Reset delay time	20	20	ms	0	60000
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time			
Type of reset curve #	Immediate	Immediate			

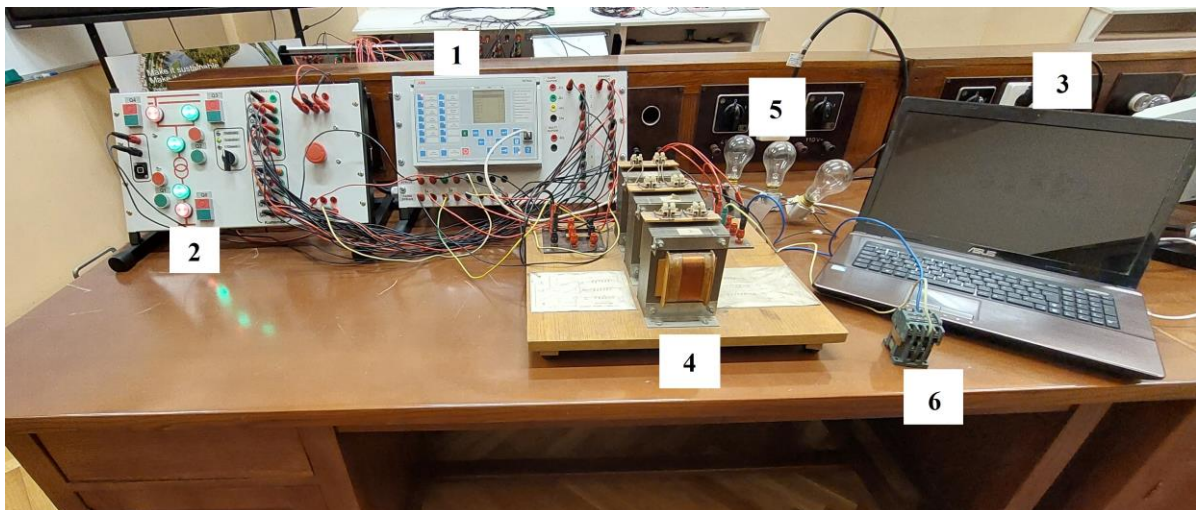
Slika 8. Podešenja u okviru zaštitne funkcije NSPTOC

4. Postupak izrade vežbe

Fizički model trofaznog transformatora, koji će biti korišćen, napravljen je od tri monofazna transformatora, osnovnih karakteristika za jedan transformator: $S_n=300\text{VA}$, primar: $U_n=380\text{V}$, $I_n=0.9\text{A}$, sekundar: $U_n=220\text{V}$, $I_n=1.4\text{A}$. Transformator je povezan tako da bude sprege Dyn11. Kao opterećenje koristeće se sijalice. Na Sl. 9. je prikazana šema veza koja će biti korišćena, a na Sl. 10. fotografija merne opreme.



Slika 9. Principijelna šema za ispitivanje diferencijalne zaštite RET620



Slika 10. Fotografija merne opreme

Legenda: 1- RET620; 2- Transformatorsko polje sa prekidačem; 3- Računar za WHMI komunikaciju sa relejom; 4- ET; 5- Sijalice; 6- Kontaktor za pravljenje kvarova;



U konfiguraciji releja podešen prenosni odnos strujnih transformatora na primaru i sekundaru energetskog transformatora je 1A:1A, odnosno naponskih transformatora 1V:1V. Kvarove unutar i van zone zaštite diferencijalnog releja moguće je izvesti pomoću kontaktora, tako što se njegovi izlazni priključci povežu između dve tačke gde se želi generisati kvar. Pritiskom na taster generiše se kratak spoj na mestu gde je povezan kontaktor. Na ovaj način moguće je simulirati međufazni kvar između proizvoljnih faza, kao i jednofazni kratak spoj neke faze.

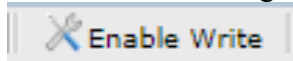
Zadaci za izradu vežbe:

1. Izvršiti testiranje stabilizovane diferencijalne zaštite dvonamotajnog transformatora.

U okviru WHMI na stablu sa leve strane korisničkog prozora u okviru opcije Settings/Differential protection pronaći zaštitnu funkciju TR2PTDF (Sl. 11).

Uneti podešenja dobijena na vežbi.

Da bi unos bio omogućen prvo kliknuti na



Nakon unosa podešenja potrebno ih je sačuvati i upisati u relej.

Prema uputstvu dobijenom na vežbama, simulirati međufazne kratke spojeve unutar i van zone zaštite releja.

The screenshot shows the ABB WHMI software interface. The left sidebar displays a tree view of settings, with 'Differential prot' expanded to show 'TR2PTDF1'. The main window displays the 'Parameter Setting' table for 'TR2PTDF1 (Transformer differential protection of two winding transformers)'. The table lists various parameters and their values.

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.
Operation	off	off			
High operate value #	500	500	%Ir	500	3000
Enable high set #	True	True			
Low operate value #	40	40	%Ir	5	50
Slope section 2 #	30	30	%	10	50
End section 2 #	300	300	%Ir	100	500
Restraint mode #	2.h + 5.h + wav	2.h + 5.h + wav			
CT connection type	Type 1	Type 1			
Winding 1 type	D	D			
Winding 2 type	yn	yn			
Clock number	Clk Num 11	Clk Num 11			
Zro A elimination	Not eliminated	Not eliminated			
Min winding tap	36	36		-36	36
Max winding tap	0	0		-36	36
Tap nominal	18	18		-36	36
Tapped winding	Not in use	Not in use			
Step of tap	1.50	1.50	%	0.60	9.00
Harmonic deblock 2. #	True	True			
Start value 2.H #	15	15	%	7	20
Start value 5.H #	30	30	%	10	50
Stop value 5.H #	50	50	%	10	50
Harmonic deblock 5. #	False	False			
CT ratio Cor Wnd 1	1.11	1.11		0.40	4.00
CT ratio Cor Wnd 2	0.71	0.71		0.40	4.00

Slika 11. Prikaz izbora zaštitne funkcije TR2PTDF

2. Izvršiti testiranje ograničene zemljospojne zaštite

U okviru WHMI na stablu sa leve strane korisničkog prozora u okviru opcije Settings/Differential protection pronaći zaštitnu funkciju LREFPNDF.



Uneti podešenja dobijena na vežbi.

Nakon unosa podešenja potrebno ih je sačuvati i upisati u relej.

Prema uputstvu dobijenom na vežbama, simulirati jednofazne kratke spojeve.

3. Izvršiti testiranje trofazne neusmerena brze prekostrujne zaštite.

U okviru WHMI na stablu sa leve strane korisničkog prozora u okviru opcije Settings/Current protection pronaći zaštitnu funkciju PHHPTOC2.

Uneti podešenja dobijena na vežbi.

Nakon unosa podešenja potrebno ih je sačuvati i upisati u relej.

Prema uputstvu dobijenom na vežbama, simulirati kratke spojeve.

4. Izvršiti testiranje prekostrujne zaštite inverzne komponente struje.

U okviru WHMI na stablu sa leve strane korisničkog prozora u okviru opcije Settings/Current protection pronaći zaštitnu funkciju NSPTOC2.

Uneti podešenja dobijena na vežbi.

Nakon unosa podešenja potrebno ih je sačuvati i upisati u relej.

Prema uputstvu dobijenom na vežbama, simulirati jednofazne kratke spojeve/prekide.