

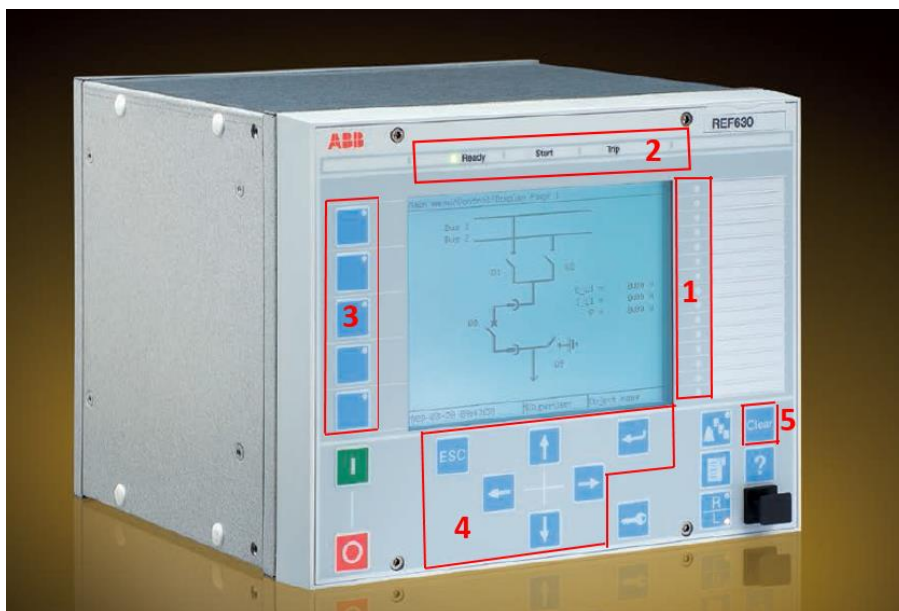


## ISPITIVANJE DISTANTNE ZAŠTITE REF 630

### I. Uvodna razmatranja

REF630 je digitalni relej za zaštitu vodova u industrijskim i distributivnim elektroenergetskim mrežama, sa radijalnom i petljastom konfiguracijom. REF630 može da se koristi kod sistema sa jednostrukim ili dvostrukim sabirnicama, i podržava značajan broj komunikacionih protokola. Pored uloge zaštite, ovaj relej obavlja funkcije upravljanja, nadzora i merenja. Relejom REF630 moguće je realizovati sledeće vrste zaštite: prekostrujnu, kratkospojnu, zemljospojnu i distantnu zaštitu, pri čemu će poslednja biti predmet analiza u ovoj laboratorijskoj vežbi.

Releji serije 630 opremljeni su grafičkim displejom koji omogućava prikaz jednopolne šeme dalekovodnog polja sa trenutnim pozicijama prekidača, rastavljača i zemljospojnika, kao i izmerenih veličina od interesa. REF630 poseduje 15 trobojnih programabilnih led dioda, 3 led diode za sopstveni nadzor, kao i 5 funkcionalnih tastera. Programabilnim led diodama obezbeđuje se signalizacija i alarmiranje (npr. pobuda nekog stepena distantne zaštite, detekcija faza pogodjenih kvarom, itd), tasteri se mogu koristiti kao prečice za različite upravljačke zadatke (npr. resetovanje dioda, aktiviranje snimanja tranzijenta, itd), dok led diode za sopstveni nadzor ukazuju na spremnost releja za rad (*Ready*), pobudu (*Start*) i reagovanje (*Trip*) zaštite. Na prednjoj strani releja postoji još dosta tastera, pri čemu su od interesa tasteri za kretanje po meniju, kao i taster za brisanje događaja i indikacija. Na Slici 1. je prikazan izgled releja REF630 za označenim osnovnim komponentama na njegovoj prednjoj strani.



Slika 1. Relej REF630

Legenda: 1- Programabilne led diode; 2- Led diode za sopstveni nadzor; 3- Funkcionalni tasteri; 4- Tasteri za kretanje po meniju; 5- Taster za brisanje događaja i indikacija.



Podešenje parametara releja, definisanje karakteristika zaštite, očitavanje merenih veličina, zadavanje upravljačkih signala, brisanje signalizacije led dioda, i mnoge druge aktivnosti, moguće je sprovesti direktno preko glavnog menija upotrebom tastera na prednjoj strani releja REF630 (LHMI-*Local Human Machine Interface*). Druga i jednostavnija opcija, koja pritom nudi i mogućnost očitavanja talasnih oblika napona i struja za vreme kvara, je upravljanje relejom preko računara (WHMI- *Web Human Machine Interface*).

## II. Podešenje konfiguracije distantne zaštite releja REF 630

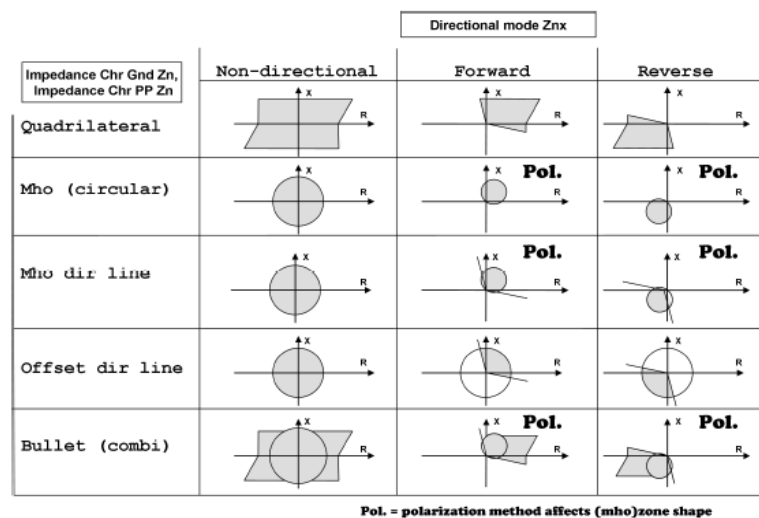
Relej REF 630 ima tri podesive impedasne zone (3 stepena zaštite): Z1, Z2 i Z3, i dve dodatne impedasne zone ZAR1 i ZAR2, koje se mogu koristiti u kombinaciji sa automatskim ponovnim uključenjem (APU). Oblici karakteristika zaštitnih zona se posebno definišu za međufazne kvarove, a posebno za jednofazni kratak spoj sa zemljom, odabirom parametara **Impedance Chr PP Zn** i **Impedance Chr Gnd Zn**, respektivno. Moguće je odabrati sledeće oblike karakteristika:

- Kvadrilateralna (**Quadrilateral**)
- Mho kružna (**Mho – circular**)
- Mho kombinovana sa usmerenim linijama (**Mho dir line** ili **Offset dir line**)
- Kombinovana kružno-kvadrilateralna (**Bullet-combi**)

Usmerenost karakterisitke definiše se parametrom **Directional mode Znx** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ ), pri čemu su dostupne sledeće opcije:

- Neusmerena zaštita (**Non-directional**)
- Usmerena- direktan smer (**Forward**)
- Usmerena- inverzan smer (**Reverse**)

Na slici 2. su prikazane vrste i oblici karaktersitika distantne zaštite.



Slika 2. Vrste i oblici karakteristika distantne zaštite releja REF 630



Kvadrilateralna i kružna mho karaktersitka su oblici koji se najčešće koriste pri podešenju distantne zaštite, i njima će u nastavku teksta biti posvećena posebna pažnja.

Formiranje karakteristika za svaku od zona distantne zaštite releja REF 630 izvodi se kroz dva koraka:

1. definisanje doseg štice deonice voda
2. definisanje oblika karakteristike reagovanja

### 1. Definisanje doseg štice deonice voda

Štićena deonice voda je linija koja prolazi kroz koordinatni početak u R-X ravni. Format unosa ove linije se definiše parametrom *Impedance mode Zn*, pri čemu su dostupna dva formata:

- Rektangularni (*Rectangular*)
- Polarni (*Polar*)

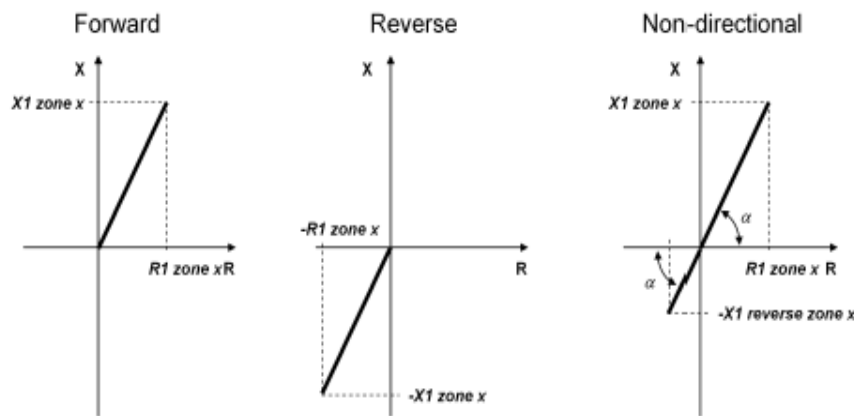
Kako je prvi format jednostavniji za unos, jedino će on biti razmatran u nastavku.

Parametri voda se posebno definišu za međufazne, a posebno za jednofazne kvarove.

U slučaju međufaznih kratkih spojeva ( $k_2$ ,  $k_{2z}$ ,  $k_3$ ,  $k_{3z}$ ), potrebno je uneti sledeće koordinate (vrednosti su definisane u  $\Omega$ )

- *R1 zone x* (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- *X1 zone x* (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- *X1 reverse zone x* (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )

Smer doseg štice deonice voda za ove tipove kvarova dat je na Slici 3:



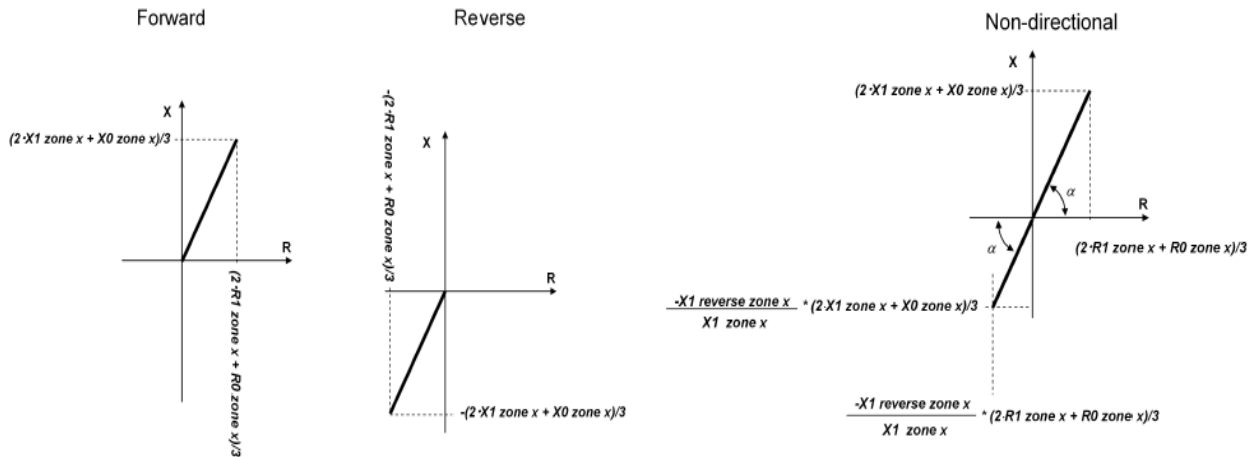
Slika 3. Definisanje smera doseg štice deonice za slučaj međufaznih kratkih spojeva

U slučaju jednofaznog krakog spoja sa zemljom ( $k_{1z}$ ), pored pomenutih parametara direktnog redosleda, potrebno je dodatno uneti i odgovarajuće nulte parametre:



- **R0 zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **X0 zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **X0 reverse zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )

Smer doseg štice deonice voda za ovaj tip kvara prikazan je na slici 4.



Slika 4. Definisane smer doseg štice deonice za slučaj jednofaznog kratkog spoja

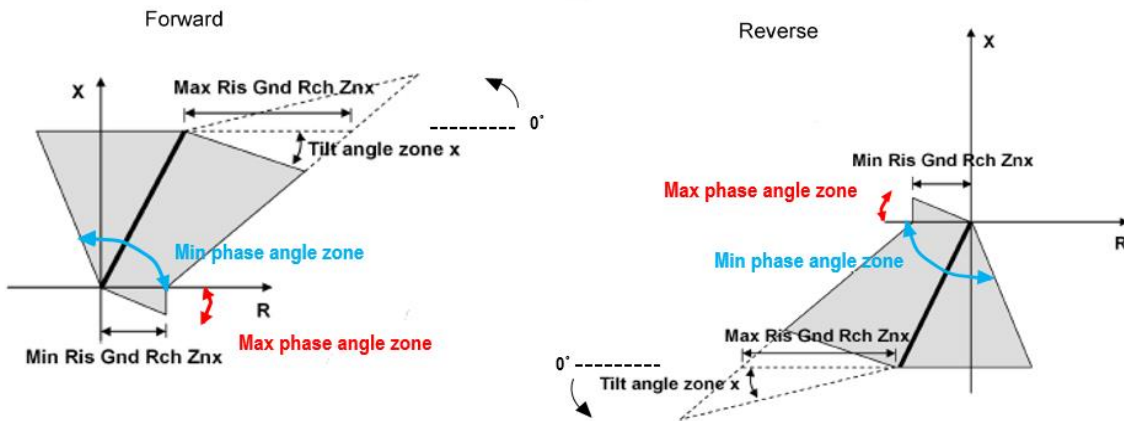
## 2. Definisnje oblika karakteristike reagovanja

### a) Kvadrilateralna karakteristika

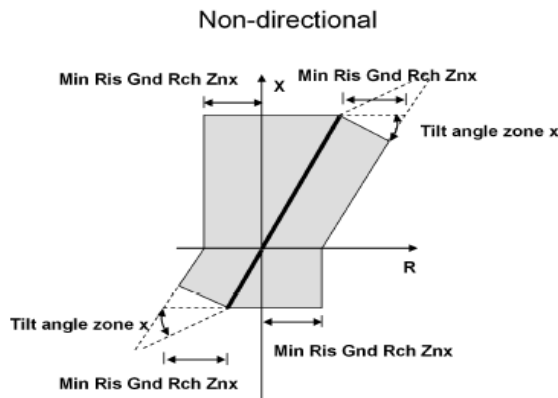
Karakteristika reagovanja se posebno može definisati za međufazne kvarove, a posebno za jednofazne kratake spojeve. Oblik karakteristike za svaku od zona je jednoznačno određen definisanjem sledećih veličina i uglova:

- **Min Ris Gnd Rch Znx** (definiše se za  $k1z$ , za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **Max Ris Gnd Rch Znx** (definiše se za  $k1z$ , za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **Min Ris PP Rch Znx** (definiše se za međufazne kvarove, za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **Max Ris PP Rch Znx** (definiše se za međufazne kvarove, za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **Tilt angle zone x** (definiše se za sve tipove kvarova, za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **Min phase angle zone** (definiše se za sve tipove kvarova, za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **Max phase angle zone** (definiše se za sve tipove kvarova, za  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )

Uticaj pomenutih parametara na oblik kvadrilateralne karakteristike za različite tipove usmerenosti zaštite dat je na slikama 5 i 6.



Slika 5. Definisiranje usmerene kvadrilateralne karakteristike reagovanja



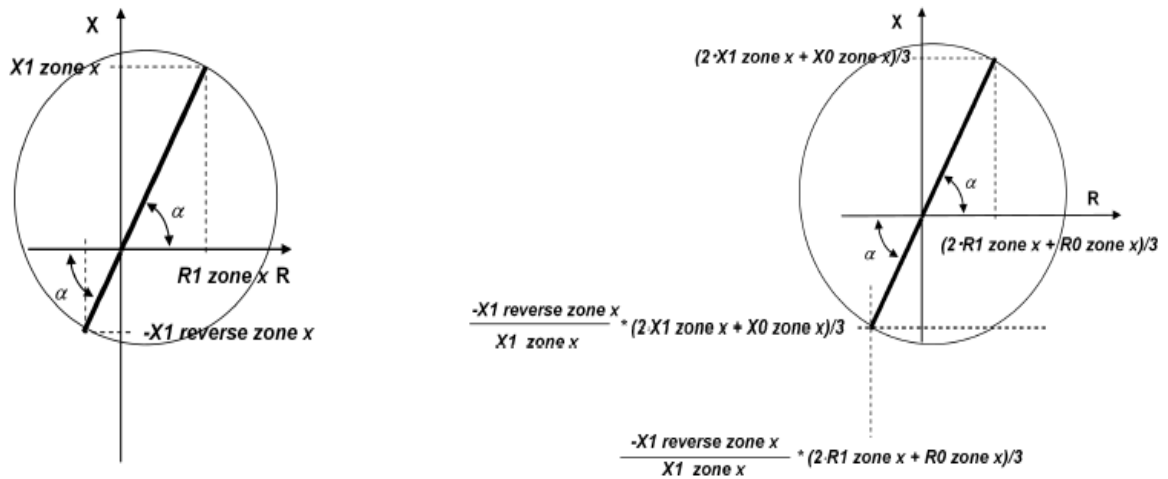
Slika 6. Definisiranje neusmerene kvadrilateralne karakteristike reagovanja

### b) Mho kružna karakteristika

Kružna mho karakteristika je jednoznačno određena parametrima štice deonice voda, pa se definiše se istim parametrima:

- **R1 zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **X1 zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **X1 reverse zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **R0 zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **X0 zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )
- **X0 reverse zone x** (gde  $x= 1, 2, 3, AR1, AR2$ )

Poslednja tri parametra utiču na doseg karakteristike samo u slučaju zaštite od jednofaznih kratkih spojeva. Na Slici 7 ilustrovane su karakteristike neusmerene distantne zaštite za slučaj međufaznih kvarova (slika levo) i za slučaj kvarova sa zemljom (slika desno). Za usmerene karakteristike takođe se definišu prethodno navedeni parametri, pri čemu **X1 reverse zone x** i **X0 reverse zone x** ne utiču na doseg karakteristike, pošto usmerena karakteristika mora da prolazi kroz koordinatni početak.



Slika 7. Definisane Mho kružne neusmerene karakteristike reagovanja za međufazne (levo) i jednofazne kratke spojeve (desno)

Pregled najznačajnijih parametara za podešavanje konfiguracije distantne zaštite releja REF 630 dat je u Tabeli 1.

Tabela 1. Podešenje konfiguracije distantne zaštite releja REF 630<sup>1</sup>

Grupni parametar	Parametar	Vrednost -opseg	Opis
General settings	<i>Operation</i>	On Off	Uključenje/ isključenje funkcije distantne zaštite
Zones General	<i>Impedance mode Zn</i>	Rectangular Polar	Format za unos impedanse
	<i>Impedance Chr Gnd Zn</i>	Quadrilateral Mho (circular) Mho dir line Offset dir line Bullet (combi)	Definisanje oblika karakteritike za jednofazne kratke spojeve
	<i>Impedance Chr PP Zn</i>	Quadrilateral Mho (circular) Mho dir line Offset dir line Bullet (combi)	Definisanje oblika karakteritike za međufazne kvarove
	<i>Min phase angle zone</i>	90° - 135°	Uglovi koji utiču na oblik kvadrilateralne karakteristike
	<i>Max phase angle zone</i>	0° - 45°	
Zone x	<i>Directional mode Znx</i>	Non- directional Forward Reverse	Definisanje usmerenosti karakteristike distantne zaštite
	<i>Tilt angle zone x</i>	-45° - 45°	Ugao koji utiče na oblik kvadrilateralne karakteristike
	<i>Op mod PP loops Znx</i>	Enabled Disabled	Uključenje/ isključenje zone x za međufazne kvarove
	<i>RI zone x</i>	0.01Ω - 3000Ω	Parametri kojima se definiše doseg zaštite za stepen x
	<i>XI zone x</i>		
	<i>XI reverse zone x</i>		
	<i>Min Ris PP Rch Znx</i>	0.01Ω - 100Ω	Parametri kojima se definiše kvadrilateralna karakteristika reagovanja stepena x za međufazne kvarove
	<i>Max Ris PP Rch Znx</i>		
	<i>Min Ris Gnd Rch Znx</i>	0.01Ω - 100Ω	Parametri kojima se definiše kvadrilateralna karakteristika reagovanja stepena x za jednofazne kvarove
	<i>Max Ris Gnd Rch Znx</i>		
	<i>PP operate delay Znx</i>	0.04s - 60s	Vremensko zatezanje stepena x za međufazne kvarove
	<i>Op mod Gnd loops Znx</i>	Enabled Disabled	Uključenje/ isključenje zone x za jednofazne kvarove
	<i>R0 zone x</i>	0.01Ω - 3000Ω	Parametri kojima se definiše doseg zaštite za stepen x
	<i>X0 zone x</i>		
<i>X0 reverse zone x</i>			
<i>Gnd Operate DI Znx</i>	0.04s - 60s	Vremensko zatezanje stepena x za jednofazne kvarove	

<sup>1</sup> Napomena: U Tabeli 1 su podebljani parametri koje je putem WHMI potrebno upisati u relej

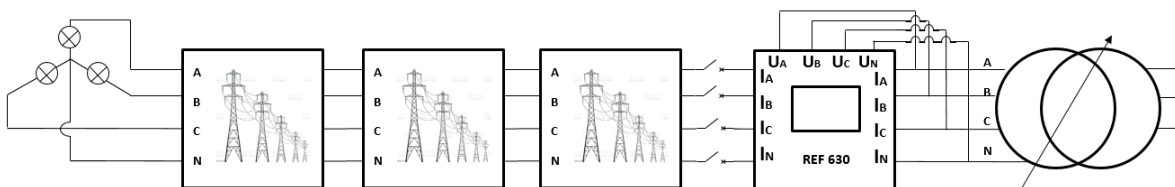


### III. Postupak izrade vežbe

Ispitivanje distantne zaštite za međufazne kvarove i kvarove sa zemljom releja REF630 biće izvedeno na modelu trofaznog radijalnog voda. Ovaj vod se napaja preko autotransformatora i opterećen je potrošnjom koju čine sijalice vezane u spregu uzemljena zvezda (Slika 8). Model 400 kV voda sastoji se od tri identične deonice, dužina od po 50 km, sledećih parametara:

- Podužna otpornost direktnog redosleda:  $r_1 = 0.117 \frac{\Omega}{km}$
- Podužna reaktansa direktnog redosleda:  $x_1 = 0.332 \frac{\Omega}{km}$
- Podužna suceptansa direktnog redosleda:  $b_1 = 3.454 \frac{\mu S}{km}$
- Podužna otpornost nultog redosleda:  $r_0 = 0.336 \frac{\Omega}{km}$
- Podužna reaktansa nultog redosleda:  $x_0 = 0.789 \frac{\Omega}{km}$
- Podužna suceptansa nultog redosleda:  $b_0 = 2.512 \frac{\mu S}{km}$

Na početku voda postavljen je relej REF630, na čije ulaze se direktno dovode strujni i naponski signali. Treba istaći da je u konfiguraciji releja podešen prenosni odnos strujnih transformatora 800A:1A, odnosno naponskih transformatora 400kV:100V, zbog čega se na displeju releja prikazuju izmerene vrednosti napona i struja multiplicirane ovim prenosnim odnosima. Kvarove na vodu moguće je izvesti pomoću kontaktora, tako što se njegovi izlazni priključci povežu na početak ili kraj neke deonice voda, i pritiskom na taster kratko spoje. Na ovaj način moguće je simulirati dvofazni kvar između proizvoljnih faza, kao i jednofazni kratak spoj neke faze sa zemljom. U slučaju da relej detektuje kvar na vodu, nakon podešenog vremena šalje komandu za isključenje prekidača.



Slika 8. Šema za ispitivanje distantne zaštite releja REF630

Distantna zaštita releja REF630 biće ispitana za tri stepena zaštite, kao i dva različita podešenja oblika i doseg karakteristike reagovanja. U tabeli 2 data su podešenja za kružnu karakteristiku, dok su u tabelama 3 i 4 data podešenja za kvadrilateralnu karakteristiku. U oba slučaja odabrati usmerenu zaštitu- direktan smer (**Directional mode Znx = Forward**). Ove parametre putem WHMI treba upisati u relej. Pošto se dosezi za svaku od zona distantne zaštite dati u km, potrebno ih je preračunati u  $\Omega$ .





Tabela 2. Parametri za podešenje kružne MHO karakteristike

<b><i>Impedance Chr Gnd Zn i Impedance Chr PP Zn = Mho (circular)</i></b>				
Stepen zaštite	Doseg (km)	Vremensko zatezanje (s) <b><i>PP operate delay Zn; Gnd Operate Dl Zn</i></b>	Parametri kojima se definiše doseg zaštite za dati stepen ( $\Omega$ )	
I	55	0.04	<b><i>X1 zone 1</i></b>	
			<b><i>R1 zone 1</i></b>	
			<b><i>X0 zone 1</i></b>	
			<b><i>R0 zone 1</i></b>	
II	110	0.4	<b><i>X1 zone 2</i></b>	
			<b><i>R1 zone 2</i></b>	
			<b><i>X0 zone 2</i></b>	
			<b><i>R0 zone 2</i></b>	
III	165	0.65	<b><i>X1 zone 3</i></b>	
			<b><i>R1 zone 3</i></b>	
			<b><i>X0 zone 3</i></b>	
			<b><i>R0 zone 3</i></b>	

Tabela 3. Parametri za podešenje kvadrilateralne karakteristike

<b><i>Impedance Chr Gnd Zn i Impedance Chr PP Zn = Quadrilateral</i></b>				
Stepen zaštite	Doseg (km)	Vremensko zatezanje (s) <b><i>PP operate delay Zn; Gnd Operate Dl Zn</i></b>	Parametri kojima se definiše doseg zaštite za dati stepen ( $\Omega$ )	
I	60	0.04	<b><i>X1 zone 1</i></b>	
			<b><i>R1 zone 1</i></b>	
			<b><i>X0 zone 1</i></b>	
			<b><i>R0 zone 1</i></b>	
II	115	0.45	<b><i>X1 zone 2</i></b>	
			<b><i>R1 zone 2</i></b>	
			<b><i>X0 zone 2</i></b>	
			<b><i>R0 zone 2</i></b>	
III	170	0.75	<b><i>X1 zone 3</i></b>	
			<b><i>R1 zone 3</i></b>	
			<b><i>X0 zone 3</i></b>	
			<b><i>R0 zone 3</i></b>	



Tabela 4. Veličine i uglovi kojima se definiše oblik kvadrilateralne karakteristike

Parametar (isti za svaki stepen zaštite x)	Vrednost
<i>Min Ris Gnd Rch Znx</i>	15 $\Omega$
<i>Max Ris Gnd Rch Znx</i>	15 $\Omega$
<i>Min Ris PP Rch Znx</i>	15 $\Omega$
<i>Max Ris PP Rch Znx</i>	15 $\Omega$
<i>Tilt angle zone x</i>	0°
<i>Min phase angle zone</i>	115°
<i>Max phase angle zone</i>	20°

Cilj vežbe je da se odredi stepen i vreme reagovanja distantne zaštite za dvofazne i jednofazne kvarove na krajevima svake od tri deonice voda. Kvarove je potrebno simulirati pomoću kontaktora, nakon čega će relej poslati komandu prekidaču za isključenje. Sa led dioda za signalizaciju potrebno je očitati u kom stepenu je zaštita odreagovala, kao i detektovati faze pogođene kvarom. U okviru WHMI treba pokrenuti opciju *Disturbance recording* za snimanje tranzijenata i analizu talasnih oblika napona i struja za vreme kvara. Od interesa su efektivna vrednost struje za vreme kvara, kao i vreme trajanja kvara, koje treba očitati sa talasnih oblika struja. U tabelu 5 upisati eksperimentalno dobijene rezultate.

Tabela 5. Rezultati dobijeni na osnovu snimljenih talasnih oblika napona i struja

<b>Dvofazni kratak spoj</b>			
	Kvar na kraju deonice		
	1	2	3
Stepen reagovanja zaštite			
Faze pogođene kvarom			
Efektivna vrednost struje kvara (kA)			
Vreme isključenja kvara (ms)			
<b>Jednofazni kratak spoj</b>			
	Kvar na kraju deonice		
	1	2	3
Stepen reagovanja zaštite			
Faza pogođena kvarom			
Efektivna vrednost struje kvara (kA)			
Vreme isključenja kvara (ms)			



U narednoj fazi eksperimenta potrebno je ispitati usmerensot distantne zaštite odabirom inveznog smeru karakteristike reagovanja (*Directional mode Znx = Inverse*). Simulirati kvar na kraju treće deonice voda i zapisati svoja zapažanja:

---

---

---

U nastavku, potrebno je testirati funkciju automatskog ponovnog uključjenja – APU, koja je konfigurisana u okviru releja REF 630 tako da se može aktivirati dugim pritiskom na funkcionalni taster 1. Upotrebom tastera za kretanje po meniju (LHMI), potrebno je podesiti vremena trajanja prve i druge beznaponske pauze na vrednosti **1 s** i **2 s**, respektivno (**1.2 s** i **2.5 s**). Ovo se može postići prateći sledeću putanju u okviru menija releja: *Configuration* → *Control* → *DARREC* → *First reclose time* (*Second reclose time* ). Simulacijom trajnih i prolaznih kvarova na krajevima svih deonica voda, ispitati uspešnost rada APU, i eksperimentalno zaključiti koliki je broj pokušaja ponovnog uključjenja konfigurisano u relej za svaku od zona distantne zaštite. Rezultate zapisati u nastavku:

---

---

---

Na kraju vežbe potrebno je testirati zaštitu od uključjenja prekidača na kvar. Konfiguraciji parametara zaštite se može pristupiti putem LHMI prateći sledeću putanju u okviru menija releja: *Settings* → *Settings* → *Impedance protection* → *CVRSOF:1*. Aktivacija ove zaštite postiže se podešenjem parametra *Operation* na **On**, dok je vreme reagovanja (*Operate time delay*) potrebno podesiti na **0.03 s** (**0.04 s**). Ispitati uspešnost rada zaštite od uključjenja prekidača na kvar tako što se kvar simulira na kraju treće deonice voda i zatvori prekidač na početku voda. Objasniti na osnovu čega se može utvrditi razlika u reagovanju ove zaštite od distantne zaštite u trećem stepenu:

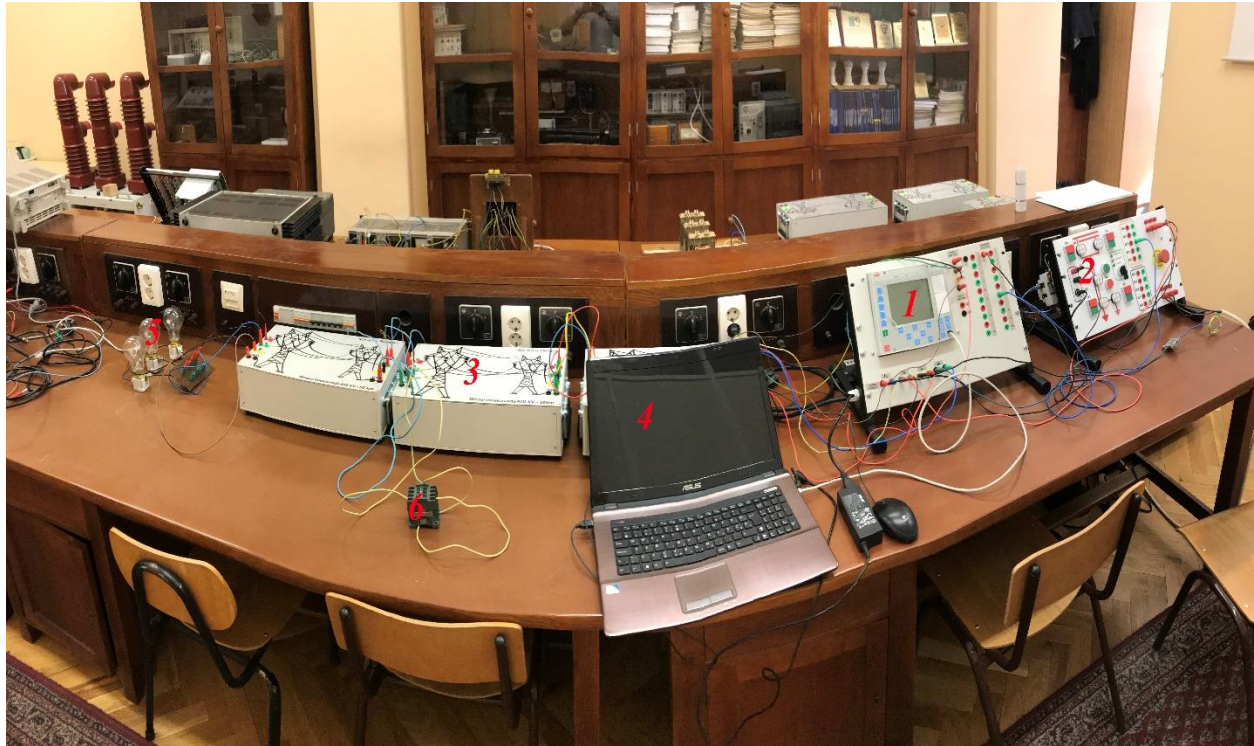
---

---

---



Na slici 9 data je fotografija merne opreme koja je korišćena u eksperimentu.



Slika 9. Fotografija merne opreme

Legenda: 1- REF630; 2- Dalekovodno polje sa prekidačem; 3- Deonica modela voda; 4- Računar za WHMI komunikaciju sa relejom; 5- Opterećenje (Sijalice); 6- Kontaktor za pravljenje kvarova;

Napomena: za komunikaciju sa relejom :

- IP adresa: 192.168.0.254
- Username: SuperUser
- Password: SuperUser