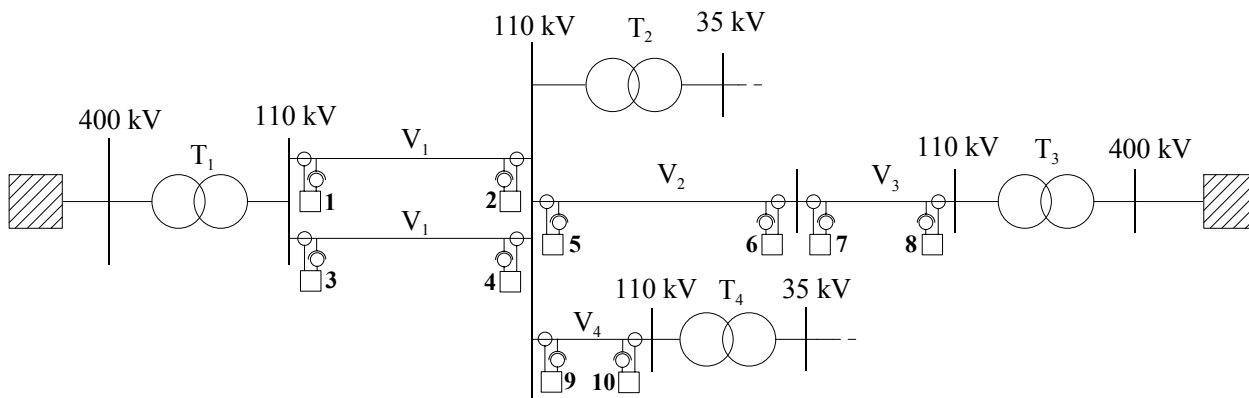


15 NASTAVITEV DISTANČNE ZAŠČITE

Nastavite distančno zaščito 110 kV vodov v omrežju.

Shema sistema:



Podatki o sistemu:

Vodi:	l (km)	k_{TT} (A / A)	k_{NT} (kV / kV)
V ₁	22	400 / 1	110 / 0,1
V ₂	45	400 / 1	110 / 0,1
V ₃	14	300 / 1	110 / 0,1
V ₄	32	300 / 1	110 / 0,1

Transformatorji	k (kV / kV)	S_n (MVA)	u_k (%)
T ₁	400 / 110	300	14
T ₂	110 / 35	31,5	11
T ₃	400 / 110	300	14
T ₄	110 / 35	31,5	11

Pri računanju impedanc vodov upoštevajte, da je reaktanca (x) enaka 0,4 Ω /km, kratkostični kot 70°, kratkostična napetost u_k je podana v zgornji. Impedance vodov izračunamo po enačbi:

$$Z_v(\Omega) = \sqrt{\left(\frac{1}{\text{tg}\varphi} \cdot x \cdot l\right)^2 + (x \cdot l)^2} \quad (15.1)$$

Impedance transformatorjev izračunamo po enačbi (15.2).

$$Z(\Omega) = \frac{u_k(\%) \cdot U_n^2(\text{kV})^2}{100 \cdot S_n(\text{MVA})} \quad (15.2)$$

Upoštevajte dejstvo, da zaščitni rele opazuje dogajanje v omrežju iz tokovnih in napetostnih zaščitnih transformatorjev, kar pomeni, da morate vse impedance preračunati na sekundarno stran zaščitnih transformatorjev! Pomagajte si z enačbo:

$$Z_{\text{sekundarni}} = Z_{\text{primarni}} \frac{N_I}{N_U} \quad (15.3)$$

Pri nastavitvah upoštevamo, da rele ščiti po naslednjih stopnjah:

- prva stopnja ščiti 85% voda,
- druga stopnja ščiti 100% voda + 50% naslednjega najkrajšega voda,
- tretja stopnja ščiti 100% voda + 100% naslednjega najdaljšega voda + 25% naslednjega najkrajšega voda, ali
 - 100% voda + 100% naslednjega najdaljšega voda + 40% impedance transformatorja, ali
 - 110% . (100% voda + 100% naslednjega najdaljšega voda), uporabimo kjer ni tretjega voda.

Pri tem je potrebno paziti na selektivnost zaščite. Upoštevati je potrebno dejstvo, da noben rele z enega napetostnega nivoja ne sme segati v sosednji napetostni nivo. Zato:

- druga stopnja ne sme preseči 100% voda + 40% impedance transformatorja,
- tretja stopnja ne sme preseči 100% voda + 80% impedance transformatorja.

Postopek nastavitve distančne zaščite

1) Izračun impedanc vodov V_1, V_2, V_3, V_4 , po enačbi (15.1):

$$Z_{V1} = \sqrt{\left(\frac{1}{\tan 70^\circ} \cdot 0,4 \left[\frac{\Omega}{\text{km}}\right] \cdot 22 [\text{km}]\right)^2 + \left(0,4 \left[\frac{\Omega}{\text{km}}\right] \cdot 22 [\text{km}]\right)^2} = \quad (15.4)$$

$$= 9,365 \Omega$$

2) Preračun impedanc vodov na sekundarno stran zaščitnih transformatorjev po enačbi (15.3). Ker imajo vodi različne prestave tokovnih transformatorjev (300 / 1 in 400 / 1) preračunamo impedance vodov na obe prestavi.

$$Z_{V1(300/1)} = 9,365 \cdot \frac{300/1}{110/0,1} \Omega = 2,554 \Omega, \quad (15.5)$$

$$Z_{V1(400/1)} = 9,365 \cdot \frac{400/1}{110/0,1} \Omega = 3,405 \Omega \quad (15.6)$$

3) Izračun impedanc transformatorjev po enačbi (15.2).

$$Z_{TR1_400\text{kV}} = \frac{14\% \cdot 400^2 \text{ kV}}{100 \cdot 300 \text{ MVA}} \Omega = \underline{74,67 \Omega} \quad (15.7)$$

$$Z_{TR1_110\text{kV}} = \frac{14\% \cdot 110^2 \text{ kV}}{100 \cdot 300 \text{ MVA}} \Omega = \underline{5,65 \Omega} \quad (15.8)$$

4) Impedance transformatorjev na sekundarno stran zaščitnih transformatorjev izračunamo po enačbi (15.3).

$$Z_{TR1_400\text{kV}(300/1)} = 74,67 \cdot \frac{300/1}{110/0,1} \Omega = \underline{20,36 \Omega} \quad (15.9)$$

$$Z_{TR1(400\text{kV})(400/1)} = 74,67 \cdot \frac{400/1}{110/0,1} \Omega = \underline{27,15 \Omega} \quad (15.10)$$

$$Z_{TR1_110\text{kV}(300/1)} = 5,65 \cdot \frac{300/1}{110/0,1} \Omega = \underline{1,54 \Omega} \quad (15.11)$$

$$Z_{TR1_110kV(400/1)} = 5,65 \cdot \frac{400/1}{110/0,1} \Omega = \underline{2,05 \Omega} \quad (15.12)$$

Nastavitev distančne zaščite – Rele 1

Rele 1 se nahaja na vodu V₁, ki je opremljen s tokovnim transformatorjem 400 / 1, zato vzamemo pri nastavitvah vse impedance preračunane na 400 / 1.

Prva stopnja: $Z_{R1_1.st} = 85\% \cdot Z_{V1} = 0,85 \cdot 3,405 \Omega = \underline{2,894 \Omega}$

Druga stopnja: V tej stopnji moramo paziti na paralelni vod V1, saj rele 1 gleda v 2. stopnji tudi nazaj.

Nastavimo na 100% obravnavanega voda + 50% naslednjega najkrajšega voda:

$$Z_{R1_2.st} = 100\% \cdot Z_{V1} + 50\% \cdot Z_{V1} = 3,405 \Omega + 0,5 \cdot 3,405 \Omega = \underline{5,1075 \Omega}.$$

Izvršimo še kontrolo glede na transformator T2:

$$Z_{R1_2.st} = 100\% \cdot Z_{V1} + 40\% \cdot Z_{TR2_110kV} = 3,405 \Omega + 0,4 \cdot 15,365 \Omega = 9,551 \Omega.$$

Ker vedno nastavljamo na manjšo impedanco, je nastavitev 2. stopnje 5,1075 Ω.

Tretja stopnja: Nastavimo na 100% obravnavanega voda + 100% naslednjega najdaljšega voda + 25 % najkrajšega voda, ki je priključen na prej izbrani vod.

$$Z_{R1_3.st} = 100\% \cdot Z_{V1} + 100\% \cdot Z_{V2} + 25\% \cdot Z_{V3} = 3,405 \Omega + 6,966 \Omega + 0,542 \Omega = \underline{10,913 \Omega}$$

$$Z_{R1_3.st} = 100\% \cdot Z_{V1} + 80\% \cdot Z_{TR2_110kV} = 3,405 \Omega + 0,8 \cdot 15,366 \Omega = 15,698 \Omega$$

Zopet nastavimo na manjšo impedanco. 10,913Ω.

Rezultati za obravnavan sistem (potrebni podatki za izračun nastavitvev distančne zaščite)

Vod	Z_v [Ω]		$Z_{v(300/1)}$ [Ω]		$Z_{v(400/1)}$ [Ω]	
V ₁	9,365		2,554		3,405	
V ₂						
V ₃						
V ₄						
Transformator	Z_{Prim} [Ω]	Z_{Sek} [Ω]	$Z_{Prim(300/1)}$ [Ω]	$Z_{Sek(300/1)}$ [Ω]	$Z_{Prim(400/1)}$ [Ω]	$Z_{Sek(400/1)}$ [Ω]
T ₁	74,67	5,65	20,36	1,54	27,15	2,05
T ₂						
T ₃						
T ₄						



Nastavitve distančne zaščite

Rele 1	Vod	Transf.
1. st.	2,894	
2. st.	5,1075	
3. st.	10,913	
Rele 3	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 5	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 7	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 9	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		

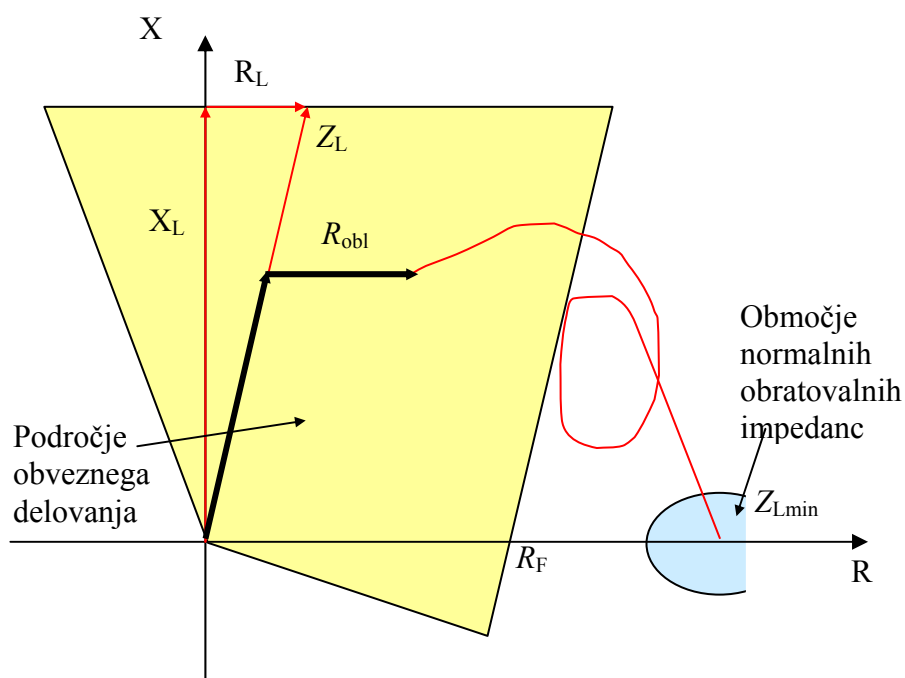
Rele 2	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 4	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 6	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 8	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		
Rele 10	Vod	Transf.
1. st.		
2. st.		
3. st.		

16 NASTAVITEV DISTANČNE ZAŠČITE ABB REL 511

Za podane parametre 110 kV voda izračunajte štiri impedančne in časovne stopnje za distančni rele REL 511. Izračunane parametre vnesite v programski paket CAP_540, kjer nastavite parametre poligonalnih impedančnih karakteristik tako, da bo zaščita delovala selektivno. V podprogramu SVT (Settings Visualisation Tool) preverite karakteristike releja REL_511 in naredite *.rio datoteko. Izračunane parametre s programom CAP_540 pošljite (download) na rele REL_511. Rele REL_511 preizkusite za tri fazni kratek stik s preizkusno napravo Omicron CMC_156.

16.1 IZHODIŠČE NALOGE

Distančna zaščita je poleg diferenčne zaščite glavna zaščita VN vodov. Osnova distančne zaščite je izračun impedance iz merjene napetosti in toka. Distančna zaščita mora delovati pri vseh medfaznih kratkih stikih, pri zemeljskih stikih pa, če je nevtralna točka sistema ozemljena direktno ali preko nizko-ohmskih uporov. Na Sl. 1 je prikazana distančna zaščita s poligonalno karakteristiko, nakazan je tudi potek impedance v primeru okvare iz območja normalnih obratovalnih impedanc na impedanco okvare.



Sl. 1: Distančna zaščita s poligonalno karakteristiko.

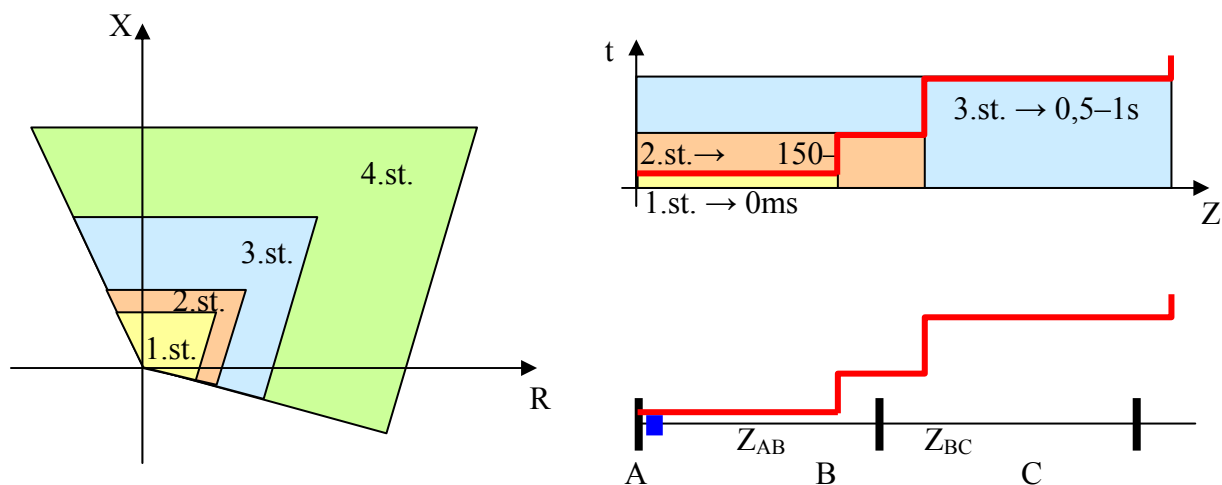
Upornost obloka izračunamo po Warrington-ovi formuli:

$$R_{\text{obloka}} = \frac{28700 \cdot l}{I^{1.4}}, \quad (16.1)$$

kjer je l dolžina obloka (za napetostni nivo 110 kV znaša 4,5m) in I tok okvare.

Območje delovanja distančne zaščite smo v našem primeru razdeli v štiri stopnje. Na releju REL 511 nastavimo impedance in čase za vsako posamezno območje. Poleg absolutnih

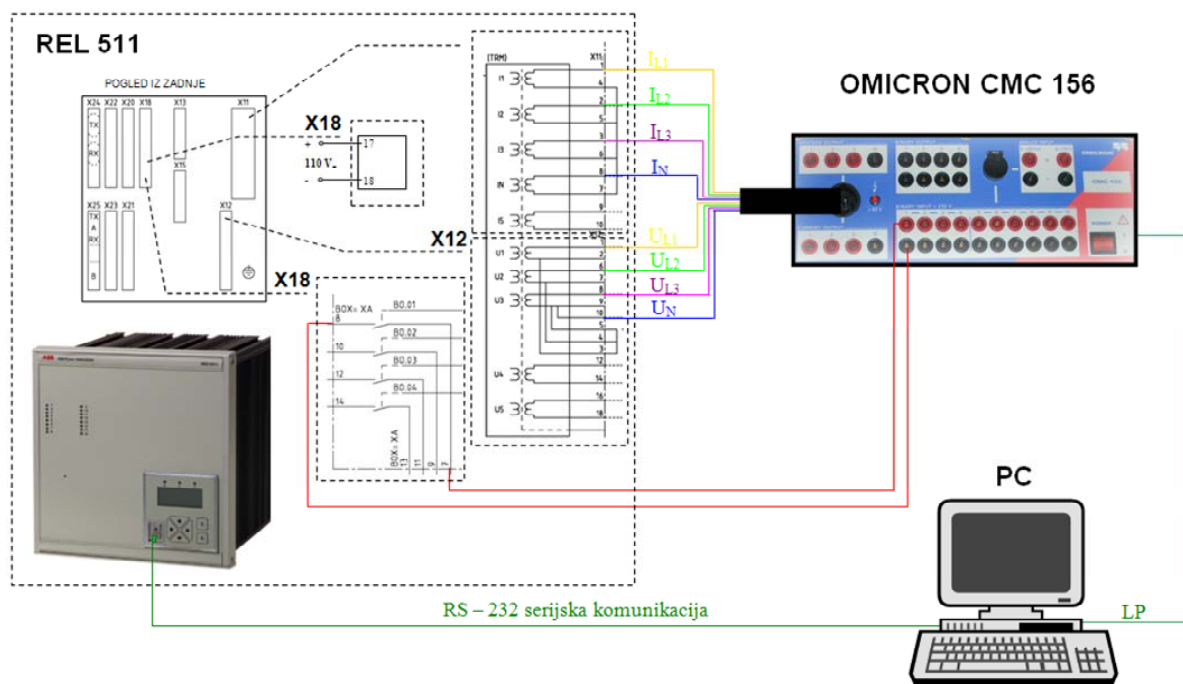
vrednosti nastavljamo tudi smer delovanja posamezne stopnje. Stopnja lahko deluje v smeri naprej, reverzni smeri, ali pa je neusmerjena (deluje v obeh smereh). Sl. 2 kaže impedančno in časovno stopnjevanje, Z-t diagram.



Sl. 2: Impedančno in časovno stopnjevanje.

V prvi stopnji rele deluje selektivno. Prva stopnja deluje brez zakasnitve, upoštevati je treba lastni čas delovanja releja, ki je približno 30 ms. Impedanco nastavimo med 85-90% impedance voda. Druga stopnja je zakasnjena od 0,15 s do 0,5 s, tretja stopnja od 0,5 s do 1 s in četrta stopnja več kot 1 s.

Vežalna shema



16.2 OPIS ZAŠČITNEGA RELEJA ABB REL 511

Digitalna distančna zaščita REL 511 je ena od osnovnih enot za zaščito VN vodov v ABB-jevem sistemu postajne avtomatizacije PANORAMA. Osnovna zaščitna funkcija releja REL 511 je distančne zaščite voda, katere glavne značilnosti so:

- hkratno merjenje zemeljskostičnih in medfaznih impedanc, posamezno za vsak tip okvare in vsako stopnjo distančne zaščite posebej za hitro in zanesljivo detekcijo okvare,
- petstopenjska zaščita s poligonalno karakteristiko z nastavitvami za vsako stopnjo posebej,
- ločeni in neodvisni merilni elementi za funkcijo "Kriterij splošne okvare" (General Fault Criteria), ki služi le za zaznavo okvar na vodu,
- detekcija povratne moči (power swing).

REL 511 poleg opisanih omogoča tudi zaščitne funkcije:

- nadtokovna,
- prenapetostna in podnapetostna,
- zaščita ob odpovedi odklopnika,
- zaščita pred termično preobremenitvijo voda,
- enopolni in tripolni APV.

Funkcije nadzora so:

- oscilogram vzbujenih funkcij (Event recorder),
- oscilogram motnje (Disturbance recorder),
- lokator okvare (meritev razdalje od relejne točke do mesta okvare),
- zapis vrednosti veličin v trenutku izklopa,
- indikacija stanja vseh vhodnih in internih binarnih signalov,
- prikaz merjenih vrednosti tokov in napetosti in frekvence ter izračunanih delovnih in jalovih moči.

16.3 IZRAČUN PARAMETROV

Za izračun parametrov distančne zaščite potrebujemo parametre vodov, ki so v tabeli 1. Za izračunu parametrov višjih stopenj (tretje in četrte) je treba poznati tudi podatke ostalih elementov EES. V našem primeru rabimo tudi podatke naslednjega najdaljšega voda, vod 2. Za dolžine vaših vodov preračunajte upornosti in reaktance z upoštevanjem proporcionalnosti.

Tabela 1: Podatki za vode.

Vod (110 kV)	l (km)	Material		R_1 [Ω]	X_1 [Ω]	R_0 [Ω]	X_0 [Ω]
Vod 1	33,907	Al/Fe 240/40	Primar	4,037	13,596	10,099	35,152
			Sekundar	2,221	7,416	5,508	19,174
Vod 2	34,421	Al/Fe 120/20	Primar	7,982	14,889	15,415	45,609
			Sekundar	4,354	8,121	8,408	24,878
Vod A		Al/Fe 240/40	Primar				
			Sekundar				
Vod B		Al/Fe 120/20	Primar				
			Sekundar				

Pri računanju impedanc vodov je treba upoštevati vrednosti tokovnih in napetostnih zaščitnih transformatorjev in preračunamo impedance na sekundarno stran zaščitnih transformatorjev po enačbi (16.2).

$$Z_{\text{sekundar}} = Z_{\text{primar}} \cdot \frac{N_I}{N_U}, \quad (16.2)$$

kjer sta N_U in N_I prestavni razmerji napetostnih in tokovnih transformatorjev. Prestavni razmerji zaščitnih transformatorjev na izbranem odseku sta (110 / 0,1) kV in (600 / 1) A.

Priporočeno je, da se karakteristike distančne zaščite ne prekrivajo s področjem minimalnih obratovalnih impedanc. V razmerah izredne preobremenitve voda, ko teče po vodu 1,2 kratnik nazivnega toka (I_{max}) in je napetost (U_{min}) le približno 85% nazivne napetosti distančna zaščita ne sme izklopiti voda (skrajni levi del modro obarvanega območja obratovalnih impedanc na Sl. 1. Za izklop voda v tem primeru poskrbi nadtokovna zaščita ali zaščita pred termično preobremenitvijo. Distančna zaščita je namenjena izključno zaščiti ob okvarah na vodu. V izogib prekrivanju dosega stopnje s področjem normalnega obratovalnega stanja v R smeri, upoštevamo:

$$\text{RFPP} \leq 1,6 Z_{L\text{min}}, \quad (16.3)$$

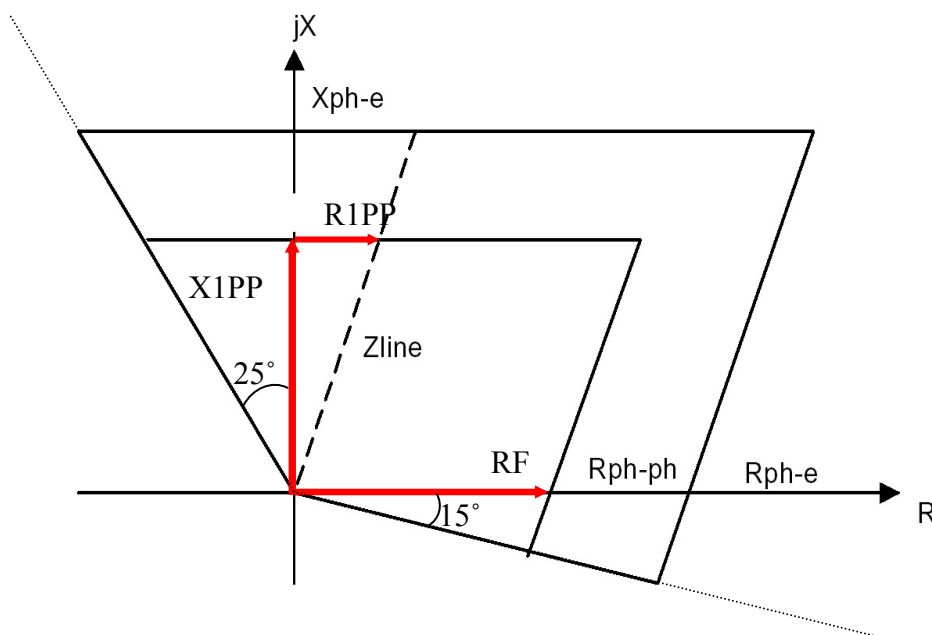
$$\text{RFPE} \leq 0,8 Z_{L\text{min}}, \quad (16.4)$$

kjer je najmanjša normalna obratovalna impedance določena z:

$$Z_{L\text{min}} = \frac{U_{\text{min}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{max}}}. \quad (16.5)$$

MEDFAZNI STIKI

Primer karakteristike impedančne stopnje distančne zaščite za medfazne stike kaže Sl. 3. Premici, ki omejujeta karakteristiko v drugem in četrtem kvadrantu sta fiksni in oklepata z osjo X kot 25° , z osjo R pa kot 15° . Doseg stopnje v reaktivni smeri omejuje premica, ki je vzporedna z R-osjo in je od nje oddaljena za direktno reaktanco zaščitne stopnje za medfazne stike X1PP.



Sl. 3: Karakteristika stopnje distančne zaščite za medfazne stike.

Doseg zaščitne stopnje v rezistivni smeri je omejen s premico, ki je vzporedna z Z_L in od nje oddaljeno za R_F :

$$Z_L = R_L + jX_L, \quad (16.6)$$

kjer je R_L rezistanca voda in X_L reaktanca voda.

Parametri, ki jih je treba definirati so:

- Operation: usmerjenost (naprej, reverzno, neusmerjena),
- X1PP: direktna reaktanca zaščitne stopnje za medfazne stike,
- R1PP: direktna rezistanca zaščitne stopnje za medfazne stike,
- RFPP: doseg stopnje v rezistančni smeri za medfazne stike,
- txPP: čas zakasnitve delovanja zaščitne stopnje za medfazne stike.

Nastavitev dosega stopnje RFPP naj ustreza pogojema:

$$RFPP \leq 3 \cdot X1PP, \quad (16.7)$$

in

$$RFPP \leq 1,6 \cdot Z_{Lmin}. \quad (16.8)$$

ZEMELJSKI STIKI

Pri zemeljskih stikih poleg upornosti voda in upornosti obloka upoštevamo tudi impedanco zemeljske povratne poti Z_N , saj se tokokrog zaključuje po zemlji in se zaradi tega poveča impedanca Z_{zanke} .

$$\underline{Z}_{zanke} = \underline{Z}_1 + R_{obl} + \underline{Z}_N \quad (16.9)$$

$$\underline{Z}_1 = R1PE + jX1PE \quad (16.10)$$

$$\underline{Z}_0 = R0PE + jX0PE \quad (16.11)$$

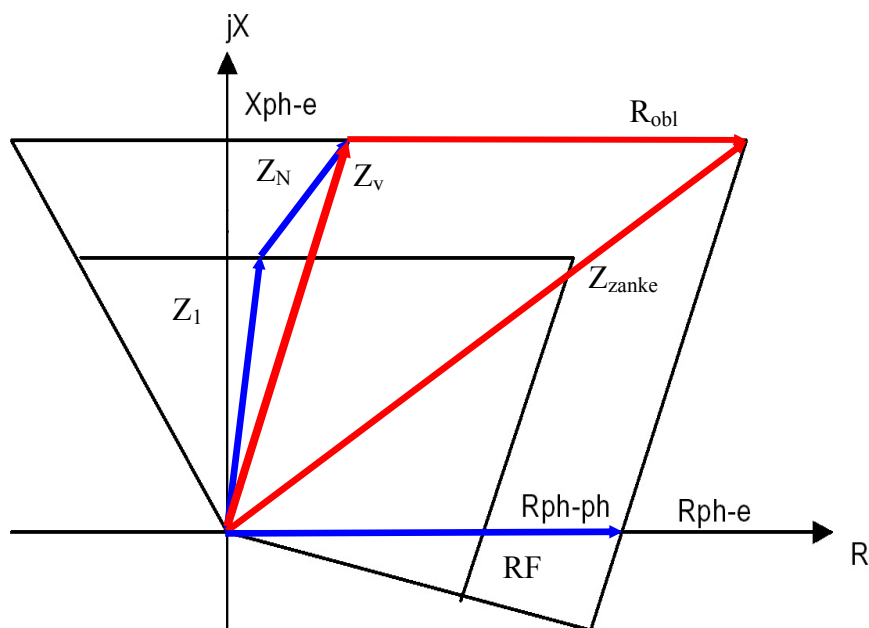
$$\underline{Z}_N = \frac{1}{3}(\underline{Z}_0 - \underline{Z}_1) \quad (16.12)$$

Na Sl. 4 je prikazan primer karakteristike impedančne stopnje distančne zaščite za zemeljske stike. Parametri, ki jih je treba izračunati so:

- X1PE: direktna reaktanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
- R1PE: direktna rezistanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
- X0PE: nična reaktanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
- R0PE: nična rezistanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
- RFPE: doseg stopnje v rezistančni smeri za zemeljske stike,
- txPE: čas zakasnitve delovanja zaščitne stopnje za zemeljske stike.

Nastavitev dosega stopnje RFPE naj ustreza pogojju:

$$RFPP \leq 6 \cdot X1PE. \quad (16.13)$$



Sl. 4: Karakteristika stopnje distančne zaščite za zemeljske stike.

16.4 IZRAČUN PARAMETROV PO STOPNJAH

Pri izračunu parametrov distančnega releja REL 511 upoštevajte kriterije, ki so v tabeli 2. Za vsako stopnjo izračunajte impedančni doseg, določite čase zakasnitve po katerem bo zaščita delovala in usmerjenost. Kriteriji so v praksi za vsak vod drugačni, tabela 2 jih podaja za 110 kV daljnovod.

Tabela 2: Kriteriji za določitev parametrov distančne zaščite.

Stopnja	t_{act} [s]	Usmerjenost	Impedančni doseg
Prva	0	naprej	85% voda
Druga	0,5	naprej	120% voda
Tretja	1	naprej	100% voda + 120% naslednjega najdaljšega voda
Četrta	3,5	naprej	izkustveno

PRVA STOPNJA

Prva stopnja je usmerjena naprej in deluje trenutno, zakasni jo le lastni čas delovanja releja (~30 ms). Impedančni doseg je po 85% ščitenega voda (tabela 2), kar moramo upoštevamo pri parametrih $X1PP$ in $R1PP$:

$$X1PP = 0,85 \cdot X_{1VIS} = 0,85 \cdot 7,416 \, \Omega = 6,30 \, \Omega \quad (10.14)$$

$$R1PP = 0,85 \cdot R_{1VIS} = 0,85 \cdot 2,221 \, \Omega = 1,89 \, \Omega \quad (10.15)$$

kjer sta R_{1VIS} in X_{1VIS} sekundarni vrednosti upornosti in reaktance ščitenega voda (tabela 1).

Doseg stopnje v rezistančni smeri za medfazne stike določimo kot 2-kratnik direktne reaktance $X1PP$:

$$RFPP = 2 \cdot X1PP = 2 \cdot 6,30 \, \Omega = \underline{12,60 \, \Omega} \quad (10.16)$$

$$t1PP = \underline{0,00 \, s} \quad (10.17)$$

$$X_{1PE} = X_{1PP} = \underline{6,30 \Omega} \quad (10.18)$$

$$R_{1PE} = R_{1PP} = \underline{1,89 \Omega} \quad (10.19)$$

$$X_{0PE} = 0,85 X_{0VIS} = 0,85 \cdot 19,174 \Omega = \underline{16,30 \Omega} \quad (10.20)$$

$$R_{0PE} = 0,85 R_{0VIS} = 0,85 \cdot 5,508 \Omega = \underline{4,68 \Omega} \quad (10.21)$$

kjer sta R_{0VIS} in X_{0VIS} sekundarni vrednosti upornosti in reaktance ničnega zaporedja ščitenega voda (Tabela 1).

Doseg stopnje v rezistančni smeri za zemeljske stike določimo kot 6 - kratnik direktne reaktance X_{1PE} :

$$R_{FPE} = 6 \cdot X_{1PE} = 6 \cdot 6,30 \Omega = \underline{37,80 \Omega} \quad (10.22)$$

$$t_{1PE} = \underline{0,00 s} \quad (10.23)$$

DRUGA STOPNJA

Druga stopnja je usmerjena naprej in je zakasnjena za 0,5s. Impedančni doseg je 120% ščitenega voda, kar moramo upoštevati pri določanju parametrov X_{1PP} in R_{1PP} :

$$X_{1PP} = 1,2 X_{1VIS} = 1,2 \cdot 7,414 \Omega = \underline{8,90 \Omega} \quad (10.24)$$

$$R_{1PP} = 1,2 R_{1VIS} = 1,2 \cdot 2,221 \Omega = \underline{2,67 \Omega} \quad (10.25)$$

Doseg stopnje v rezistančni smeri za medfazne stike določimo kot 2 - kratnik direktne reaktance X_{1PP} :

$$R_{FPP} = 2 \times X_{1PP} = 2 \times 8,90 \Omega = \underline{17,80 \Omega} \quad (10.26)$$

$$t_{2PP} = \underline{0,50 s} \quad (10.27)$$

$$X_{1PE} = X_{1PP} = \underline{8,90 \Omega} \quad (10.28)$$

$$R_{1PE} = R_{1PP} = \underline{2,67 \Omega} \quad (10.29)$$

$$X_{0PE} = 1,2 \times X_{0VIS} = 1,2 \cdot 19,174 \Omega = \underline{23,01 \Omega} \quad (10.30)$$

$$R_{0PE} = 1,2 \times R_{0VIS} = 1,2 \cdot 5,508 \Omega = \underline{6,61 \Omega} \quad (10.31)$$

Doseg stopnje v rezistančni smeri za zemeljske stike določimo kot 6-kratnik direktne reaktance X_{1PE} :

$$R_{FPE} = 6 \times X_{1PE} = 6 \times 8,90 \Omega = \underline{53,40 \Omega} \quad (10.32)$$

$$t_{2PE} = \underline{0,50 s} \quad (10.33)$$

TRETJA STOPNJA

Tretja stopnja je usmerjena naprej in je zakasnjena za 1s. Impedančni doseg je 100% ščitenega voda + 120% naslednjega najdaljšega voda, kar smo upoštevali pri določanju parametrov X_{1PP} in R_{1PP} . Naslednji najdaljši vod je vod 2, katerega podatki so v tabeli 1.

$$X_{1PP} = X_{1VIS} + 1,2 \cdot X_{1V2S} = (7,414 + 1,2 \cdot 8,121) \Omega = \underline{17,16 \Omega} \quad (10.34)$$

Parameter R_{1PP} tokrat nastavimo tako, da ostane kot φ_L nespremenjen.

$$\tan \varphi_L = \frac{X_{1V1}}{R_{1V1}} = \frac{13,596}{4,037} = 3,3678 \quad (10.35)$$

$$\tan \varphi_L = \frac{X_{1PP}}{R_{1PP}} \Rightarrow R_{1PP} = \frac{X_{1PP}}{\tan \varphi_L} = \frac{17,16}{3,3678} = \underline{5,09 \Omega} \quad (10.36)$$

Doseg stopnje v rezistančni smeri za medfazne stike določimo kot 1,5-kratnik direktne reaktance $X1PP$:

$$RFPP = 1,5 \cdot X1PP = 1,5 \cdot 17,16\Omega = \underline{25,74\Omega} \quad (10.37)$$

$$t3PP = \underline{1,00s} \quad (10.38)$$

$$X1PE = X1PP = \underline{17,16\Omega} \quad (10.39)$$

$$R1PE = R1PP = \underline{5,09\Omega} \quad (10.40)$$

$$X0PE = X_{0v1S} + 1,2 \cdot X_{0v2S} = (19,174 + 1,2 \cdot 24,878)\Omega = \underline{49,03\Omega} \quad (10.41)$$

$$R0PE = R_{0v1S} + 1,2 \cdot R_{0v2S} = (5,508 + 1,2 \cdot 8,408)\Omega = \underline{15,60\Omega} \quad (10.42)$$

Doseg stopnje v rezistančni smeri za zemeljske stike določimo kot 4,5-kratnik direktne reaktance $X1PE$:

$$RFPE = 4,5 X1PE = 4,5 \cdot 17,16 \Omega = \underline{77,22 \Omega} \quad (10.43)$$

$$T3PE = \underline{1,00 s} \quad (10.44)$$

ČETRTA STOPNJA

Četrta stopnja je usmerjena naprej in je zakasnjena za 3,5s. Impedančni doseg nastavimo tako, da zajamemo vse okvare na vodu. Vrednosti parametrov $X1PP$, $RFPP$ in $RFPE$ nastavimo na:

$$X1PP = 27,27 \Omega \quad (10.45)$$

$$RFPP = 60,00 \Omega \quad (10.46)$$

$$RFPE = 100,00 \Omega \quad (10.47)$$

Ostale parametre izračunamo sorazmerno s prvo stopnjo ($X0PE$, $R0PE$)

Pri določanju parametra $R1PP$ upoštevamo, da naj ima četrta stopnja enako razmerje med $X1PP$ in $R1PP$, oziroma, da je kot φ_L enak kot v drugih stopnjah.

$$R1PP = \frac{X1PP}{\tan \varphi_L} = \frac{27,27}{3,3678} = \underline{8,08\Omega} \quad (10.48)$$

$$t4PP = \underline{3,50s} \quad (10.49)$$

$$X1PE = X1PP = \underline{27,27\Omega} \quad (10.50)$$

$$R1PE = R1PP = \underline{8,08\Omega} \quad (10.51)$$

$$X0PE = \frac{X1PE_{4.\text{stopnja}}}{X1PE_{1.\text{stopnja}}} \cdot X0PE_{1.\text{stopnja}} = \frac{27,27}{6,30} \cdot 16,30\Omega = \underline{70,56\Omega} \quad (10.52)$$

$$R0PE = \frac{X1PE_{4.\text{stopnja}}}{X1PE_{1.\text{stopnja}}} \cdot R0PE_{1.\text{stopnja}} = \frac{27,27}{6,30} \cdot 4,68\Omega = \underline{20,91\Omega} \quad (10.53)$$

$$t4PE = \underline{3,50 s} \quad (10.54)$$

16.5 OMICRON CMC 156

Preizkusna naprava Omicron CMC 156 je namenjena preizkušanju merilnih in zaščitnih naprav tako v laboratorijih, kot tudi na terenu. Napravo Omicron CMC 156 upravljamo s programsko opremo Omicron Test Universe, ki jo sestavljajo različni moduli, katere lahko uporabljamo posamično ali jih po potrebi združimo v skupno testno datoteko *.occ (*Omicron Control Centre*).



Pojasnilo oznak:

Operation	usmerjenost (naprej, reverzno, neusmerjena),
X1PP	direktna reaktanca zaščitne stopnje za medfazne stike,
R1PP	direktna rezistanca zaščitne stopnje za medfazne stike,
RFPP	doseg stopnje v rezistančni smeri za medfazne stike,
txPP	čas zakasnitve delovanja zaščitne stopnje za medfazne stike.
X1PE	direktna reaktanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
R1PE	direktna rezistanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
X0PE	nična reaktanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
R0PE	nična rezistanca zaščitne stopnje za zemeljske stike,
RFPE	doseg stopnje v rezistančni smeri za zemeljske stike,
txPE	čas zakasnitve delovanja zaščitne stopnje za zemeljske stike.