

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*



ZAŠČITNA TEHNIKA IN AVTOMATIZACIJA

Vaje

Ime in priimek: _____

Šolsko leto: _____

Ocena: _____



VSEBINA

Vaja 1.....	2
Vaja 2.....	5
Vaja 3.....	8
Vaja 4.....	16
Vaja 5.....	25
Vaja 6.....	27
Vaja 7.....	31
Vaja 8.....	32
Vaja 9.....	33
Vaja 10.....	35
Vaja 11.....	43
Vaja 12.....	46

VAJA 1

Uvod v Simulink in SimPowerSystems

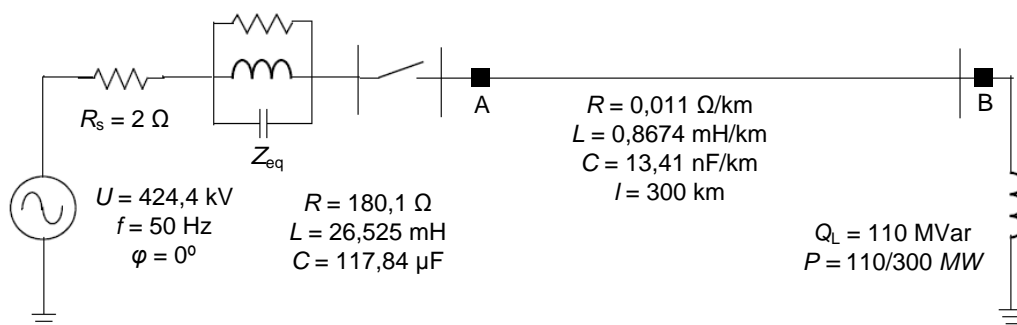
Naloga:

1. Za podano vezje simulirajte vklop voda v trenutku 1 s in ponovni izklop voda v trenutku 6 s. Čas simulacije naj bo 30 s.
2. Za podano vezje simulirajte pojav kratkega stika na polovici voda ($l = 150$ km) v času 0,25 s do 0,55 s. Čas simulacije naj bo 1 s.

Pomagajte si z naslednjimi MATLAB datotekami:

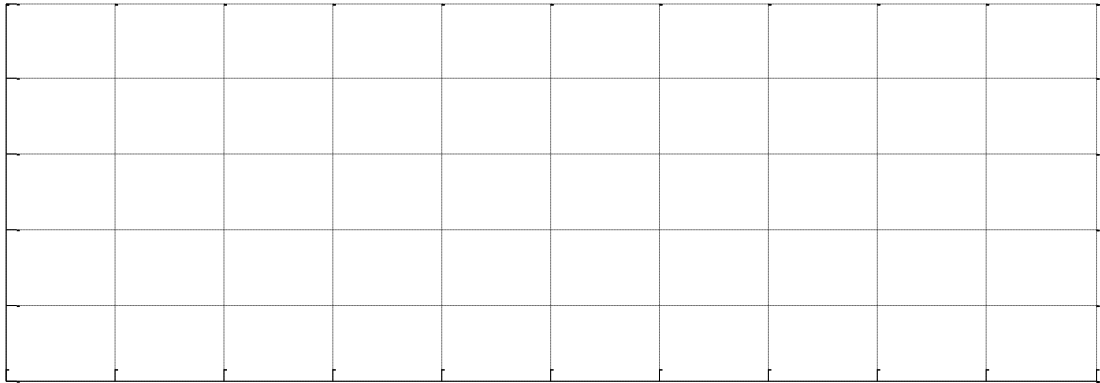
- `ztav1_md.mdl`, ki vsebuje delni model sistema,
- `ztav1_pr.m`, ki vsebuje program za izris signalov.

Shema vezja:

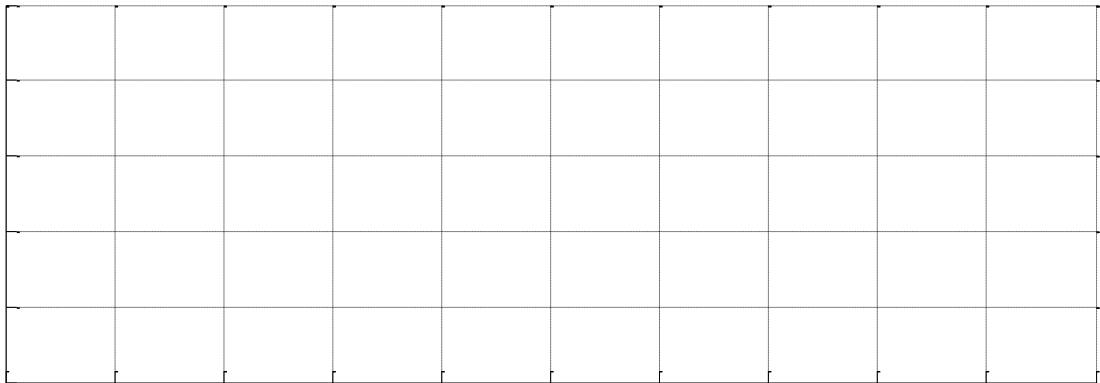




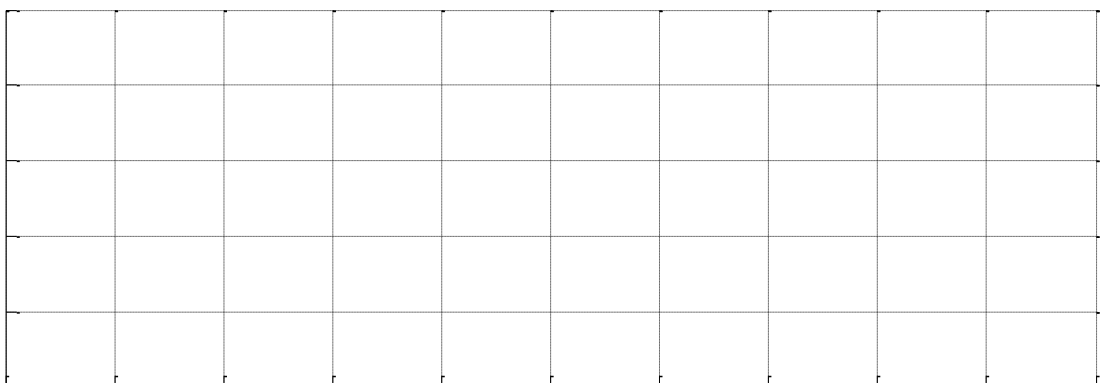
Časovni potek toka na merilnem mestu A za vklop in izklop voda (1):



Časovni potek napetosti na merilnem mestu B za vklop in izklop voda (1):

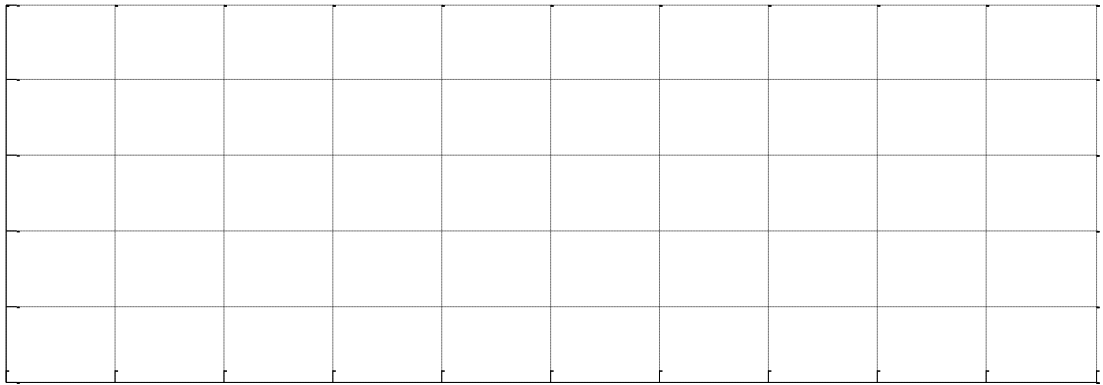
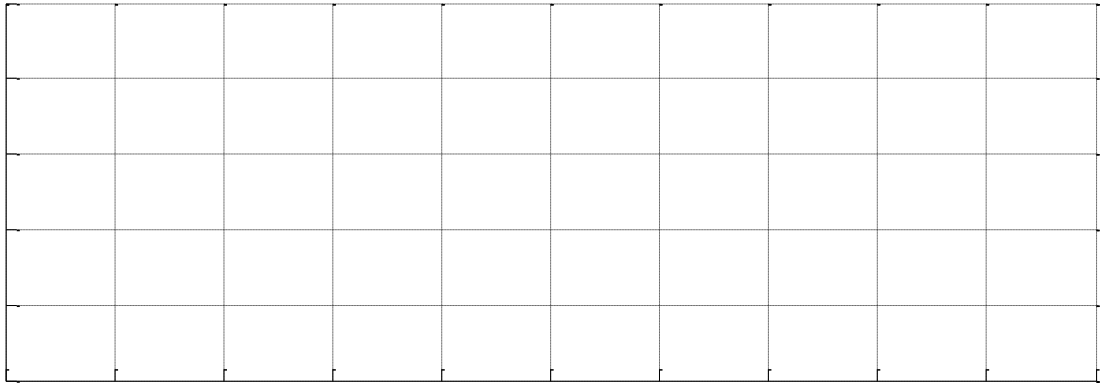


Časovni potek toka na merilnem mestu A za primer kratkega stika (2):





Časovni potek napetosti na merilnem mestu A in B za primer kratkega stika (2):



Komentar rezultatov:

VAJA 2

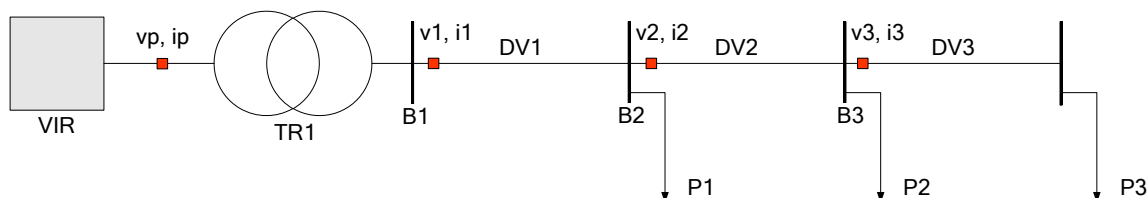
Model elektroenergetskega sistema

Model elektroenergetskega sistema ima naslednje podatke:

Vir:	TR1:	TR1 primar:	TR1 sekundar:
$U_n = 380 \text{ kV}$	$S_n = 200 \text{ MVA}$	$V1 = 380 \text{ kV}$	$V2 = 110 \text{ kV}$
$f_n = 50 \text{ Hz}$	$f_n = 50 \text{ Hz}$	$R1 = 0,002 \text{ p.u.}$	$R1 = 0,002 \text{ p.u.}$
$\delta = 0$	Vezava: D1/Yn	$L1 = 0,08 \text{ p.u.}$	$L1 = 0,08 \text{ p.u.}$
$S_k'' = 200 \text{ MVA}$			
$U_k'' = 380 \text{ kV}$			
$X/R = 7$			

Vod DV 1:	Vod DV 2:	Vod DV 3:	Breme:
$R_1 = 0,01273 \text{ } \Omega/\text{km}$	$R_1 = 0,01273 \text{ } \Omega/\text{km}$	$R_1 = 0,01273 \text{ } \Omega/\text{km}$	$P_1 = 6 \text{ MW}$
$R_0 = 0,3864 \text{ } \Omega/\text{km}$	$R_0 = 0,3864 \text{ } \Omega/\text{km}$	$R_0 = 0,3864 \text{ } \Omega/\text{km}$	$P_2 = 8 \text{ MW}$
$L_1 = 0,9337 \text{ mH/km}$	$L_1 = 0,9337 \text{ mH/km}$	$L_1 = 0,9337 \text{ mH/km}$	$P_3 = 4 \text{ MW}$
$L_0 = 4,1264 \text{ mH/km}$	$L_0 = 4,1264 \text{ mH/km}$	$L_0 = 4,1264 \text{ mH/km}$	
$C_1 = 12,74 \text{ nF/km}$	$C_1 = 12,74 \text{ nF/km}$	$C_1 = 12,74 \text{ nF/km}$	
$C_0 = 7,751 \text{ nF/km}$	$C_0 = 7,751 \text{ nF/km}$	$C_0 = 7,751 \text{ nF/km}$	
$l = 22 \text{ km}$	$l = 40 \text{ km}$	$l = 36 \text{ km}$	

Shema vezja:



Naloga:

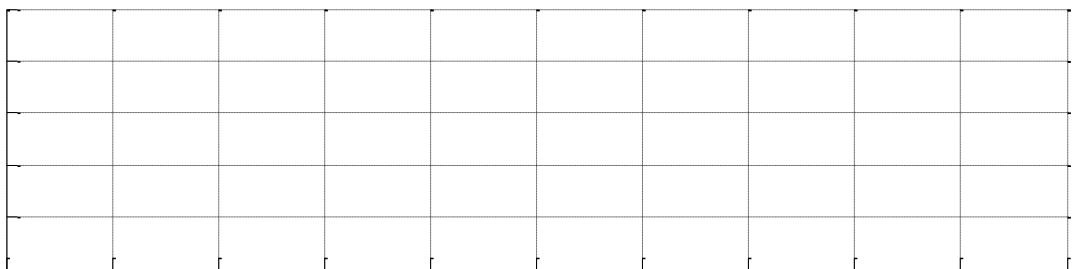
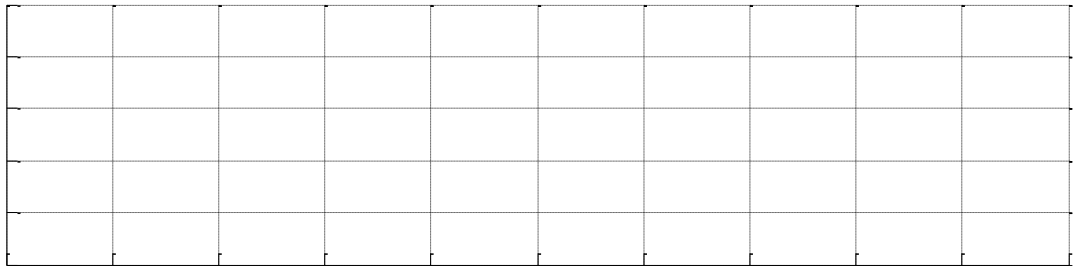
1. Simulirajte trifazni kratek stik na vodu DV2. Kratek stik naj se zgodi na dolžini $l_{ks}=20 \text{ km}$ v trenutku $t = 0,02 \text{ s}$. Čas simulacije naj bo $0,2 \text{ s}$.
2. Simulirajte dvofazni kratek stik z dotikom zemlje na vodu DV2. Kratek stik naj se zgodi na dolžini $l_{ks}=20 \text{ km}$ v trenutku $t = 0,02 \text{ s}$. Čas simulacije naj bo $0,2 \text{ s}$.

Pomagajte si z naslednjimi MATLAB datotekami:

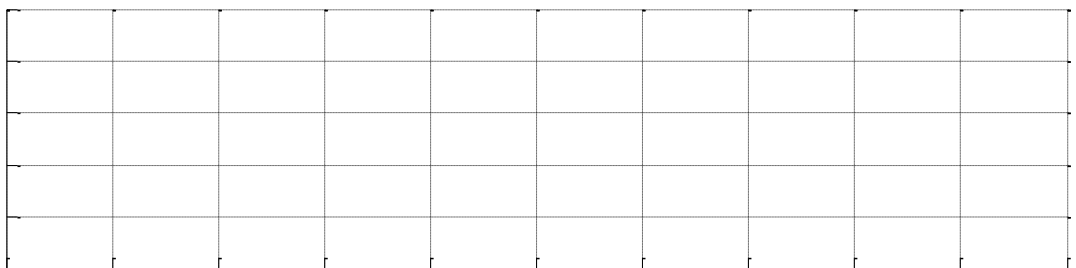
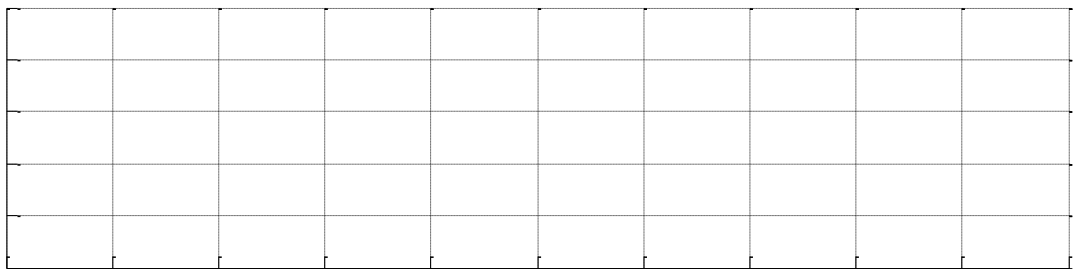
- `ztav2_md.mdl`, ki vsebuje model sistema,
- `ztav2_pr.m`, ki vsebuje program za izris signalov.



Časovni potek tokov na primarni in sekundarni strani transformatorja za normalno obratovalno stanje:

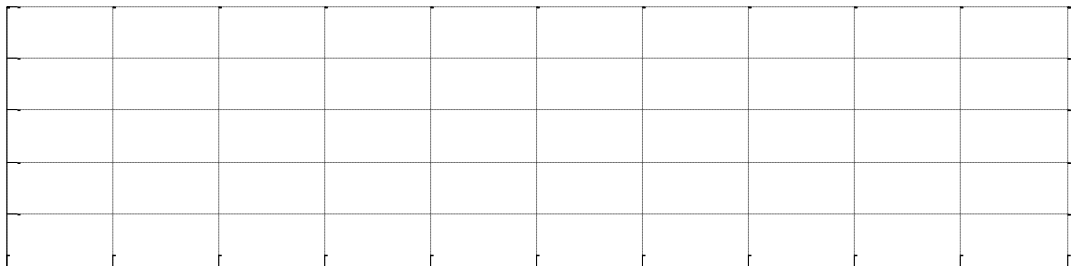
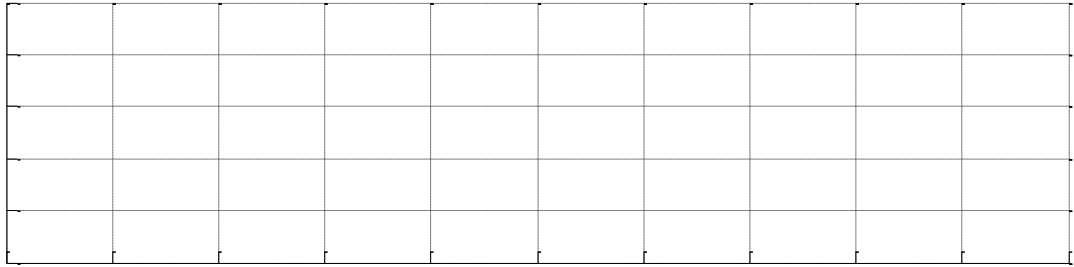


Časovni potek tokov na primarni in sekundarni strani transformatorja za trifazni kratek stik (1):





Časovni potek tokov na primarni in sekundarni strani transformatorja za dvofazni kratek stik (1):



Komentar rezultatov:



VAJA 3

Nadtokovna zaščita

Preizkusite algoritem za nadtokovno zaščito s tokovno neodvisno zakasnjeno karakteristiko s časovnim stopnjevanjem. Algoritem vsebuje tri stopnje zaščite:

- nizko nadtokovno stopnjo $I_{>}$, $t_{>}$,
- visoko nadtokovno stopnjo $I_{>>}$, $t_{>>}$,
- trenutno stopnjo delovanja $I_{>>>}$, $t_{>>>} = 0$ s.

Algoritem omogoča uporabniku prosto nastavitve stopenj delovanja (povezava s programom Matlab). Za namen vaje naj bodo tokovne in časovne nastavitve sledeče:

Tokovna nastavitve	Časovna nastavitve:
$I_{>>>} = 20$ A	$t_{>>>} = 0$ s
$I_{>>} = 10$ A	$t_{>>} = 5$ ms
$I_{>} = 5$ A	$t_{>} = 20$ ms

Naloga:

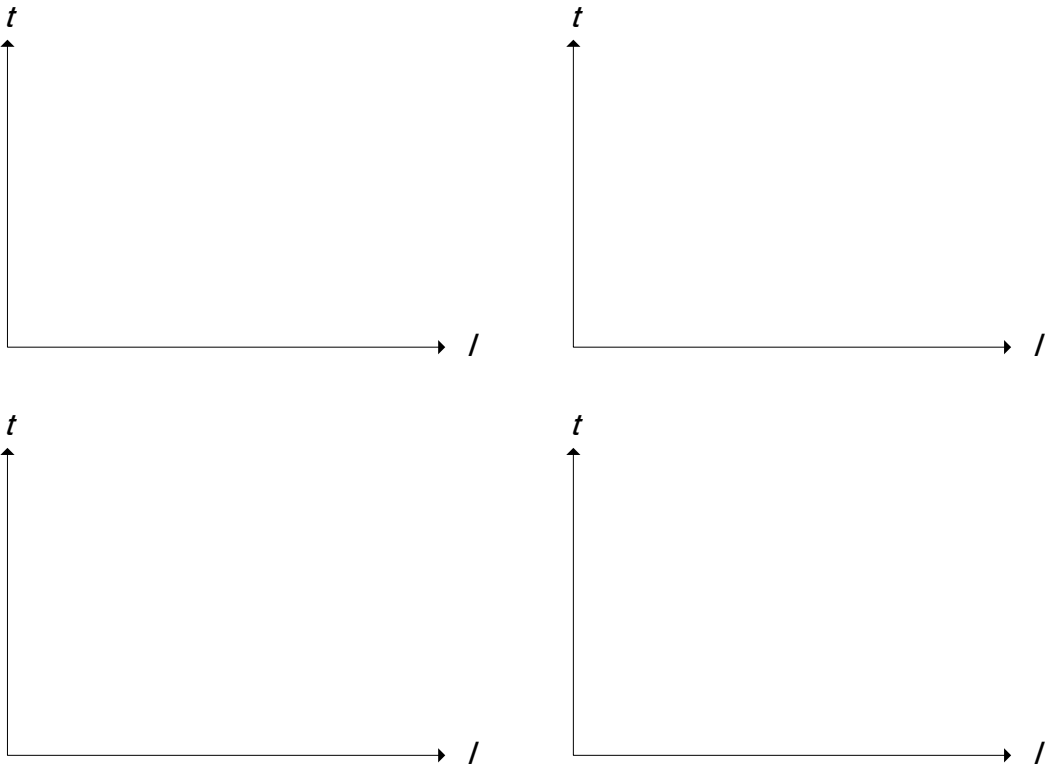
1. Katere karakteristike ločimo pri nadtokovni zaščiti?
2. Skicirajte karakteristiko za podano nadtokovno zaščito.
3. S pomočjo podane sheme algoritma nadtokovne zaščite izrišite signale ki se pojavijo v algoritmu v primeru:
 - trenutne spremembe toka iz vrednosti 4 A na 7 A v trenutku 0,04 s,
 - trenutne spremembe toka iz vrednosti 4 A na 14 A v trenutku 0,04 s,
 - trenutne spremembe toka iz vrednosti 4 A na 30 A v trenutku 0,04 s.
 - Čas simulacije za vse primere naj bo 0,1 s. Predpostavite uporabo idealnega diskretnega Fourierevega transformata.
4. S pomočjo simulacijskega modela preizkusite delovanje algoritma za primere izmerjene v realnem sistemu:
 - meritev 1, faza L3,
 - meritev 5, faza L1.

Pomagajte si z naslednjimi MATLAB datotekami:

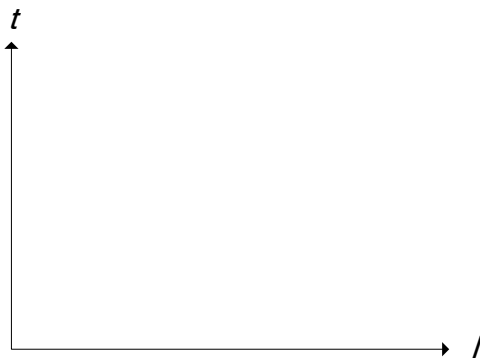
- `ztav3_md.mdl`, ki vsebuje algoritem,
- `ztav3_me.mat`, ki vsebuje izmerjene meritve
- `ztav3_pr.m`, ki vsebuje program za izris signalov.



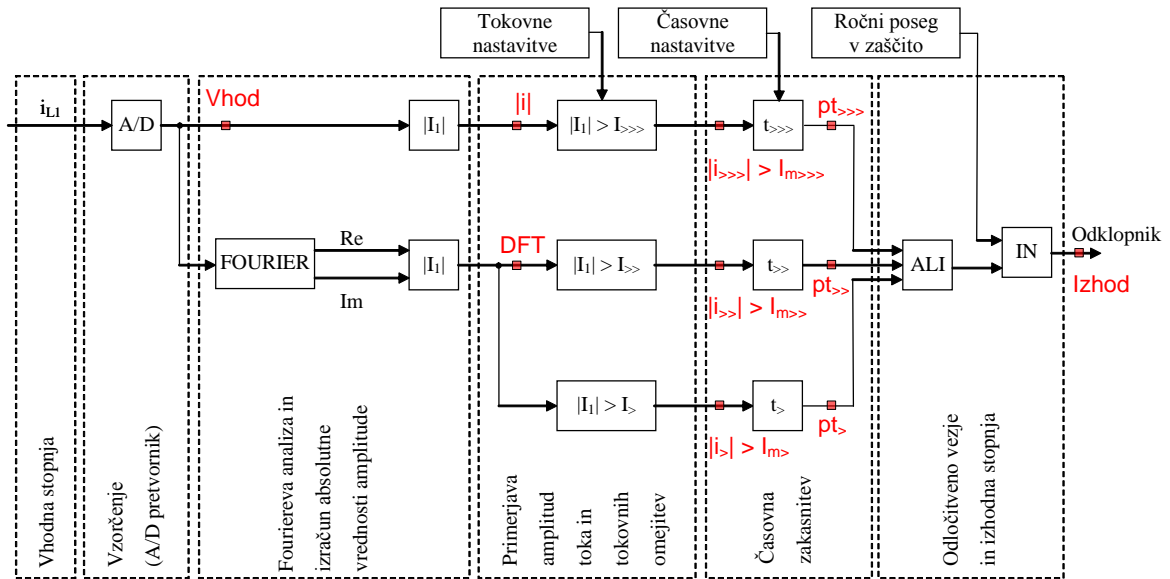
Sheme karakteristik nadtokovnih zaščit (1):



Shema karakteristike nadtokovne zaščite s tokovno neodvisno zakasnjeno karakteristiko s časovnim stopnjevanjem (2):

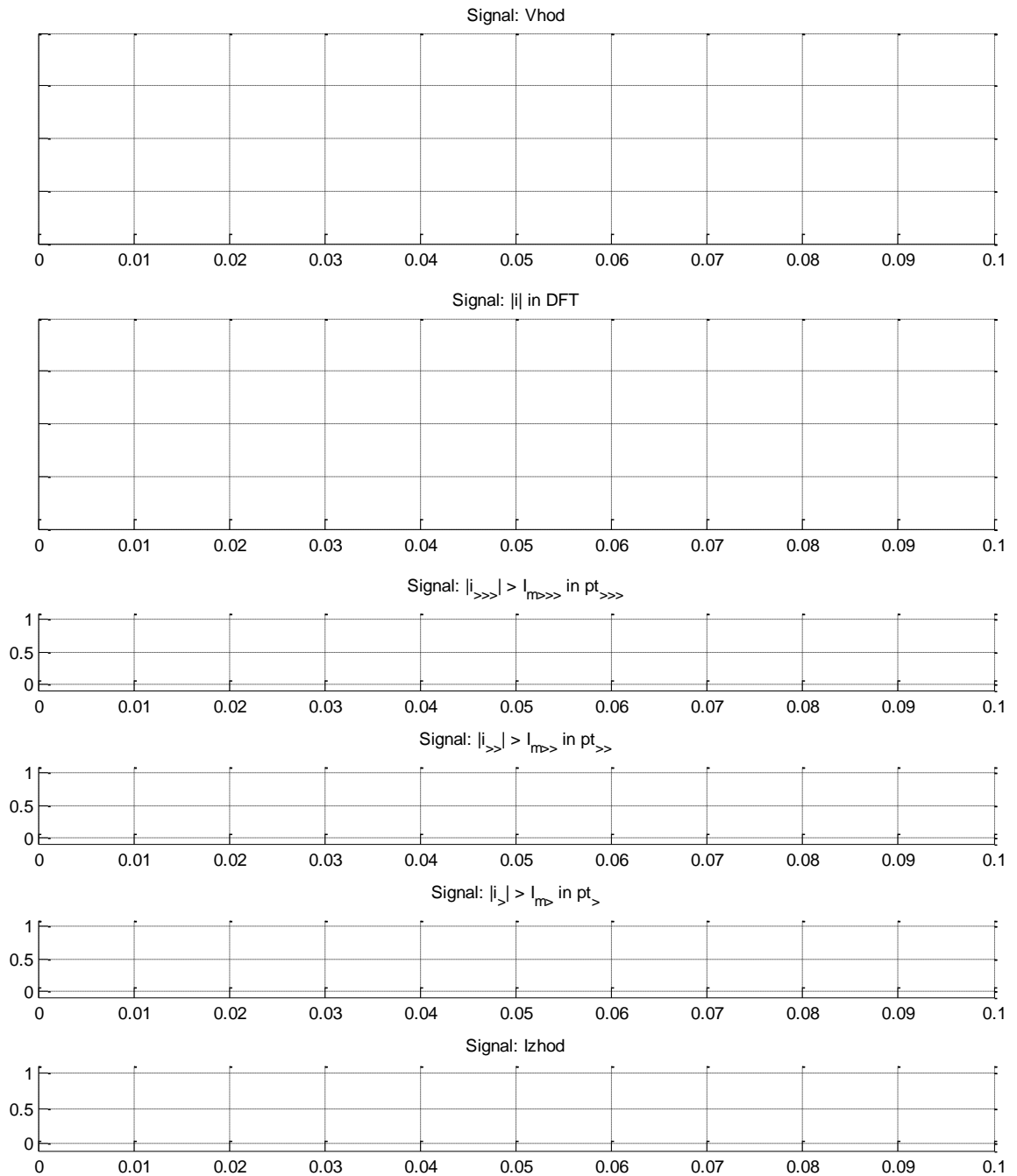


Shema algoritma nadtokovne zaščite s tokovno neodvisno zakasnjeno karakteristiko s časovnim stopnjevanjem



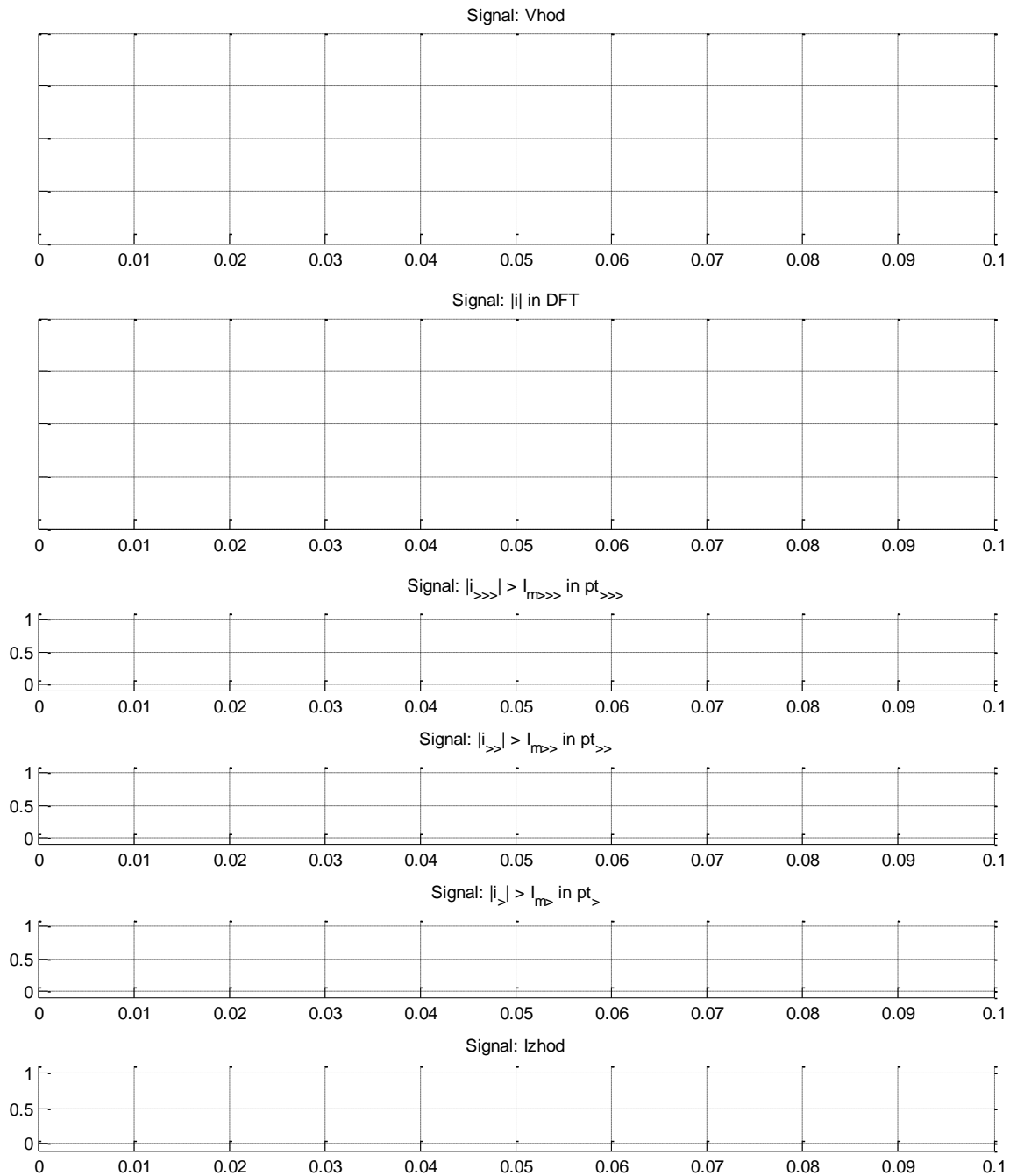
Komentar:

Potek signalov za primer trenutne spremembe toka iz vrednosti 4 A na 7 A v trenutku 0,04 s (3):



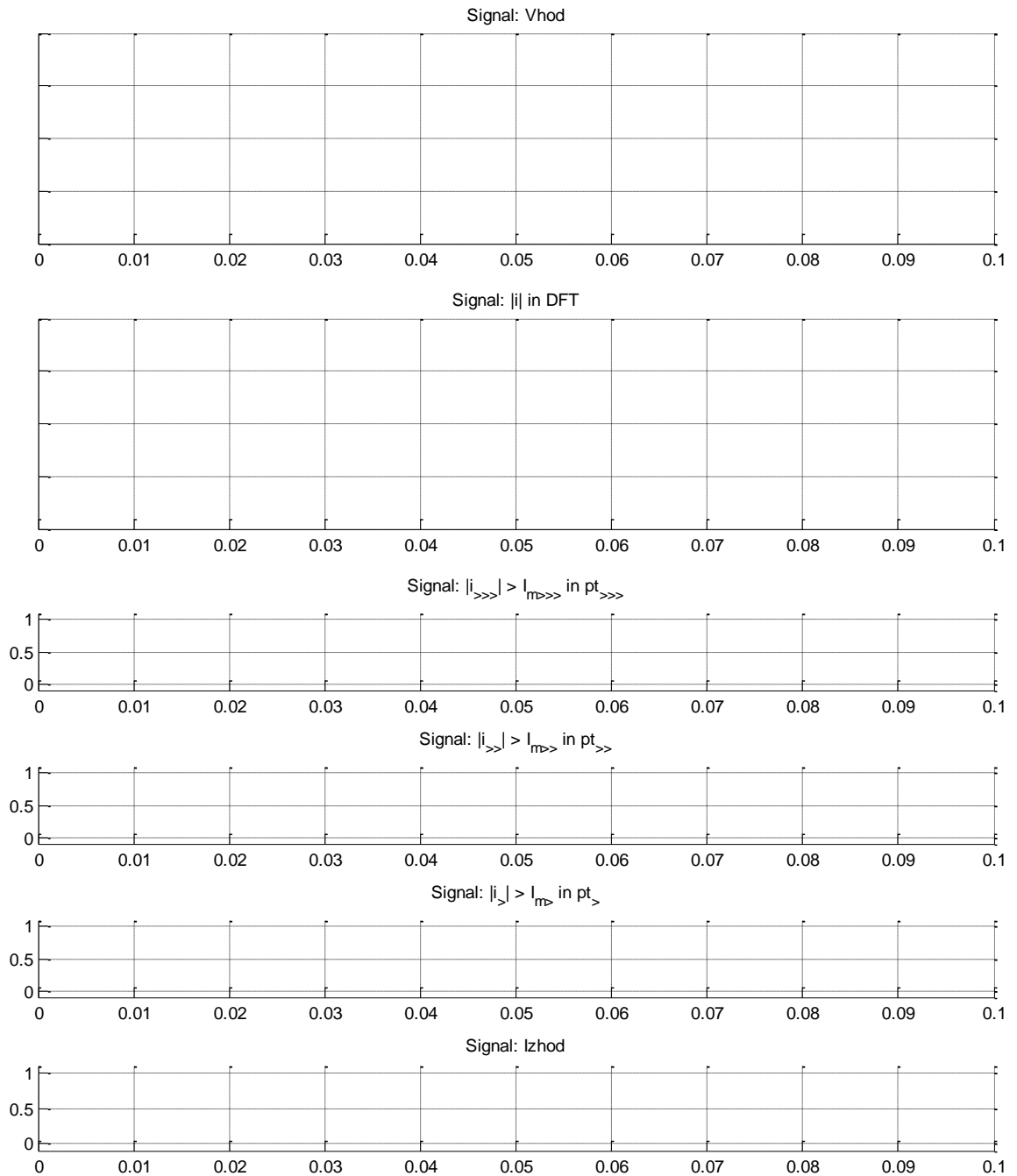
Komentar:

Potek signalov za primer trenutne spremembe toka iz vrednosti 4 A na 14 A v trenutku 0,04 s (3):



Komentar:

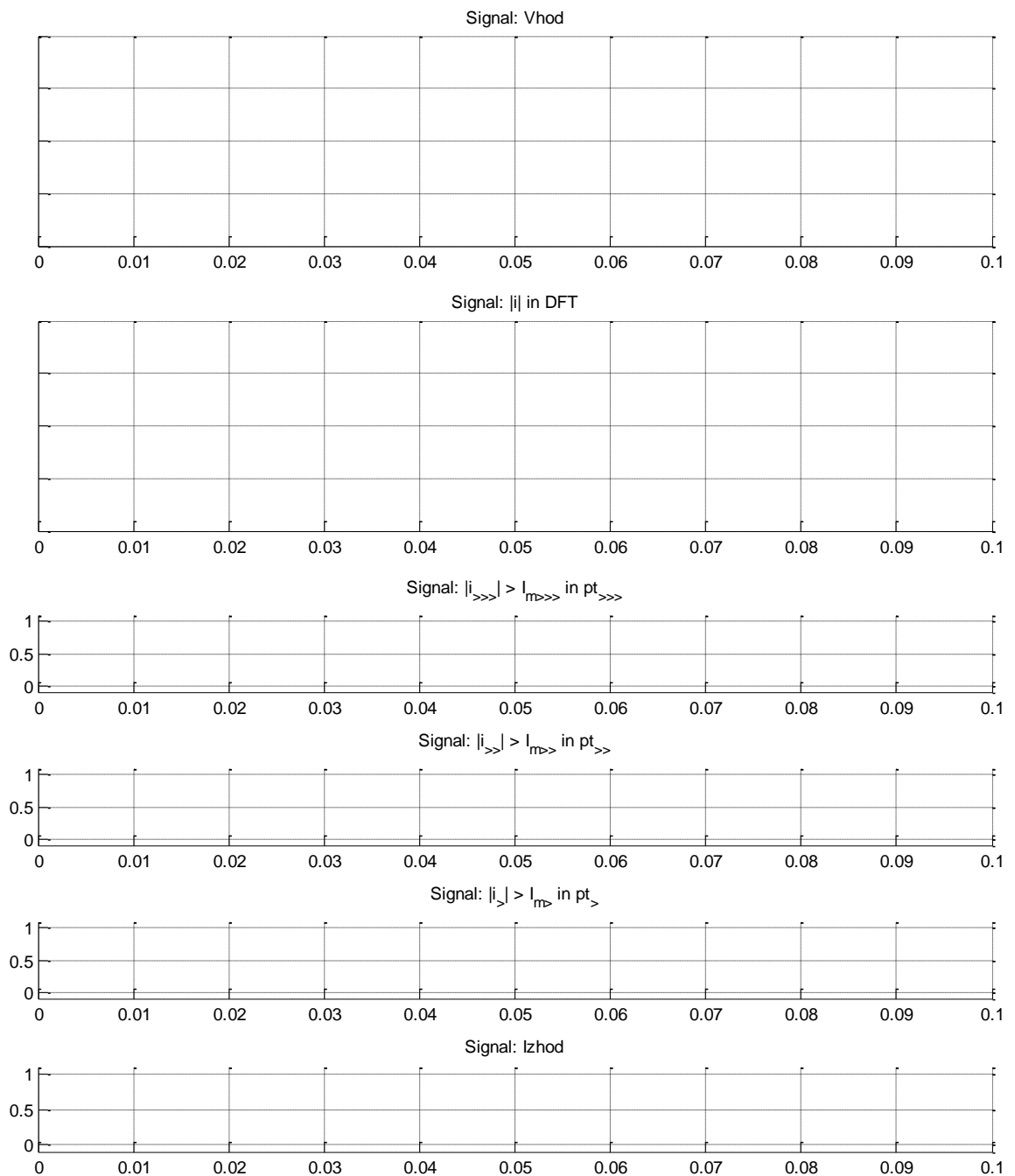
Potek signalov za primer trenutne spremembe toka iz vrednosti 4 A na 30 A v trenutku 0,04 s (3):



Komentar:



Potek signalov za primer meritve 5, faza L1 (4):



Komentar rezultatov simulacij:



Vprašanja:

Skicirajte karakteristiko, podano z enačbo:

$$t_r = \frac{1}{3} \left(\frac{80}{I_r^2 - 1} \right).$$

1. Kakšno je območje I_r za normalno obratovalno stanje?
2. V nekem trenutku ($t = 0$) I_r iz 0,5 A sunkovito (v trenutku) naraste na 10 A. Po tem povečanju, tok začne linearno upadati – po 0,2 s doseže vrednost 2,5 A, in je naslednjih 12 s konstanten. Po tem času se tok v trenutku zmanjša na 0,9 A in ostane tak. Po kolikem času od začetka pojava motnje bo rele deloval?

VAJA 4

Fourierova vrsta

Naloga:

Prikažite primer uporabe Fourierove vrste za primer žagaste funkcije:

$$\begin{aligned} f(x) &= x, \text{ za } -\pi < x < \pi \\ f(x + 2\pi) &= f(x), \text{ za } -\infty < x < \infty. \end{aligned} \quad (1)$$

V skladu z določenimi Fourierovimi koeficienti lahko opazovano funkcijo zapišemo z Fourierovo vrsto. Fourierovi koeficienti za tako funkcijo so:

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x \cos(nx) dx = 0, \quad n \geq 0, \\ b_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x \sin(nx) dx = -\frac{2}{n} \cos(n\pi) = 2 \frac{(-1)^{n+1}}{n}, \quad n \geq 1. \end{aligned} \quad (2)$$

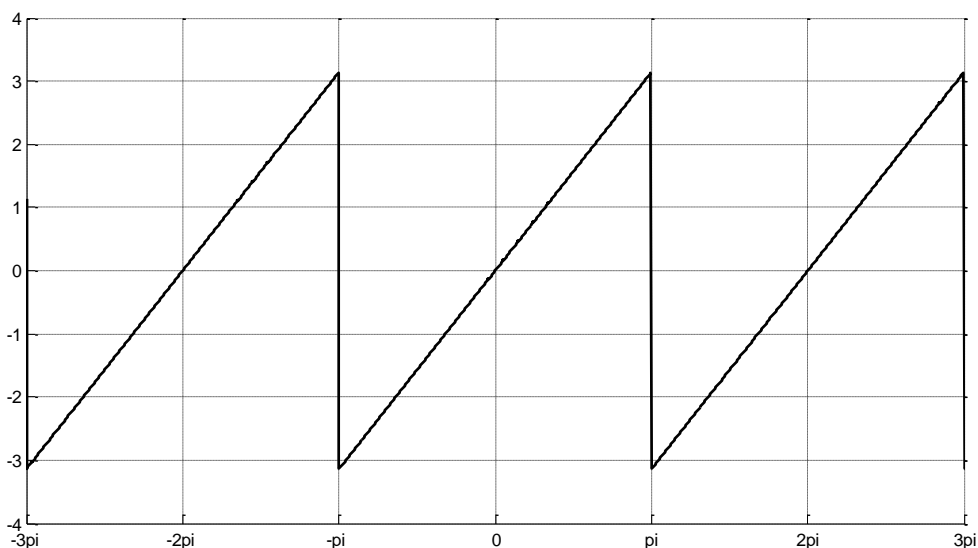
Fourierova vrsta je tako:

$$f(x) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} \sin(nx), \text{ za } x - \pi \notin 2\pi\mathbf{Z}. \quad (3)$$

Prikažite žagasto funkcijo (angl. sawtooth wave) na intervalu $[-3\pi, 3\pi]$. Prikažite funkcijo z uporabo Fourierove vrste – za primer prvih petih Fourierovih vrst. Koliko členov v Fourierovi vrsti potrebujemo za idealni približek žagaste funkcije?

Pomagajte si z naslednjimi MATLAB datotekami:

- `ztav41_pr.m`, ki vsebuje pomožni program za izris.





Komentar:

Uporaba diskretnega Fourierjev transform

Naloga:

1. Opišite uporabo celotnega (in polovičnega) okna za zajem podatkov.
2. Skicirajte diagram poteka za diskretno Fourierjevo analizo za izračun amplitude signala z uporabo celotnega okna.
3. V programu Matlab uporabite program diskretne Fourierjeve analize za izračun amplitude signala z uporabo celotnega in polovičnega okna in analizirajte spodnje signale. Opazujte amplitude prvih pet harmonskih komponent.
 - $i(t) = 3 \cdot \cos(\omega_1 t)$,
 - $i(t) = 2 \cdot \cos(\omega_1 t) + 1 \cdot \cos(3 \cdot \omega_1 t) + 1$,
 - $i(t) = 1,5 \cdot \cos(\omega_1 t) + 2 \cdot \sin(3 \cdot \omega_1 t) + 1$,
 - $i(t) = 2,3 \cdot \sin(\omega_1 t) + 0,8 \cdot \sin(2 \cdot \omega_1 t) + 0,7 \cdot \sin(3 \cdot \omega_1 t) + 0,75 \cdot \sin(5 \cdot \omega_1 t) + 0,12$.
 - Dodatno prikažite frekvenčni spekter za zgornje signale.
4. Kako se razlikuje diskretna Fourierjeva analiza z uporabo polovičnega okna?

Pomagajte si z naslednjimi MATLAB datotekami:

- `ztav42_pr.m`, ki vsebuje delni program za diskretni Fourierjev transform.



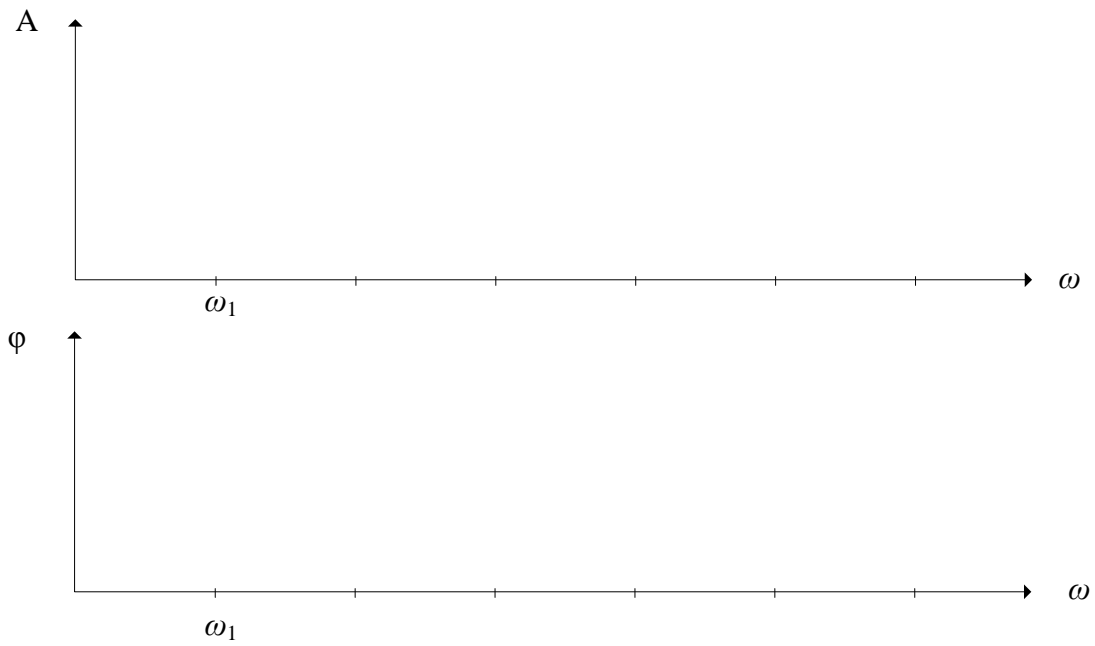
Uporaba okna za zajem podatkov:



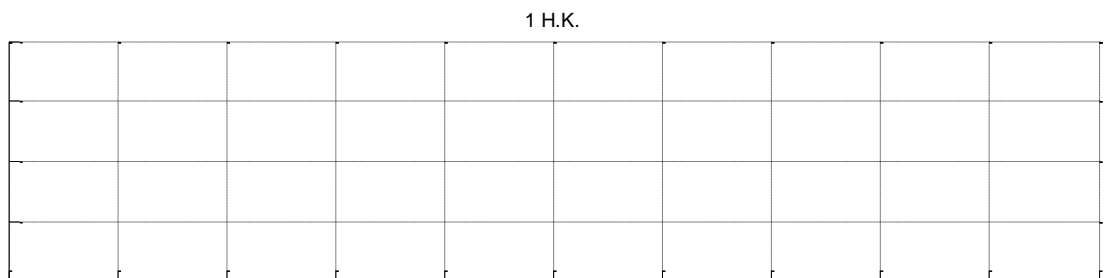
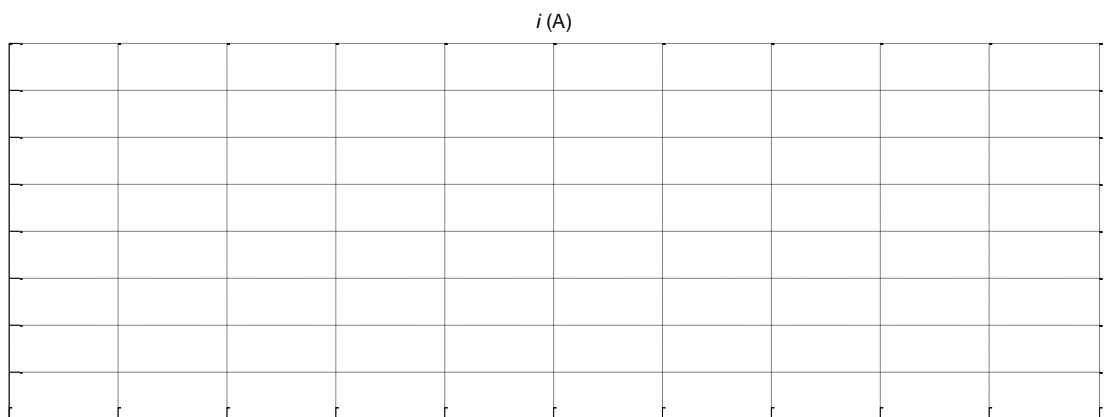
Diagram poteka diskretne Fouriereve analize:



Frekvenčni spekter za različne signale:



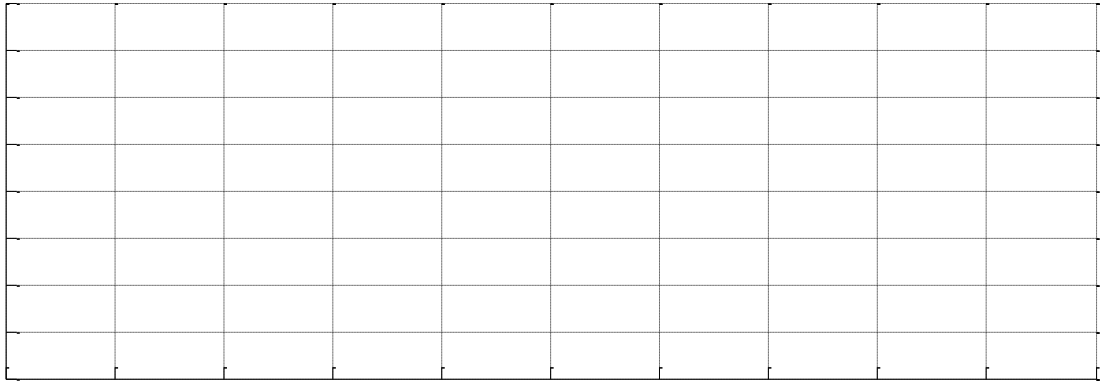
Diskretna Fourierova analiza signala $i(t) = 3 \cdot \cos(\omega_1 t)$:



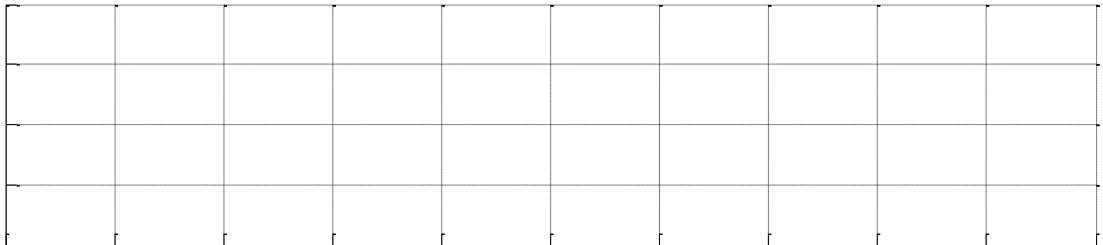


Diskretna Fourierova analiza signala $i(t) = 2 \cdot \cos(\omega_1 t) + 1 \cdot \cos(3 \cdot \omega_1 t) + 1$:

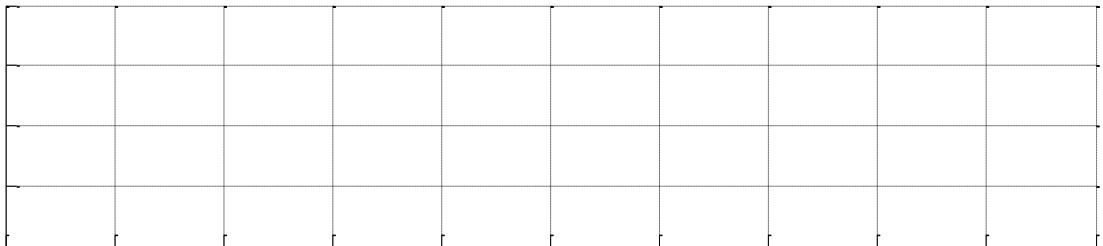
i (A)



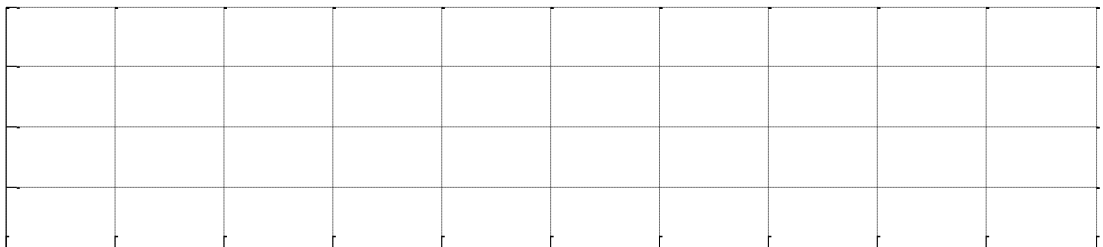
1 H.K.



2 H.K.



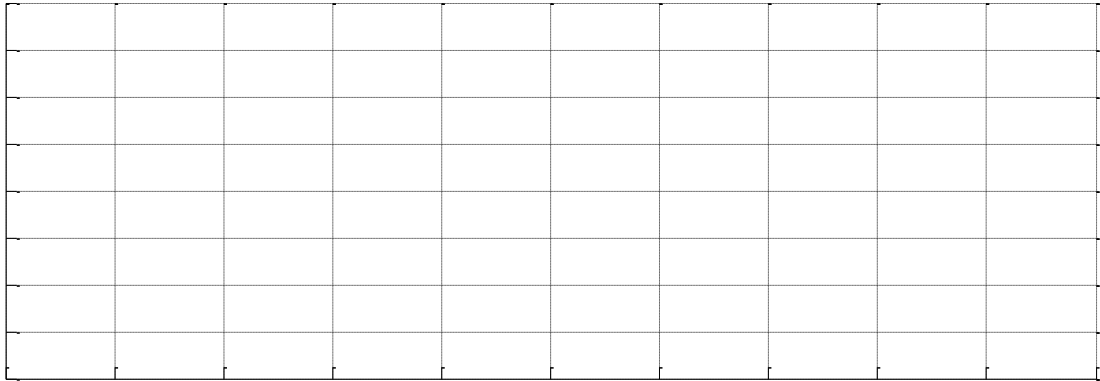
3 H.K.



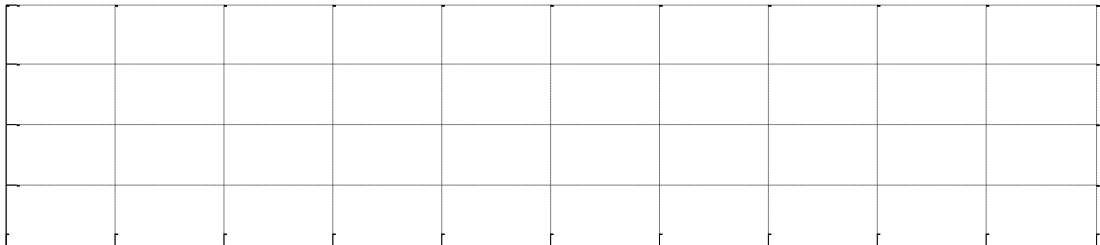


Diskretna Fourierova analiza signala $i(t) = 1,5 \cdot \cos(\omega_1 t) + 2 \cdot \sin(3 \cdot \omega_1 t) + 1$:

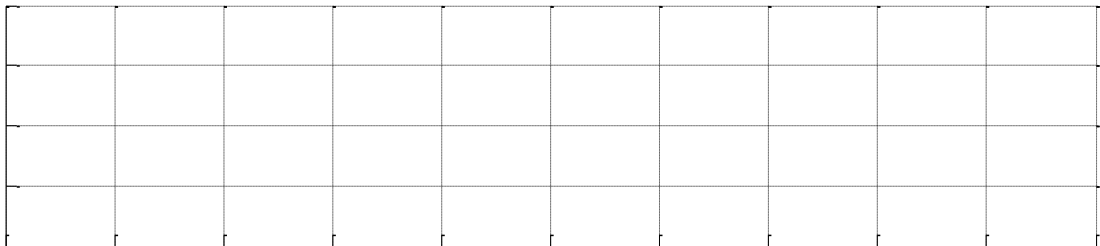
i (A)



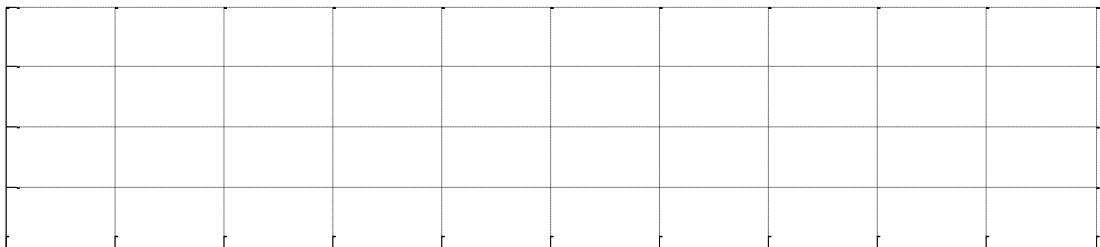
1 H.K.



2 H.K.



3 H.K.

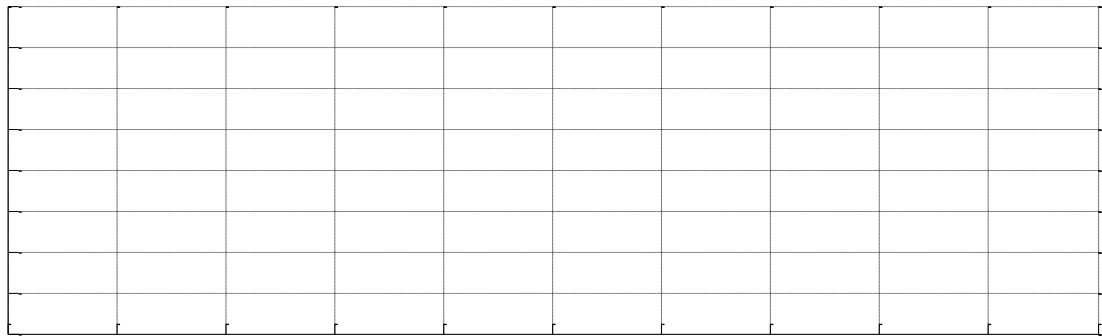




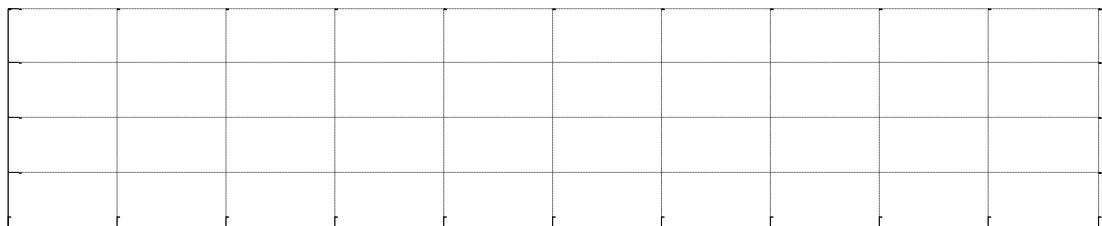
Diskretna Fourierova analiza signala

$$i(t) = 2,3 \cdot \sin(\omega_1 t) + 0,8 \cdot \sin(2 \cdot \omega_1 t) + 0,7 \cdot \sin(3 \cdot \omega_1 t) + 0,75 \cdot \sin(5 \cdot \omega_1 t) + 0,12.$$

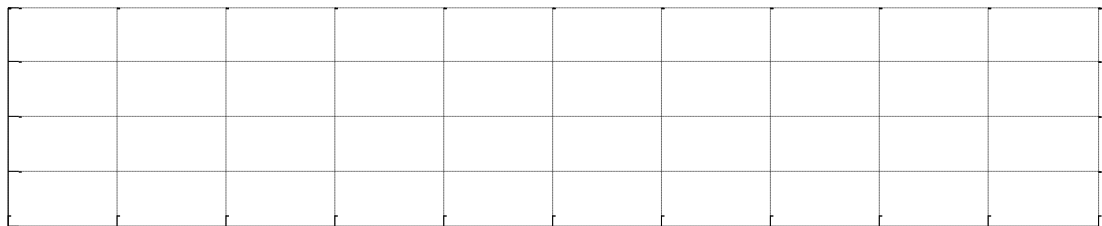
i (A)



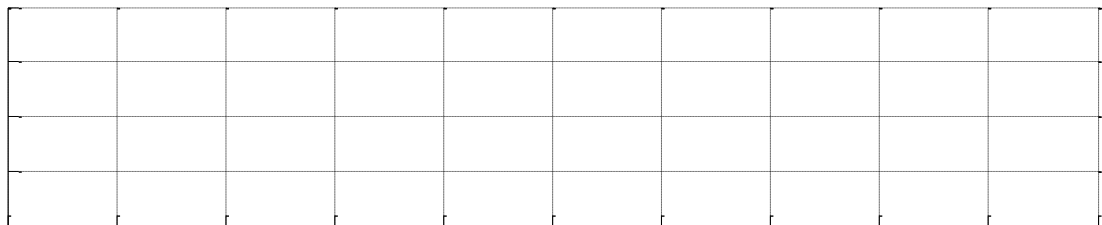
1 H.K.



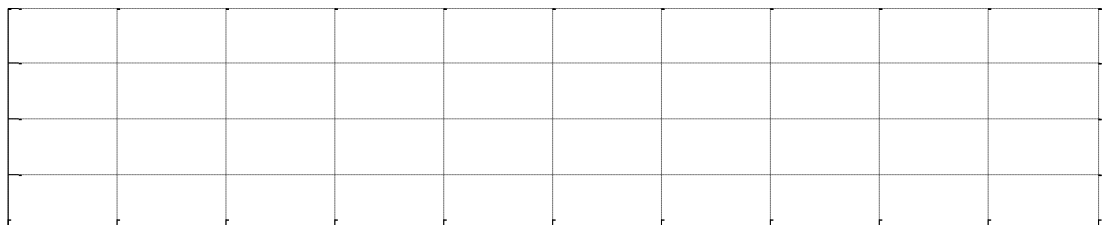
2 H.K.



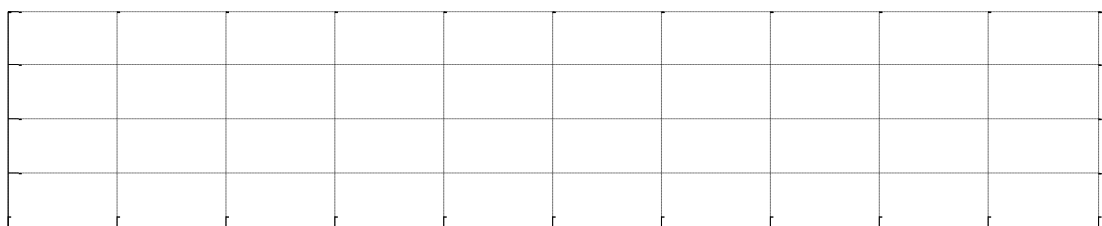
3 H.K.



4 H.K.



5 H.K.





Komentar rezultatov:

VAJA 5

Zaščitni transformatorji

Naloga:

1. Zakaj v sistemu uporabljamo zaščitne transformatorje in kako se razlikujejo od merilnih?
2. Kateri parametri splošno določajo vrsto tokovnega transformatorja?



VAJA 6

Koordinacija nadtokovne zaščite

Naloga:

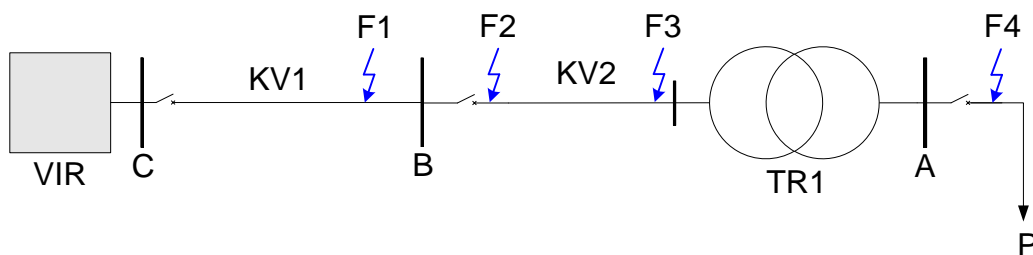
1. Kaj na področju zaščite EES predstavlja izraz selektivnost? Katere vrste selektivnosti poznamo in kako jih dosegamo?
2. Opišite različne načine koordinacije nadtokovne zaščite.
3. Na podlagi podanega sistema izračunajte tokovne nastavitve za izvedbo koordinacije tokovnega stopnjevanje nadtokovne zaščite na mestu C, B in A. Model elektroenergetskega sistema ima naslednje podatke:

Vir:	TR1:	Kablovod KV1:	Kablovod KV2:
$U_n = 11 \text{ kV}$	11 kV / 3,3 kV	$l = 200 \text{ m}$	$l = 200 \text{ m}$
$S_n = 250 \text{ MVA}$	vezava: Y/Y	240 mm ² P.I.L.C.	240 mm ² P.I.L.C.
	$S_n = 4 \text{ MVA}$	$Z_1 = 0,24 \ \Omega$	$Z_1 = 0,04 \ \Omega$
	$u_k = 7 \%$		

Breme:

$$P = 10 \text{ MW}$$

Shema vezja:



Selektivnost zaščite (1):



Koordinacija nadtokovne zaščite (2):



Izračun tokovnih nastavitvev za rele A, B in C (3):



VAJA 7

Avtomatski ponovni vklop (APV)

Naloga:

1. Kaj je osnovna naloga in namen uporabe APV?
2. Opišite princip delovanja APV.



VAJA 8

IEC 61850

Naloga:

1. Na podlagi razpoložljive literature in člankov (IEEE, CIGRE, ipd) podajte kratek opis standarda IEC 61850.

VAJA 9

Simetrične komponente

Naloga:

1. Zapišite enačbe za pretvorbo naravnega trifaznega sistema v simetrične komponente.
2. Zapišite enačbe za pretvorbo simetričnih komponent v naravni trifazni sistem.
3. Zapišite lastnosti simetričnih komponent za različna stanja sistema.



VAJA 10

Distančna zaščita

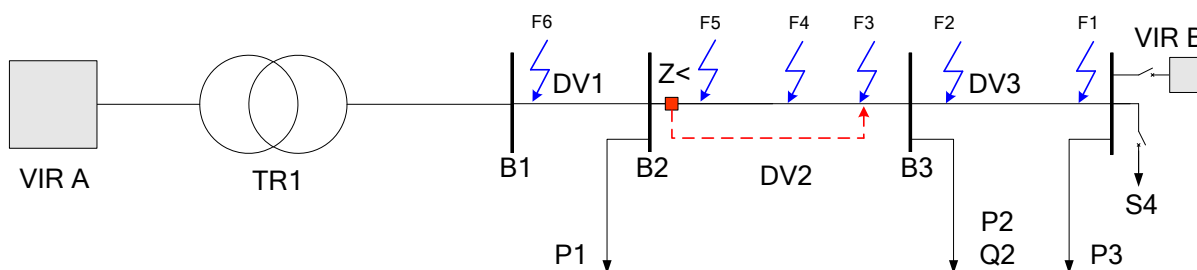
Naloga:

1. Opišite koordinacijo distančne zaščite z uporabo 4 zaščitnih stopenj.
2. Prikažite poligonalno karakteristiko distančne zaščite na R/X diagramu in na diagramu opišite različna območja obratovanja.
3. Zapišite enačbe za izračun impedance Z_1 za različne vrste kratkih stikov.
4. Za podano vezje (z enostranskim napajanjem) simulirajte in prikažite potek impedance v R/X diagramu:
 - primer trifaznega kratkega stika v trenutku 0,04 s na mestu F1 (na koncu voda DV3),
 - primer trifaznega kratkega stika v trenutku 0,04 s na mestu F2 (na začetku voda DV3), in
 - primer trifaznega kratkega stika v trenutku 0,04 s na mestu F3 ($I_{ks} = 2/3$ voda DV2).
5. Za podano vezje (z dvostranskim napajanjem) simulirajte:
 - primer vklopa vira B v trenutku 0,04 s,
 - primer kratkega stika F6 (na koncu voda DV1).

Pomagajte si z naslednjimi MATLAB datotekami:

- `ztav101_md.mdl`, ki vsebuje model sistema,
- `ztav101_pr.m`, ki vsebuje program za izris signalov.
- `ztav102_md.mdl`, ki vsebuje model sistema,
- `ztav102_pr.m`, ki vsebuje program za izris signalov

Shema vezja:





Podatki sistema so:

Vir A:

$$U_n = 380 \text{ kV}$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

$$\delta = 0$$

$$S_k'' = 200 \text{ MVA}$$

$$U_k'' = 380 \text{ kV}$$

$$X/R = 7$$

TR1:

$$S_n = 200 \text{ MVA}$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

Vezava: D1/Yn

TR1 primar:

$$V1 = 380 \text{ kV}$$

$$R1 = 0,002 \text{ p.u.}$$

$$L1 = 0,08 \text{ p.u.}$$

TR1 sekundar:

$$V2 = 110 \text{ kV}$$

$$R1 = 0,002 \text{ p.u.}$$

$$L1 = 0,08 \text{ p.u.}$$

Vod DV 1:

$$R_1 = 4,037 \ \Omega$$

$$R_0 = 10,099 \ \Omega$$

$$X_1 = 13,596 \ \Omega$$

$$X_0 = 35,152 \ \Omega$$

$$C_1 = 0,312 \ \mu\text{F}$$

$$C_0 = 0,208 \ \mu\text{F}$$

$$l = 33,907 \text{ km}$$

Vod DV 2:

$$R_1 = 10,372 \ \Omega$$

$$R_0 = 27,952 \ \Omega$$

$$X_1 = 35,600 \ \Omega$$

$$X_0 = 90,366 \ \Omega$$

$$C_1 = 0,58 \ \mu\text{F}$$

$$C_0 = 0,368 \ \mu\text{F}$$

$$l = 37,419 \text{ km}$$

Vod DV 3:

$$R_1 = 7,982 \ \Omega$$

$$R_0 = 15,415 \ \Omega$$

$$X_1 = 14,889 \ \Omega$$

$$X_0 = 45,609 \ \Omega$$

$$C_1 = 0,290 \ \mu\text{F}$$

$$C_0 = 0,184 \ \mu\text{F}$$

$$l = 34,421 \text{ km}$$

Vir B:

$$U_n = 110 \text{ kV}$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

$$\delta = 0$$

$$S_k'' = 300 \text{ MVA}$$

$$U_k'' = 110 \text{ kV}$$

$$X/R = 9$$

Breme:

$$P_1 = 6 \text{ MW}$$

$$S_2 = (8 + j4) \text{ MVA}$$

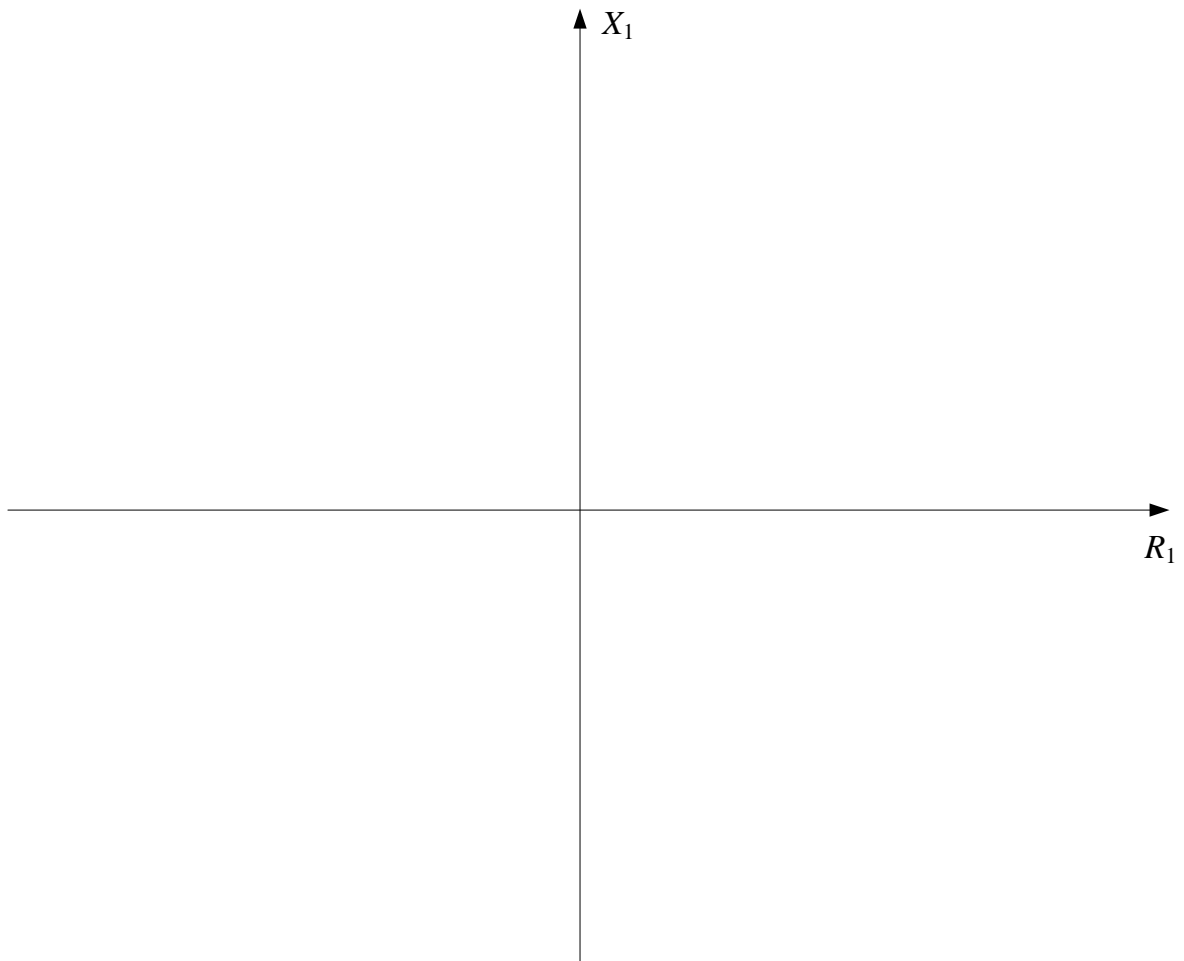
$$P_3 = 4 \text{ MW}$$

$$S_4 = (P_4 + jQ_4) \text{ MVA}$$

Koordinacija distančne zaščite z uporabo 4 zaščitnih stopenj (1):



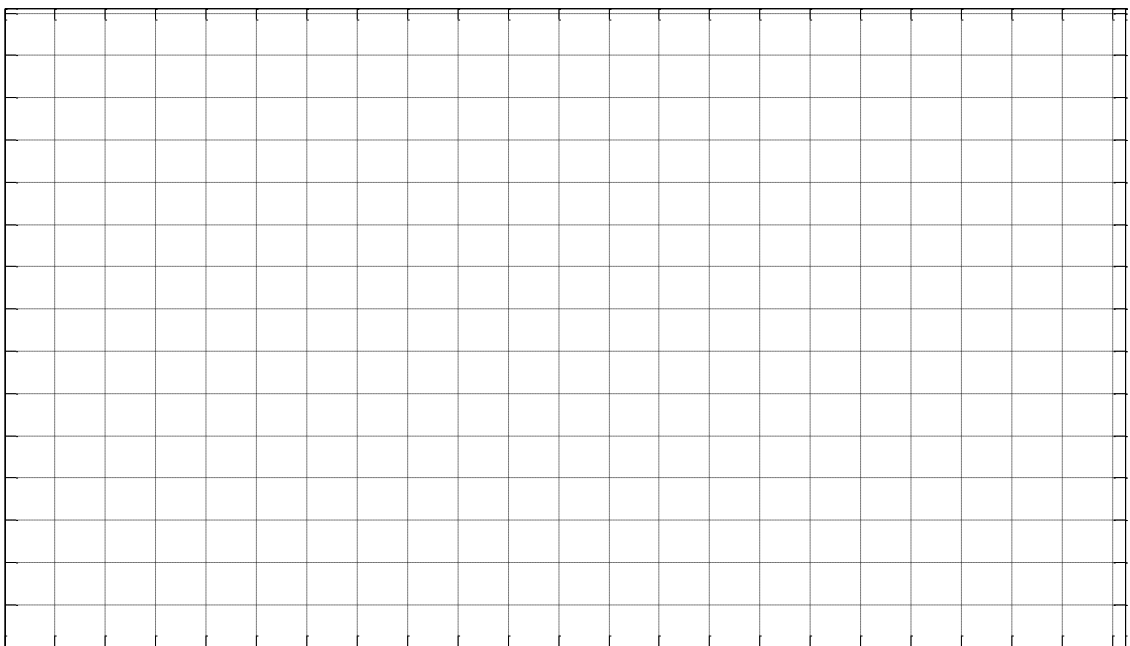
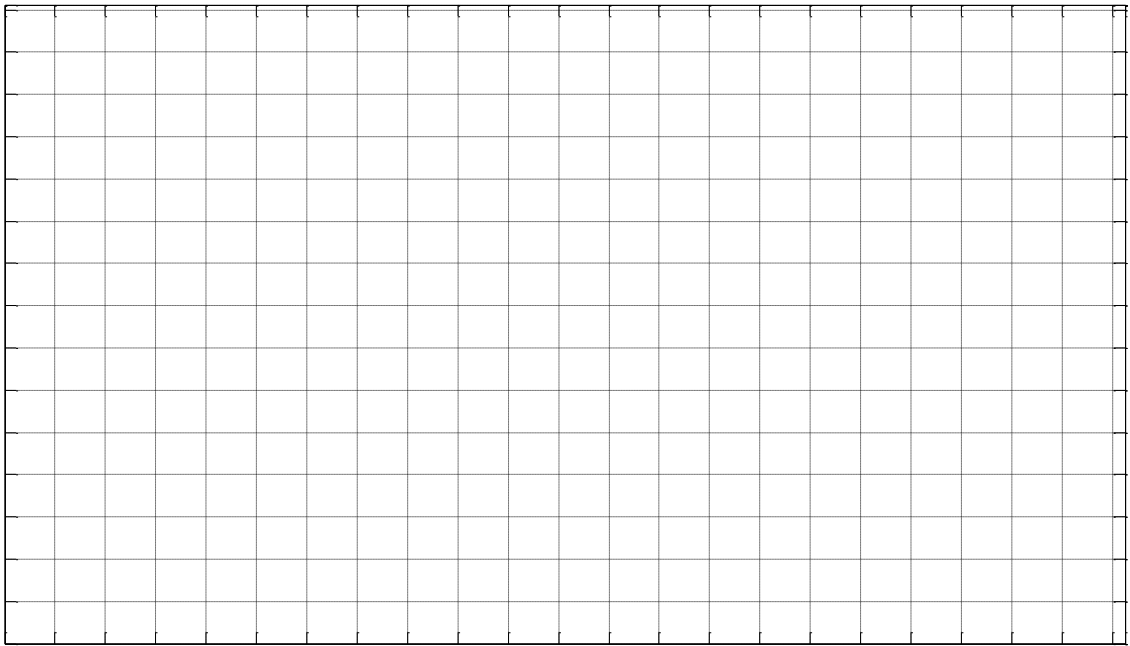
R/X diagram (2):



Zapis enačb za izračun impedance Z_1 za različne vrste kratkih stikov (3):

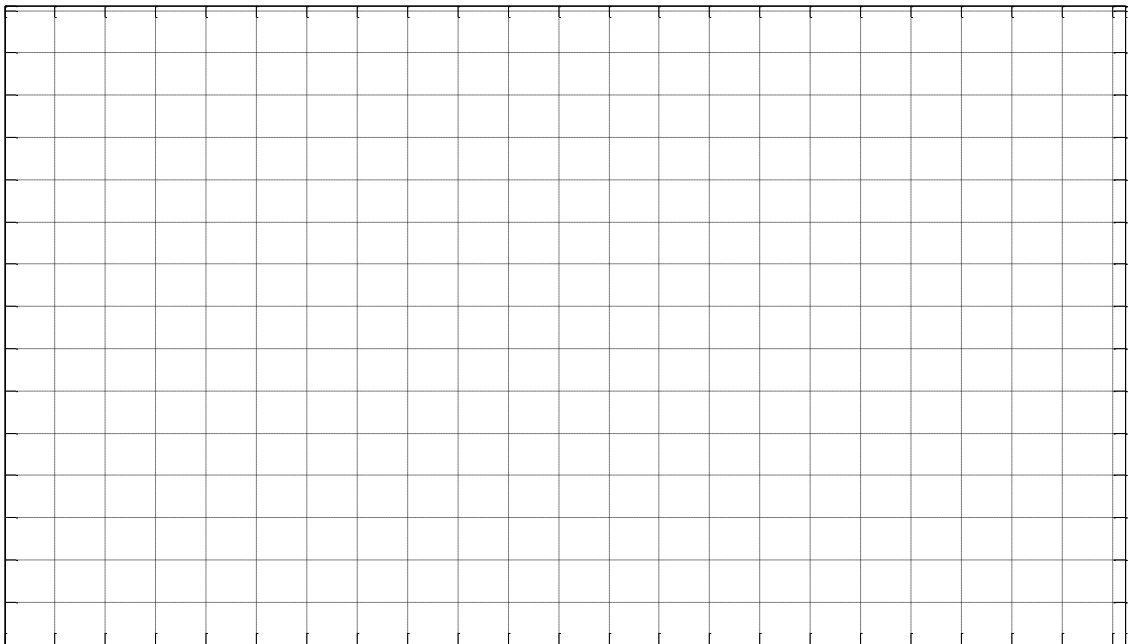
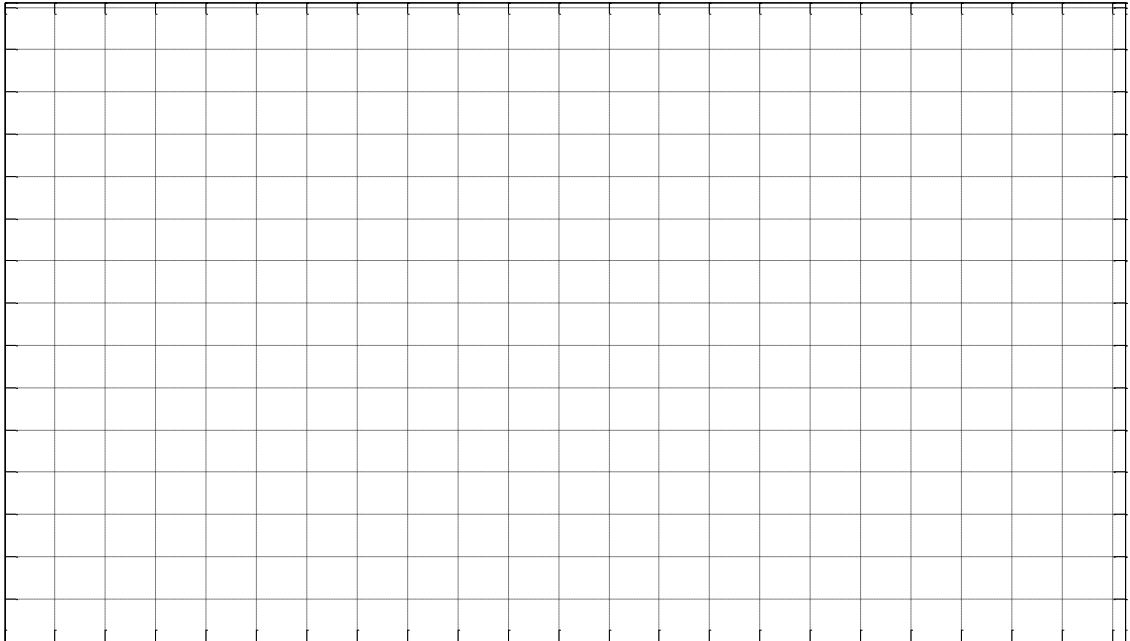


Potek impedance v R/X diagramu za kratek stik F1 (4):



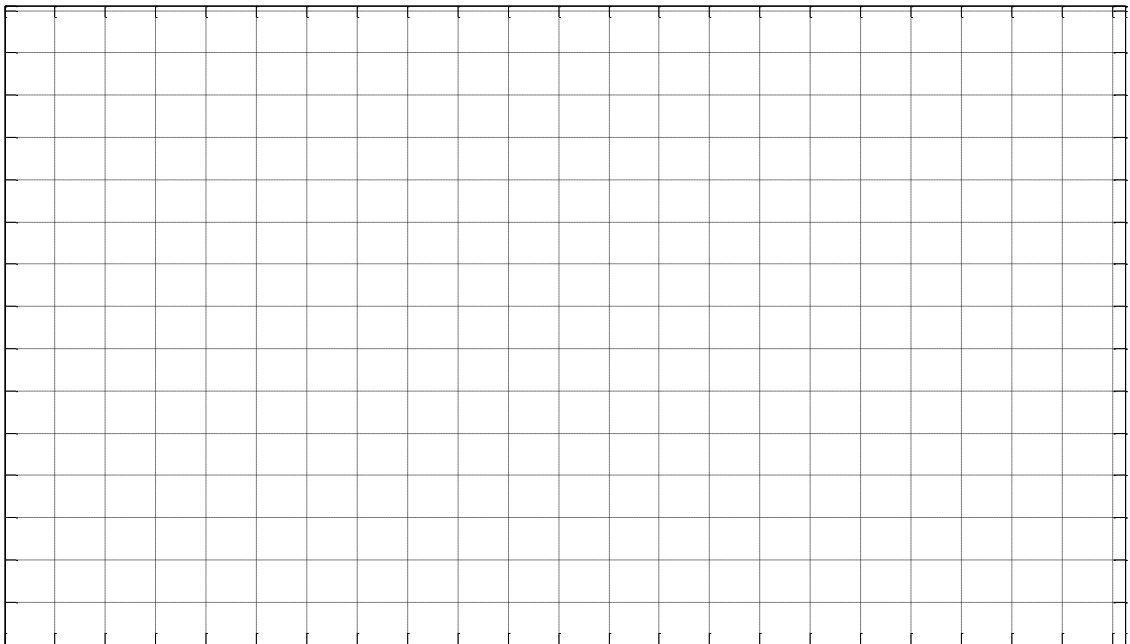
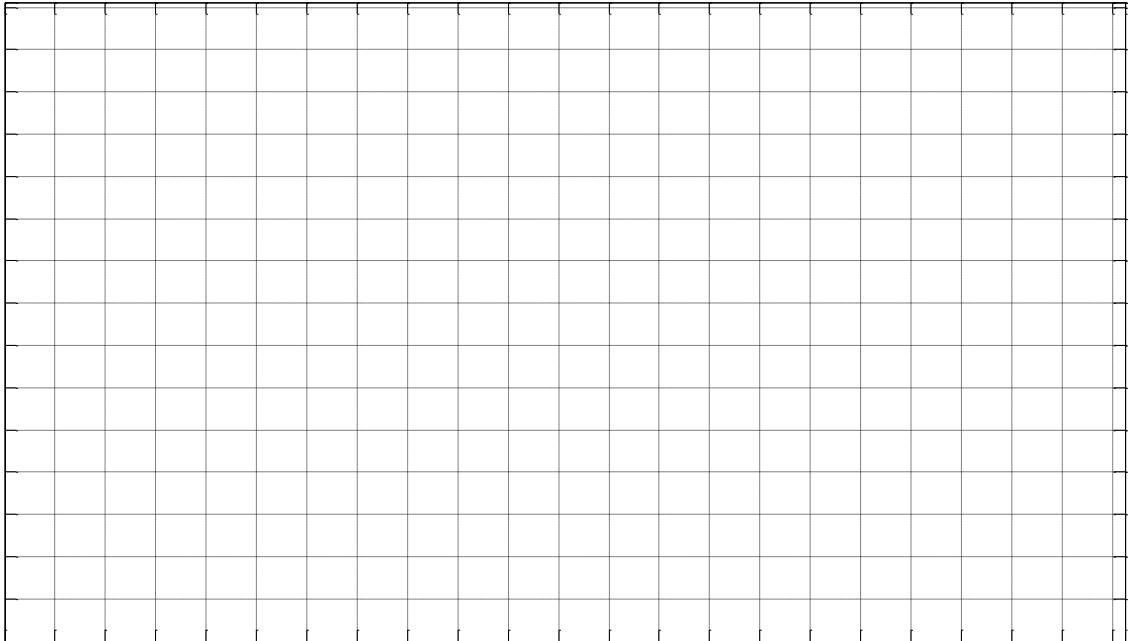


Potek impedance v R/X diagramu za kratek stik F2 (4):



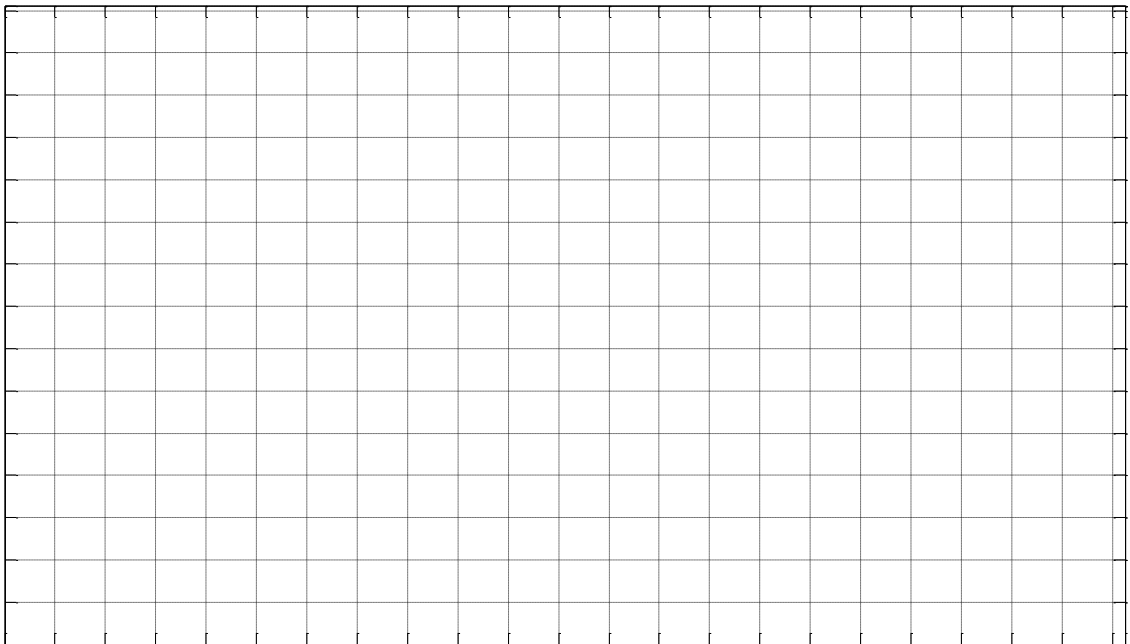
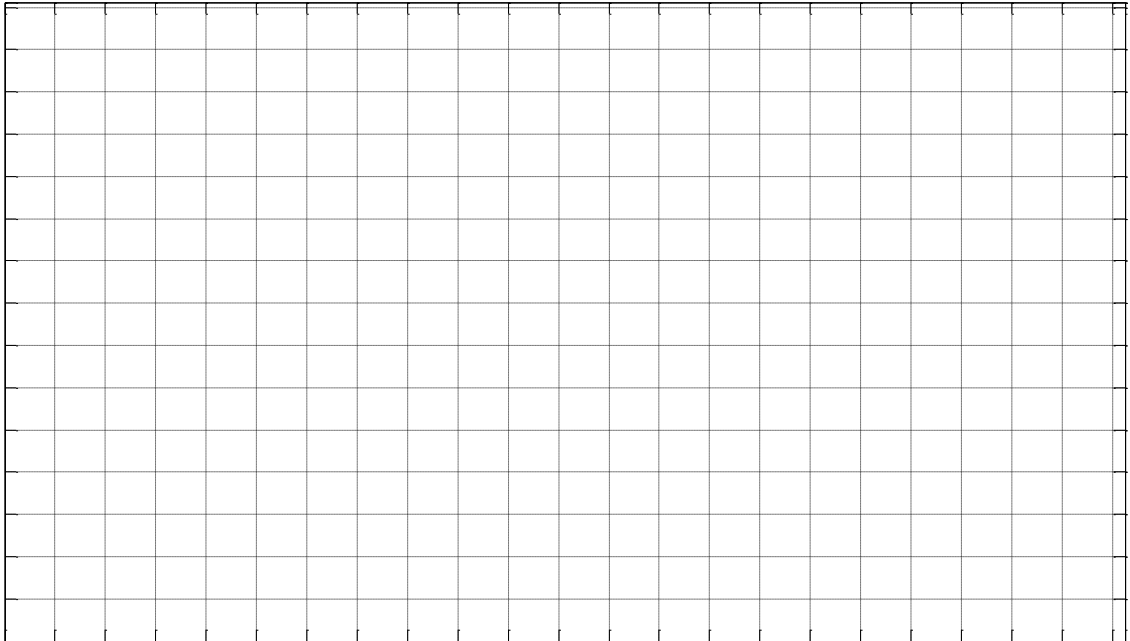


Potek impedance v R/X diagramu za kratek stik F3 (4):



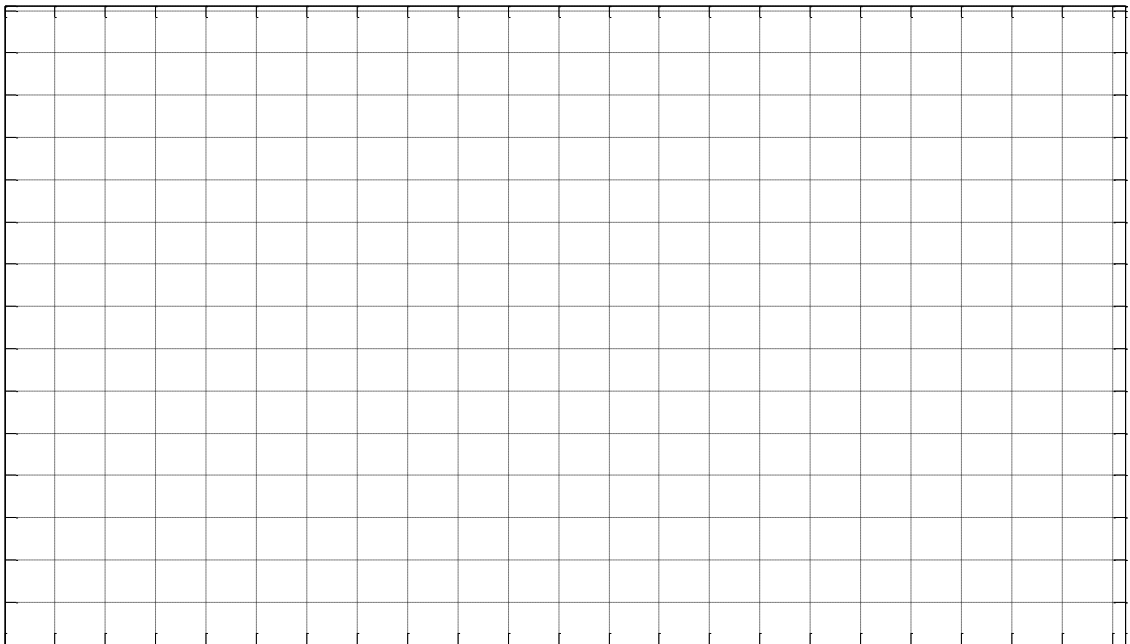
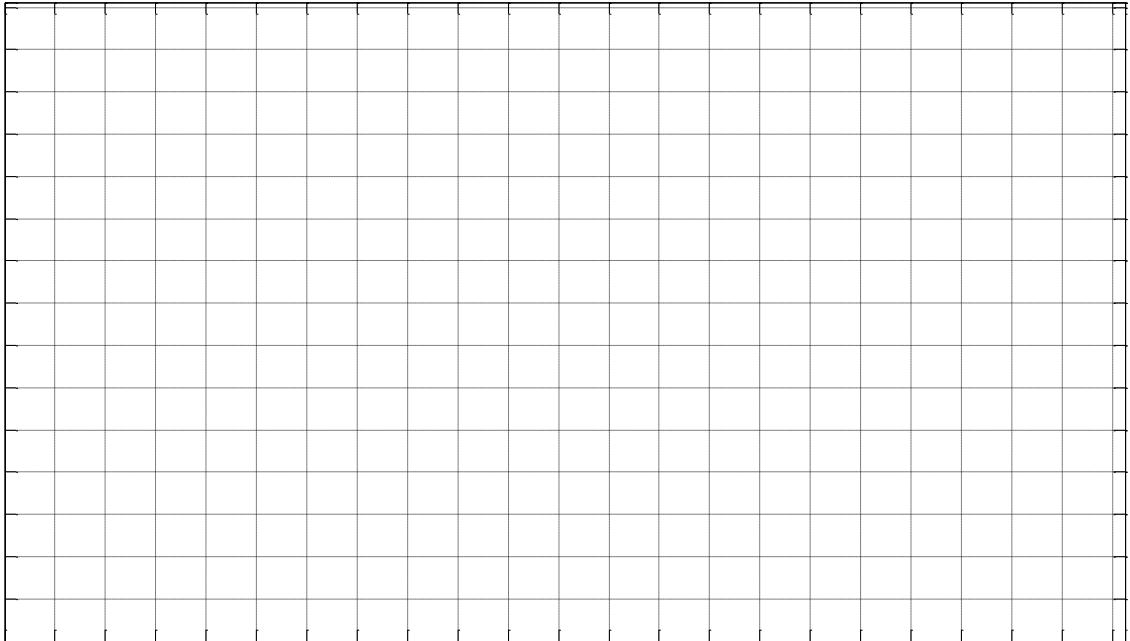


Potek impedance v R/X diagramu za vklop vira B (5):





Potek impedance v R/X diagramu za kratek stik F6 (5):



VAJA 11

Nastavitev distančne zaščite

Naloga:

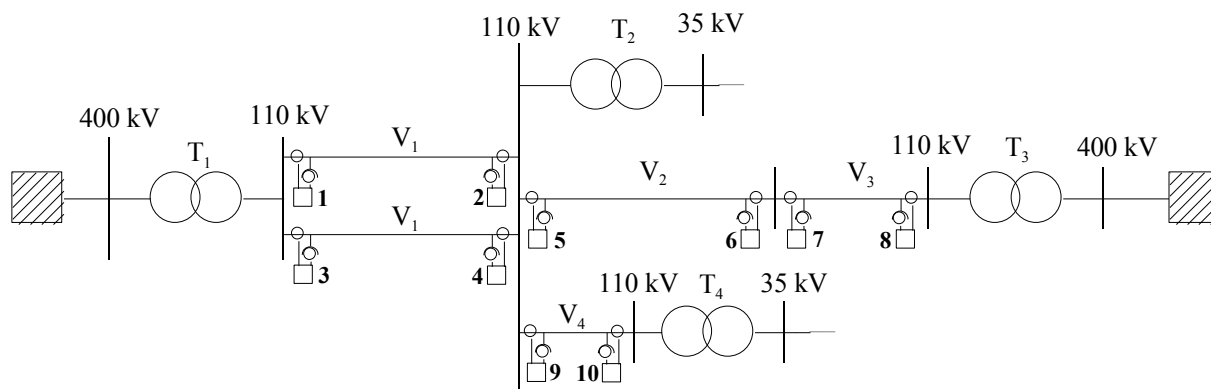
Nastavite distančno zaščito 110 kV vodov v omrežju.

Podatki sistema so:

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

Shema vezja:



Pri računanju impedanc vodov upoštevajte, da je reaktanca (x) enaka $0,4 \Omega/\text{km}$, kratkostični kot 70° , kratkostična napetost u_k je podana v zgornji tabeli. Impedance vodov izračunajte po enačbi:

$$Z_v(\Omega) = \sqrt{\left(\frac{1}{\text{tg}\varphi} \cdot x \cdot l\right)^2 + (x \cdot l)^2} \quad (4)$$



Impedance transformatorjev izračunajte po enačbi:

$$Z(\Omega) = \frac{u_k(\%) U_n^2(\text{kV})^2}{100 S_n(\text{MVA})}. \quad (5)$$

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:

$$Z_{\text{sekundarni}} = Z_{\text{primarni}} \frac{N_I}{N_U}. \quad (6)$$

Pri nastavitvah upoštevajte naslednje zaščitne stopnje:

- 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.

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]	$Z_{\text{Prim}(300/1)}$ [Ω]	$Z_{\text{Sek}(300/1)}$ [Ω]	$Z_{\text{Prim}(400/1)}$ [Ω]	$Z_{\text{Sek}(400/1)}$ [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.		

Komentar:

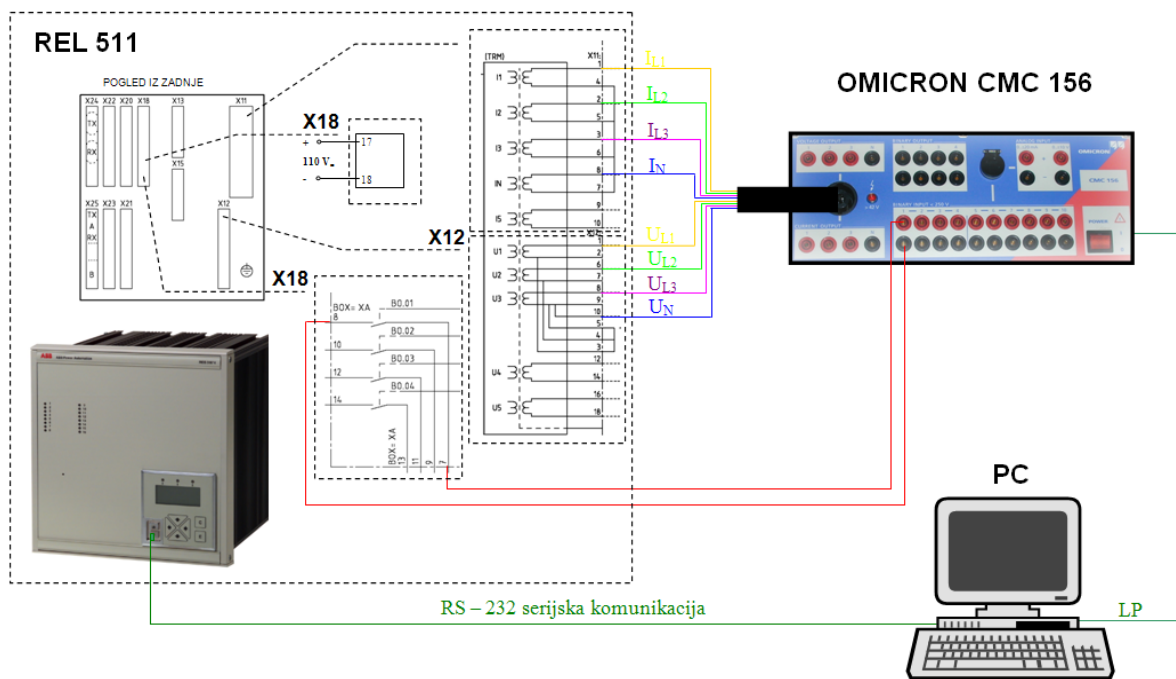
VAJA 12

Nastavitev distančne zaščite ABB REL 511

Naloga:

Za podane parametre 110 kV voda izračunajte štiri impedančne in časovne stopnje za distančni rele REL 511 in nastavljeni rele preizkusite za trifazni kratak stik s preizkusno napravo Omicron CMC 156.

Vežalna shema





Izračun parametrov:

Za izračun parametrov distančne zaščite potrebujemo parametre vodov, ki so v spodnji tabeli. Za izračunu parametrov višjih stopenj (tretje in četrte) je treba poznati tudi podatke ostalih elementov EES.

- Za dolžine vaših vodov preračunajte upornosti in reaktance z upoštevanjem proporcionalnosti.

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 preračunati impedance na sekundarno stran zaščitnih transformatorjev po enačbi:

$$Z_{\text{sekundar}} = Z_{\text{primar}} \cdot \frac{N_I}{N_U}, \quad (7)$$

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.

Pri izračunu parametrov distančnega releja REL 511 upoštevajte kriterije, ki so v spodnji tabeli. Za vsako stopnjo izračunajte impedančni doseg, določite čase zakasnitve po katerem bo zaščita delovala in usmerjenost.

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



Izračun parametrov prve stopnje:



Izračun parametrov druge stopnje:



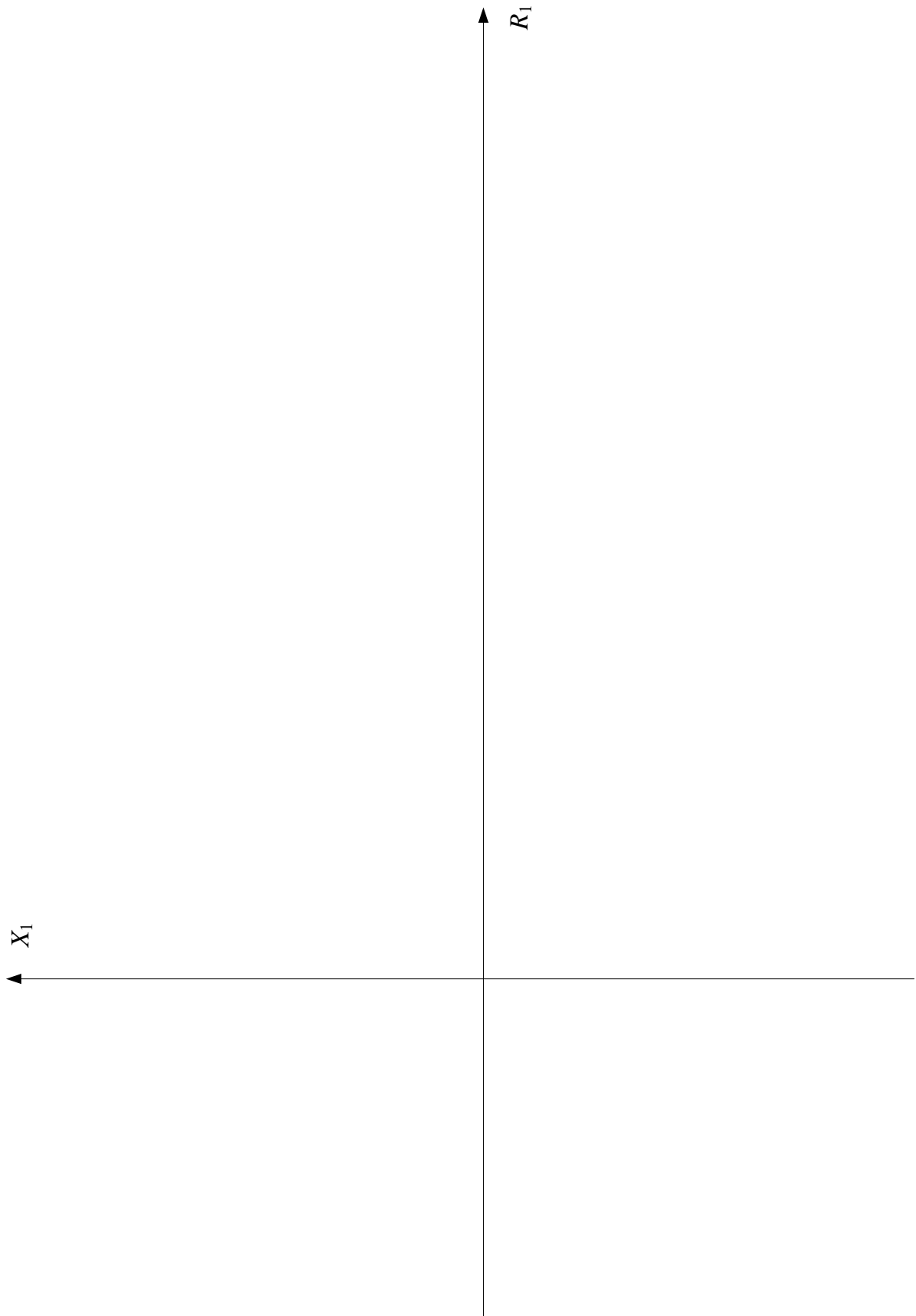
Izračun parametrov tretje stopnje:



Izračun parametrov četrte stopnje:



Izris poligonalne karakteristike za izračunane zaščitne stopnje:





Preizkus zaščitnega releja:

