



Univerza v Ljubljani

Fakulteta *za elektrotehniko*

Laboratorij za elektroenergetske sisteme

# Zaščitna tehnika in avtomatizacija

Koordinacija nadtokovne zaščite



# Zakaj koordinacija zaščite in kako?

- Ločitev okvarjenega dela sistema od neprizadetega v čimkrajšem času
  - Hitrost, selektivnost, občutljivost, zanesljivost
  - Zaščitna območja
- Absolutna, relativna selektivnost
  - Omejeno področje delovanja
  - Časovno/tokovno stopnjevanje
  - Uporaba smernega kriterija
  - Uporaba telekomunikacij

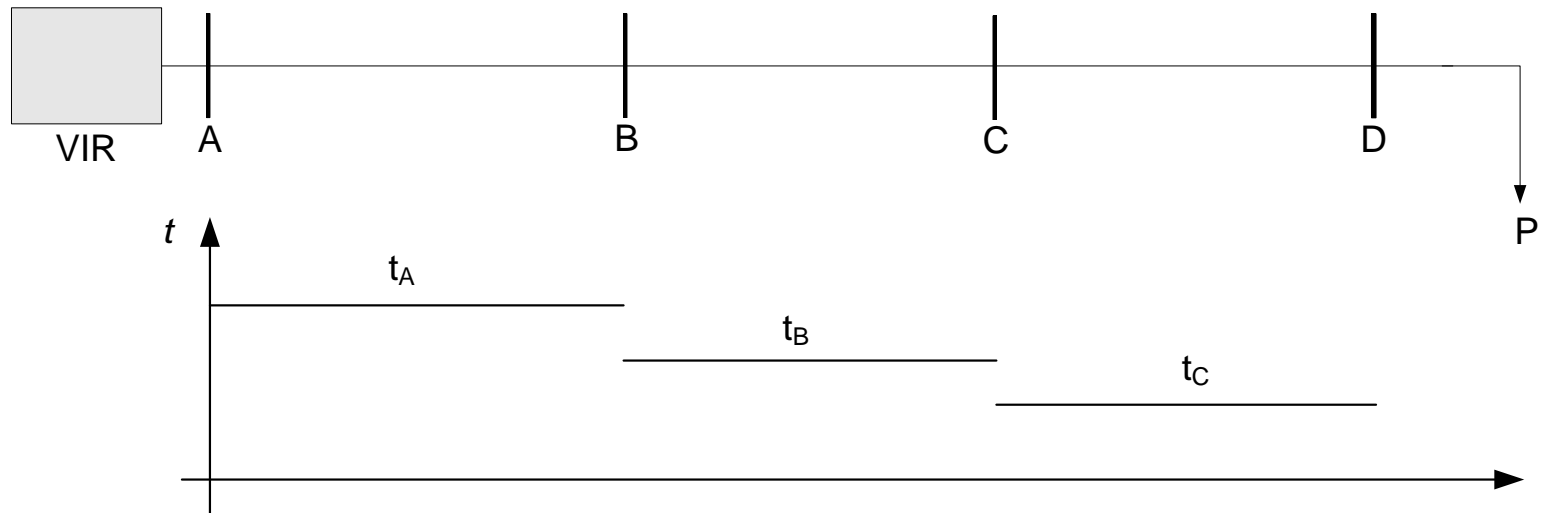


# Koordinacija nadtokovne zaščite

- S stališča selektivnosti omejena predvsem na SN omrežja radialnega ali krožnega tipa
  - Doseganje s tokovnim/časovnim stopnjevanjem
  - Uporaba smerne nadtokovne zaščite pri zazankanih omrežjih
- Časovno stopnjevanje
  - Vsakemu releju se nastavi čas delovanja, nadtokovna zaščita opazuje samo če pride do prekoračitve nastavljenih omejitev (in ne za koliko)
    - Tokovno neodvisna karakteristika
    - Smer nastavljanja je od smeri bremen do vira

# Koordinacija nadtokovne zaščite

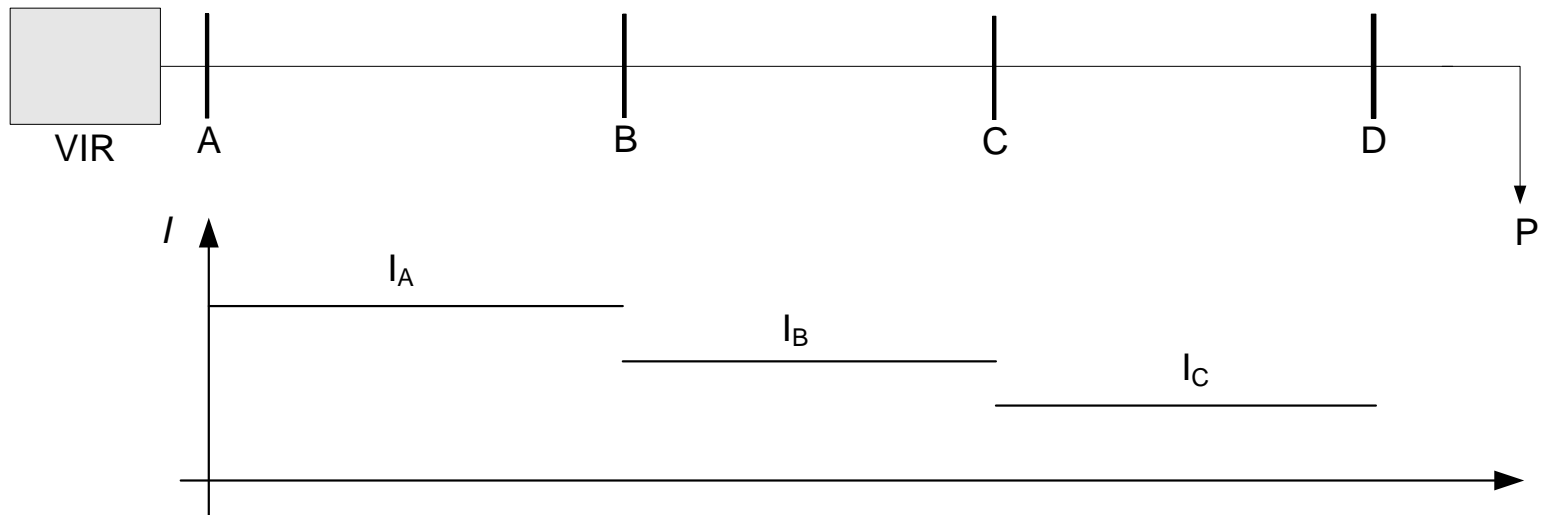
- Časovno stopnjevanje



- Slabost časovnega stopnjevanja: motnje blizu vira izklopi počasneje

# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Tokovno stopnjevanje
  - Kratkostični tok odvisen od oddaljenosti kratkega stika od vira
  - Vsakemu releju se nastavi tokovna meja - trenutna karakteristika



- Slabost: Neobčutljivost v primeru majhnih impedanc med relejnimi točkami



# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Časovno in tokovno stopnjevanje
  - Odpravev slabosti časovnega in tokovnega stopnjevanja
  - Uporaba večstopenjskih tokovnih neodvisnih karakteristik in tokovno odvisnih karakteristik
  - Slabost: Velika zahtevnost nastavitve časovno/tokovnega stopnjevanja

# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Naloga

- Na podlagi podanega sistema izračunajte tokovne nastavitve za izvedbo koordinacije tokovnega stopnjevanje nadtokovne zaščite na mestu C, B in A.

Vir:

$$U_n = 11 \text{ kV}$$

$$S_n = 250 \text{ MVA}$$

TR1:

$$11 \text{ kV} / 3,3 \text{ kV}$$

vezava: Y/Y

$$S_n = 4 \text{ MVA}$$

$$u_k = 7 \%$$

Kablovod KV1:

$$l = 200 \text{ m}$$

$$240 \text{ mm}^2 \text{ P.I.L.C.}$$

$$Z_1 = 0,24 \ \Omega$$

Kablovod KV2:

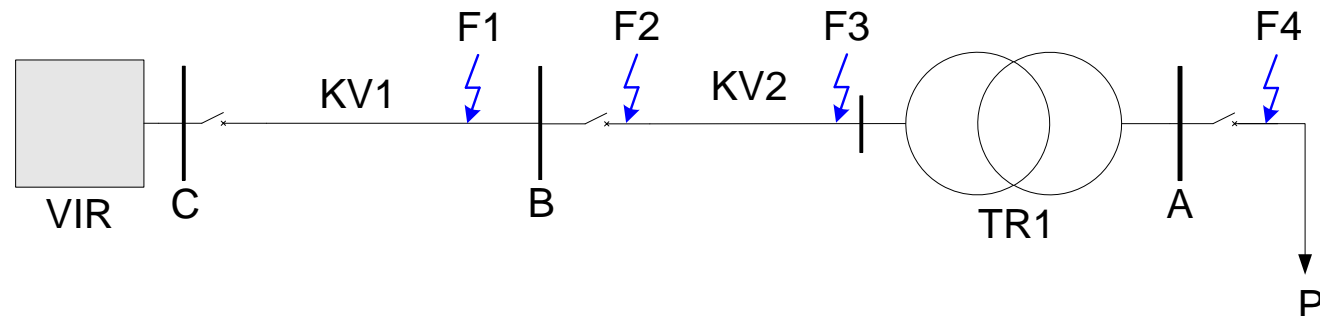
$$l = 200 \text{ m}$$

$$240 \text{ mm}^2 \text{ P.I.L.C.}$$

$$Z_1 = 0,04 \ \Omega$$

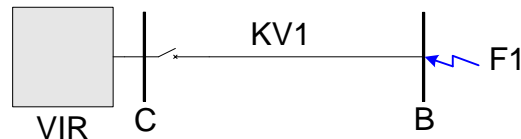
Breme:

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



# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Nastavitev releja C – ščiti območje med točko C in B
- Delovanje mora biti selektivno – ščitimo samo pred toki večjimi kot kratkostični tok F1



- Za okvaro F1 je kratkostični tok enak

$$I_{F1} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_s + Z_1} = \frac{11\text{kV} / \sqrt{3}}{0,484\Omega + 0,24\Omega} = 8800 \text{ A} \quad \dots \text{ Nastavitev releja C}$$

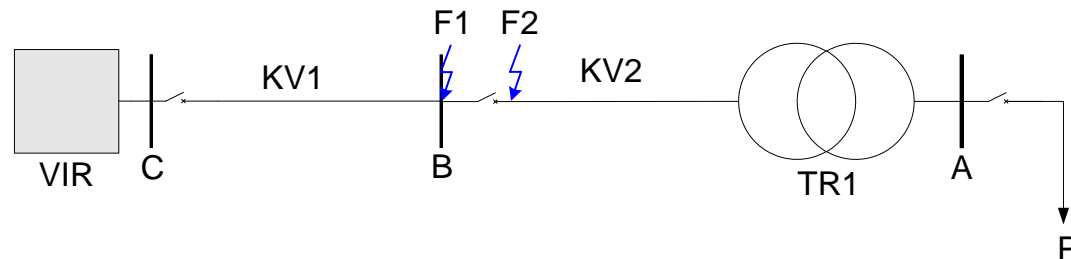
Impedanca voda KV1  
Impedanca vira

$$Z_s = \frac{U^2}{S} = \frac{(11\text{kV})^2}{250\text{MVA}} = 0,484\Omega$$



# Koordinacija nadtokovne zaščite

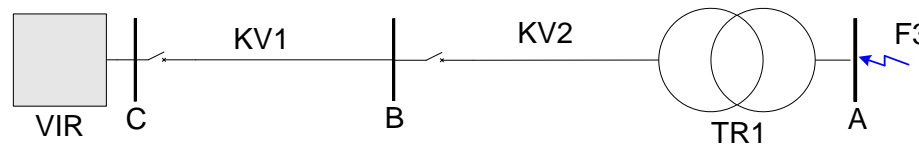
- Rele C z nastavitvijo 8800 A ščiti območje med C in B
  - Problem nepraktičnega razlikovanja med okvaro F1 in F2 – razdalja med njima samo nekaj metrov (približna 0,1 % sprememba kratkostičnega toka)



- Problem spremembe kratkostične moči vira – moč v praksi lahko niha od 130 MVA do 250 MVA. V primeru  $S = 130$  MVA vira, kratkostični tok ne bi presegel 6800 A
- Neprimeren način zaščite med C in B

# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Rele B mora ščititi odsek med B in A



- Kratkostični tok F3 je enak

$$I_{F3} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_s + Z_1 + Z_2 + Z_{TR}} = \frac{11\text{kV} / \sqrt{3}}{0,484\Omega + 0,24\Omega + 0,04\Omega + 2,12\Omega} = 2200 \text{ A}$$

= 2200 A ... Nastavitev releja B

Impedanca transformatorja TR1

Impedanca voda KV2

$$Z_{TR} = u_k \cdot \frac{U_P^2}{S_{TR}} = 0,07 \cdot \frac{(11\text{kV})^2}{4 \text{ MVA}} = 2,12 \Omega$$

# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Rele B ščiti pred tokovi večjimi od 2200 A
  - V primeru ščitenja območja med B in A ni problem neobčutljivosti in vpliva spremembe kratkostične moči vira
  - Primer kratkega stika na koncu voda KV2

$$I_{KS} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_s + Z_1 + Z_2} = \frac{11\text{kV} / \sqrt{3}}{0,484\Omega + 0,24\Omega + 0,04} = 8300 \text{ A}$$

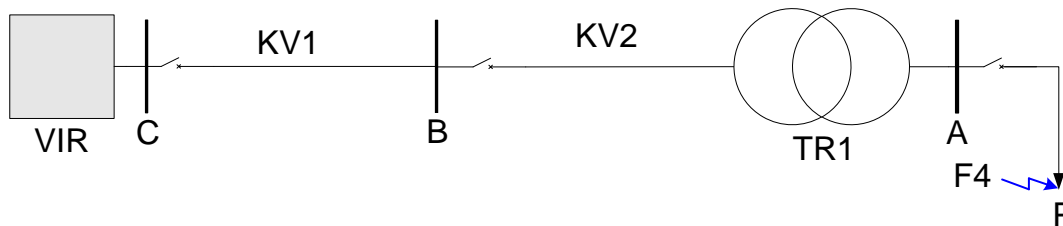
- Primer spremembe moči vira za kratek stik na koncu voda KV2

$$I_{KS} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_s + Z_1 + Z_2 + Z_{TR}} = \frac{11\text{kV} / \sqrt{3}}{\left( \frac{(11\text{kV})^2}{130 \text{ MVA}} \right) + 0,24\Omega + 0,04} = 5250 \text{ A}$$

Oba kratkostična tokova večja od nastavljene vrednosti 2200 A – rele B bo pravilno deloval na območju B-A

# Koordinacija nadtokovne zaščite

- Rele A ščiti kratke stike med točko A in bremenom



- Rele A se nahaja na sekundarni strani TR1 – zaradi enostavnejšega izračuna kratkostični tok izračunamo iz primarne strani in ga kasneje pretvorimo na sekundarno stran

$$I_{F4,P} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_s + Z_1 + Z_2 + Z_{TR} + Z_{BR}} = \frac{11\text{kV} / \sqrt{3}}{0,484\Omega + 0,24\Omega + 0,04 + 2,12 + 12,1} = 424 \text{ A}$$

$$Z_{BR,P} = \frac{U^2}{P} = \frac{(11\text{kV})^2}{10\text{MW}} = 12,1\Omega$$

Impedanca  
bremena



## Koordinacija nadtokovne zaščite

- Pri zgornjem izračunu smo izračunali impedanco bremena s primarne strani – izognili izračunu impedanc ostalih elementov s sekundarne strani
- Ker se rele A nahaja na sekundarni strani TR1, izračunamo kratkostični tok na sekundarno stran

$$I_{F4,s} = I_P \cdot \frac{U_P}{U_S} = 424 \text{ A} \cdot \frac{11\text{kV}}{3,3\text{kV}} = 1413 \text{ A} \dots \text{nastavitev releja A}$$



## Koordinacija nadtokovne zaščite

- Potrebno upoštevati varnostno mejo 20 %, ki upošteva napake relejev in 10 % mejo, ki upošteva spremembe sistemskih impedanc – skupno 30 %

$$I_C = 1,3 \cdot I_{F1,C} = 1,3 \cdot 8800 \text{ A} = 11440 \text{ A}$$

$$I_B = 1,3 \cdot I_{F3,B} = 1,3 \cdot 2200 \text{ A} = 2860 \text{ A}$$

$$I_A = 1,3 \cdot I_{F4,A} = 1,3 \cdot 1413 \text{ A} = 1835 \text{ A}$$