

Univerza v *Ljubljani*
Fakulteta *za elektrotehniko*



POSTROJI ZA PRENOS IN TRANSFORMACIJO ELEKTRIČNE ENERGIJE

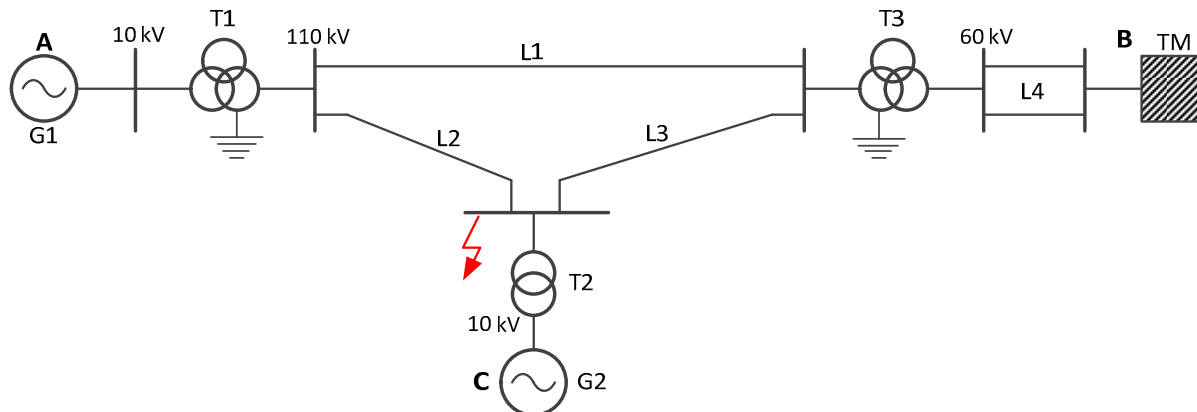
SIMULACIJSKA VAJA

Avtorja: doc. dr. Boštjan Blažič, Blaž Uljanić

Ljubljana, 2012

1 Shema omrežja

Na sliki 1 je prikazano omrežje, ki je uporabljeno za izračun kratkega stika s pomočjo različnih metod.



Slika 1 - Enopolna shema omrežja.

2 Podatki o omrežju

V nadaljevanju so podani podatki o elementih omrežja, ki je prikazano na sliki 1.

Toga mreža

$S_k''=1000$ MVA; $r/x = 0,1$

Transformatorji

T1

$S_n = 40$ MVA; 110/10 kV; $u_x = 10$ %; $u_r = 0,6$ %; $Z_0/Z_1 = 1,5$; YNyd

T2

$S_n = 100$ MVA; 110/10 kV; $u_x = 11,5$ %; $u_r = 0,5$ %; Yy

T3

$S_n = 60$ MVA; 110/60 kV; $u_x = 10$ %; $u_r = 0,6$ %; $Z_0/Z_1 = 2,4$; YNyd

Vodi

L1 – prostozačni vod

$L = 38$ km; $Z_l = Z_2 = 0,15 + j0,4$ Ω /km; $Z_0 = 0,3 + j1,6$ Ω /km

L2 – kabelski vod

$L = 12$ km; $Z_l = Z_2 = 0,17 + j0,2$ Ω /km; $Z_0 = 0,79 + j0,3$ Ω /km

L3 – prostozačni vod

$L = 30$ km; $Z_l = Z_2 = 0,19 + j0,4$ Ω /km; $Z_0 = 0,34 + j1,6$ Ω /km

L4 – prostozačni vod

$L = 10$ km; $Z_l = Z_2 = 0,19 + j0,38$ Ω /km; $Z_0 = 0,32 + j1,4$ Ω /km

Generatorja

GEN1

$S_n = 75$ MVA; $U_n = 10$ kV; $u_d'' = u_2 = 11,2$ %; $r_a = 0,3$ %

GEN2

$S_n = 100$ MVA; $U_n = 10$ kV; $u_d'' = u_2 = 10,5$ %; $r_a = 0,3$ %

3 Izračun kratkega stika

Kratek stik je izračunan s pomočjo različnih metod. Najprej je izveden s pomočjo Steglich-ove metode, nato pa še s pomočjo simetričnih komponent.

3.1 Izračun s Steglich-ovo metodo

Za izračun po Steglich-ovi metodi moramo najprej izračunati relativne padce napetosti na posameznih elementih. Izračun padcev za posamezen element je podan v nadaljevanju.

- Toga mreža

$$u'_{TM} = c \cdot \frac{100}{S_k} = 0,11$$

- Kabelski vodi

$$z'_{L1} = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} = 0,427 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$u'_{L1} = \frac{z'_{L1} \cdot l_1 \cdot 100}{U_N^2} = 0,134$$

$$z'_{L2} = \sqrt{r_2^2 + x_2^2} = 0,263 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$u'_{L2} = \frac{z'_{L2} \cdot l_2 \cdot 100}{U_N^2} = 0,026$$

$$z'_{L3} = \sqrt{r_3^2 + x_3^2} = 0,443 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$u'_{L3} = \frac{z'_{L3} \cdot l_3 \cdot 100}{U_N^2} = 0,110$$

$$z'_{L4} = \frac{1}{2} \sqrt{r_4^2 + x_4^2} = 0,212 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$u'_{L4} = \frac{z'_{L4} \cdot l_4 \cdot 100}{U_N^2} = 0,018$$

- Transformatorji

$$u'_{T1} = \frac{u_{k1}}{S_N} = 0,250$$

$$u'_{T2} = \frac{u_{k2}}{S_N} = 0,115$$

$$u'_{T3} = \frac{u_{k3}}{S_N} = 0,167$$

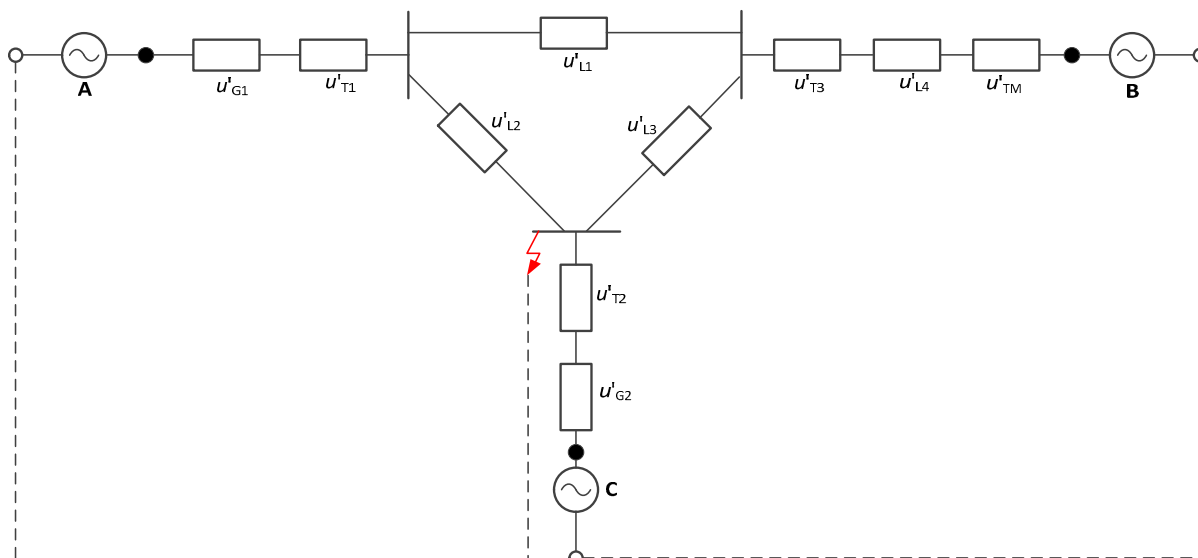
- Generatorja:

$$u'_{GEN1} = \frac{x_d''}{S_N} = 0,112$$

$$u'_{GEN2} = \frac{x_d''}{S_N} = 0,105$$

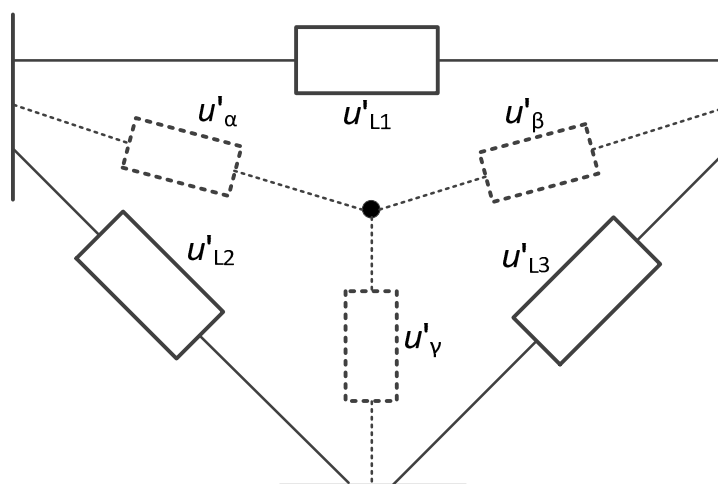
3.1.1 Izračun kratkega stika

V tem poglavju je podan izračun kratkega stika s pomočjo Steglich-ove metode. Elemente omrežja na sliki 1 predstavimo kot relativne padce napetosti kar je prikazano na sliki 2.



Slika 2 – Shema relativnih padcev napetosti za izračun tripolnega kratkega stika

Najprej naredimo trikot - zvezda pretvorbo, kar je prikazano na sliki 3.



Slika 3 – Pretvorba trikot - zvezda

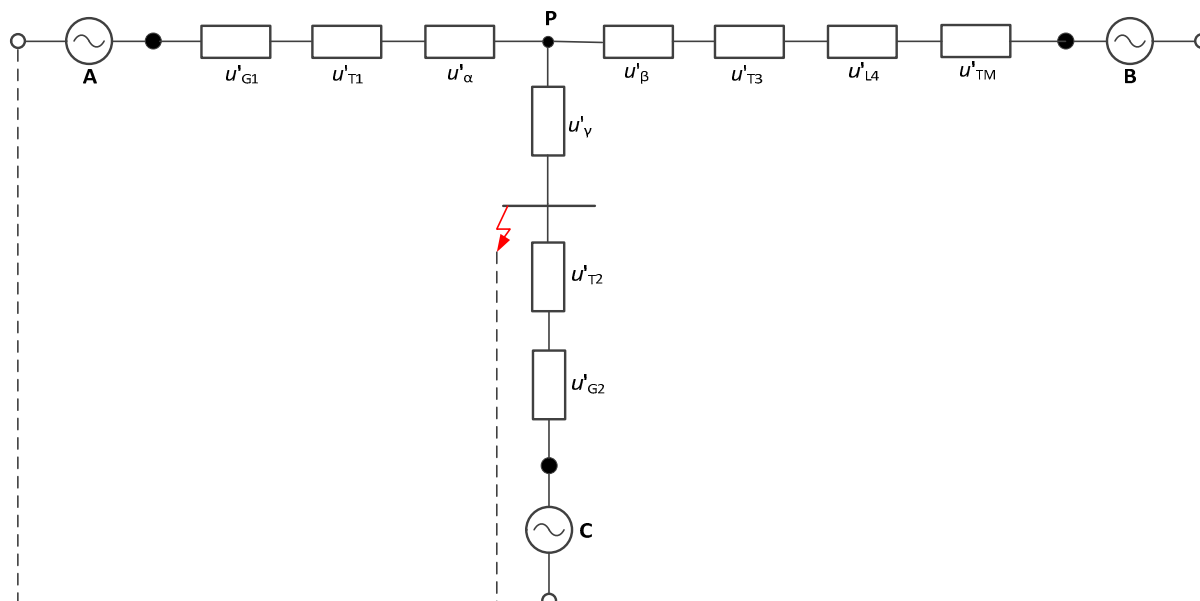
To pretvorbo opišemo z naslednjimi enačbami:

$$u'_{\alpha} = \frac{u'_{L1} \cdot u'_{L2}}{u'_{L1} + u'_{L2} + u'_{L3}} = 0,013$$

$$u'_{\beta} = \frac{u'_{L1} \cdot u'_{L3}}{u'_{L1} + u'_{L2} + u'_{L3}} = 0,055$$

$$u'_{\gamma} = \frac{u'_{L2} \cdot u'_{L3}}{u'_{L1} + u'_{L2} + u'_{L3}} = 0,011$$

Po pretvorbi dobimo shemo, ki je prikazana na sliki 4.



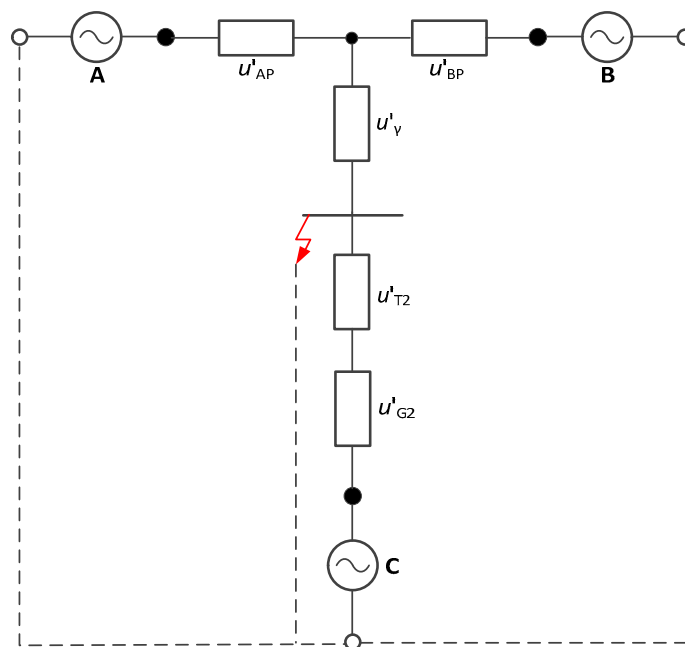
Slika 4 – Shema relativnih padcev napetosti po opravljeni trikot – zvezda pretvorbi

Sedaj lahko združimo nekatere padce napetosti:

$$u'_{AP} = u'_{G1} + u'_{T1} + u'_{\alpha} = 0,375$$

$$u'_{BP} = u'_{\beta} + u'_{T3} + u'_{L4} + u'_{T4} = 0,349$$

Po združitvi dobimo shemo na sliki 5.



Slika 5 – Shema relativnih padcev napetosti po združitvi

Kot lahko razberemo s slike 5 lahko združimo tudi naslednje padce napetosti

$$u'_p = \frac{u'_{AP} \cdot u'_{BP}}{u'_{AP} + u'_{BP}} = 0,181$$

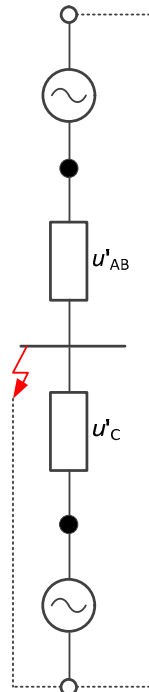
Tej vrednosti prištejemo še u'_{γ} in dobimo

$$u'_{AB} = u'_p + u'_{\gamma} = 0,192$$

Združimo še spodnjo vejo in dobimo:

$$u'_C = u'_{T2} + u'_{G2} = 0,220$$

Če upoštevamo združitve dobimo shemo na sliki 6:



Slika 6 – Shema relativnih padcev napetosti po poenostavitvi

Oba vira vežemo vzporedno:

$$u' = \frac{u'_{AB} \cdot u'_C}{u'_{AB} + u'_C} = 0,102$$

Sedaj lahko izračunamo še ostale veličine (S_k'' , I_k''):

$$S_{k_steg}'' = c \cdot \frac{100}{u'_k} = 1074,3 \text{ MVA}$$

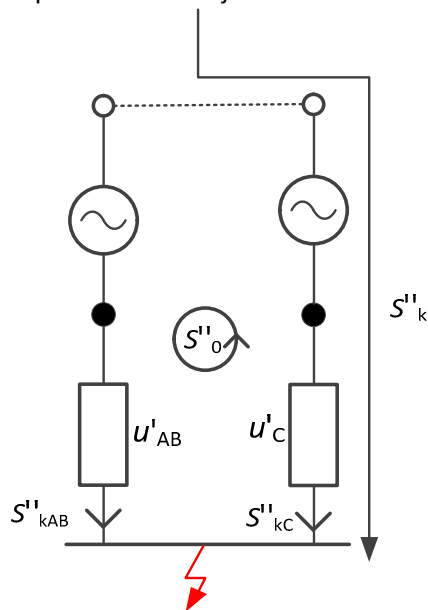
$$I_{k_steg}'' = \frac{S_k''}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 5,639 \text{ kA}$$

V nadaljevanju je podan izračun tokov, ki tečejo čez posamezne elemente omrežja.

3.1.2 Izračun kratkostičnega toka po komponentah – Steglich-ova metoda

Pri izračunu kratkostičnih tokov po elementih omrežja izhajamo iz končne sheme ter s pomočjo krožnih moči in veljavnih zakonov v elektrotehniki preračunavamo tokove po elementih.

Najprej lahko za shemo na sliki 7 zapišemo naslednje enačbe:



Slika 7 – Shema relativnih padcev napetosti z označenimi močmi

$$\sum S'' \cdot u' = 0$$

$$S''_0 \cdot (u'_{AB} + u'_C) - S''_k \cdot u'_C = 0$$

$$S''_0 = \frac{S''_k \cdot u'_C}{u'_{AB} + u'_C} = 574,52 \text{ MVA}$$

$$S''_{kAB} = S''_0 = 574,52 \text{ MVA}$$

$$S''_{kC} = S''_k - S''_0 = 499,75 \text{ MVA}$$

Sedaj lahko preidemo na naslednjo shemo, ki je predstavljena na sliki 8. Pri tem lahko zapišemo naslednje enačbe:

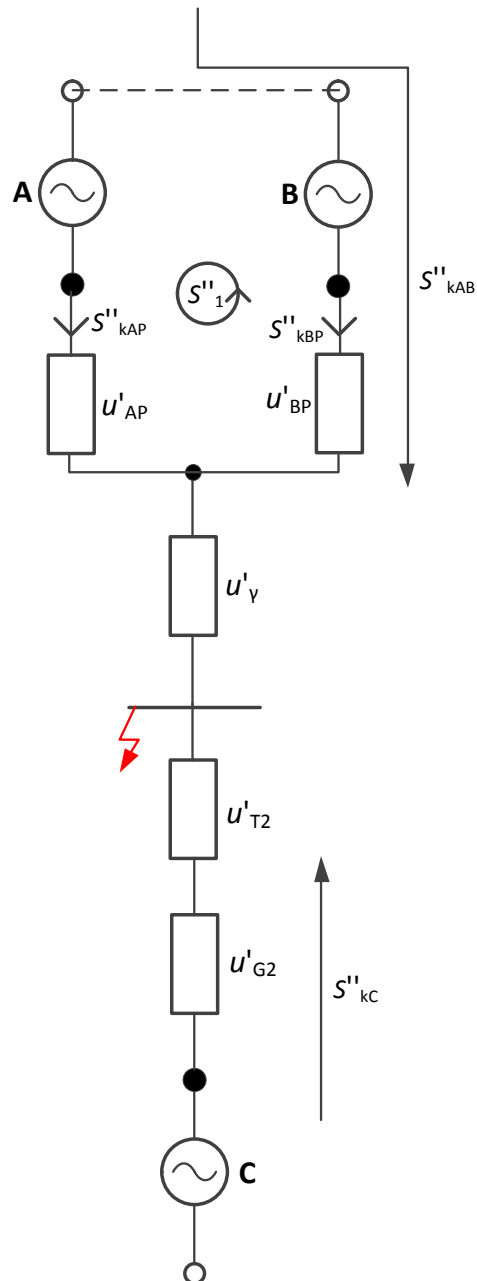
$$\sum S'' \cdot u' = 0$$

$$S''_1 \cdot (u'_{AP} + u'_{BP}) - S''_{kAB} \cdot u'_{BP} = 0$$

$$S''_1 = \frac{S''_{kAB} \cdot u'_{BP}}{u'_{AP} + u'_{BP}} = 276,83 \text{ MVA}$$

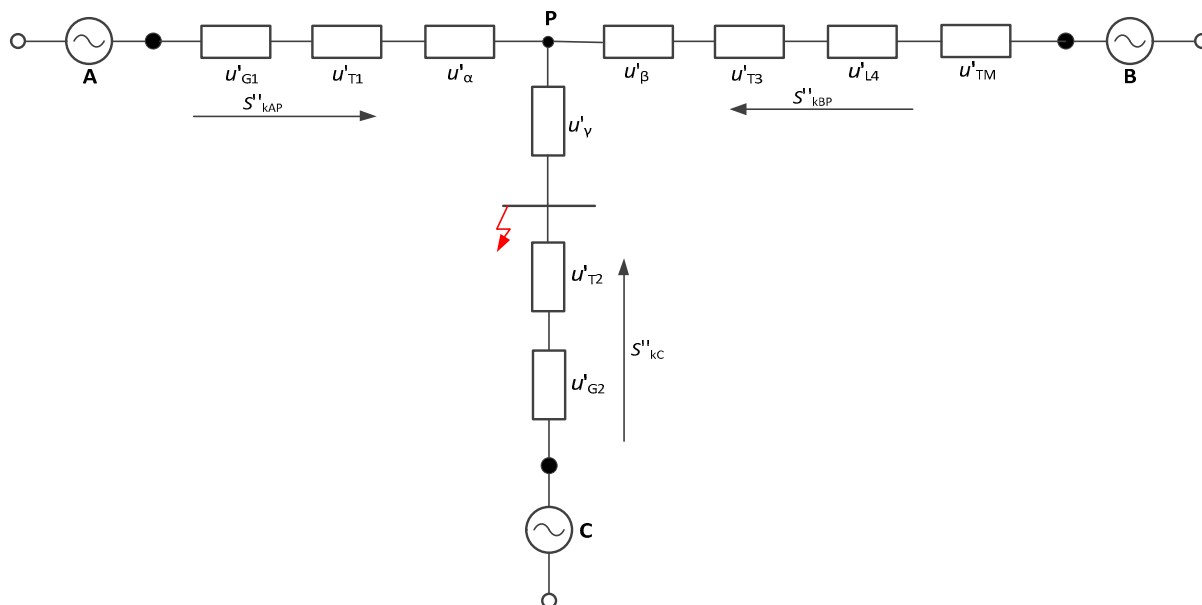
$$S''_{kAP} = S''_1 = 276,83 \text{ MVA}$$

$$S''_{kBP} = S''_{kAB} - S''_1 = 297,69 \text{ MVA}$$



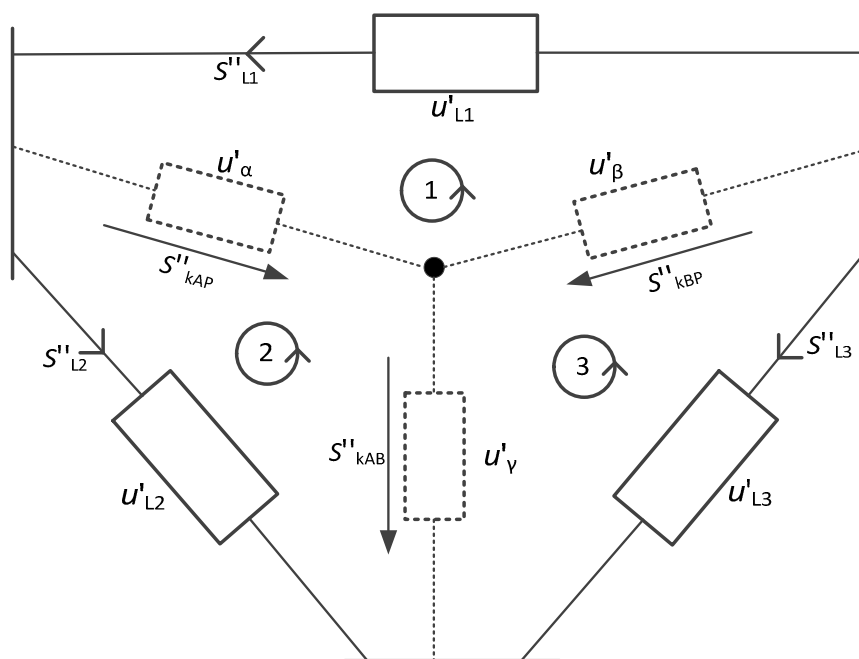
Slika 8 - Shema relativnih padcev napetosti z označenimi močmi

Ob upoštevanju prej izračunanih spremenljivk lahko preidemo na naslednjo shemo, ki je prikazana na sliki 9.



Slika 9 - Shema relativnih padcev napetosti z označenimi močmi

Da to shemo prevedemo na prvotno (glej sliko 2) moramo opraviti zvezda-trikot pretvorbo, kar je prikazano na sliki 10:



Slika 10 – Pretvorba zvezda - trikot

Za prvo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$S''_{L1} \cdot u'_{L1} + S''_{KAP} \cdot u'_{\alpha} - S''_{KBP} \cdot u'_{\beta} = 0$$

$$S''_{L1} = \frac{S''_{KBP} \cdot u'_{\beta} - S''_{KAP} \cdot u'_{\alpha}}{u'_{L1}} = 94,37 \text{ MVA}$$

Za drugo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi_

$$-S''_{kAP} \cdot u'_\alpha + S''_{L2} \cdot u'_{L2} - S''_{kAB} \cdot u'_\gamma = 0$$

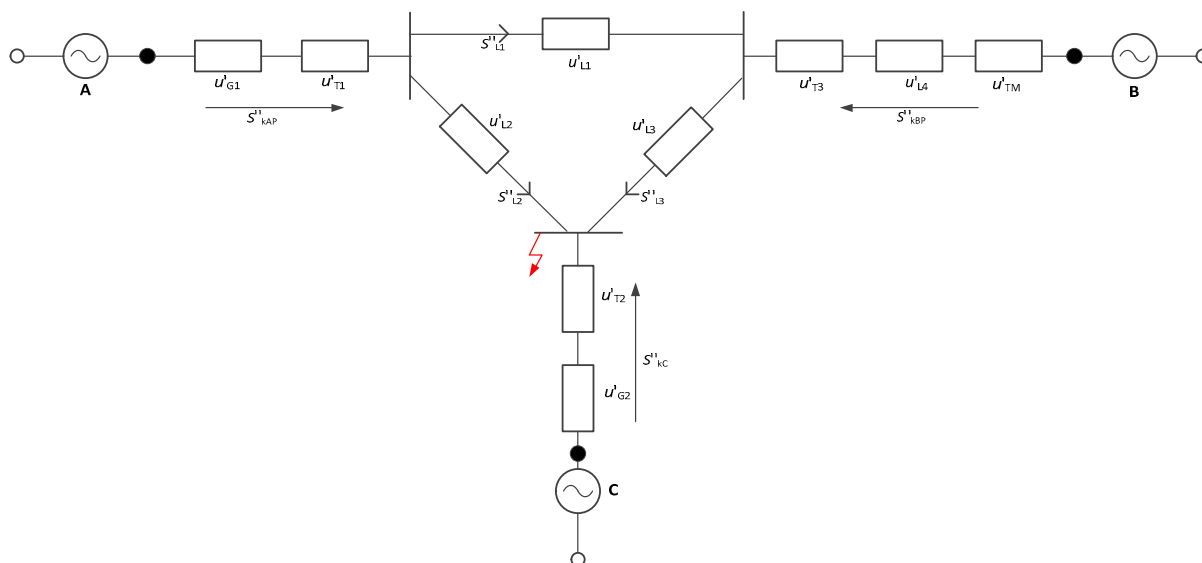
$$S''_{L2} = \frac{S''_{kAP} \cdot u'_\alpha + S''_{kAB} \cdot u'_\gamma}{u'_{L2}} = 371,20 \text{ MVA}$$

Za tretjo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$S''_{kBP} \cdot u'_\beta + S''_{kAB} \cdot u'_\gamma - S''_{L3} \cdot u'_{L3} = 0$$

$$S''_{L3} = \frac{S''_{kBP} \cdot u'_\beta + S''_{kAB} \cdot u'_\gamma}{u'_{L3}} = 203,32 \text{ MVA}$$

Sedaj imamo izračunane vse moči, ki tečejo preko elementov. To je prikazana na sliki 11.



Slika 11 – Končna shema z označenimi močmi

Izračunu moči, ki tečejo preko določenih elementov omrežja sledi izračun pripadajočih tokov:

- Kratkostični tokovi, ki tečejo preko transformatorjev:

$$I''_{kT1p} = \frac{S''_{kAP}}{\sqrt{3} \cdot U_{nT1p}} = 1,453 \text{ kA}$$

$$I''_{kT1s} = \frac{S''_{kAP}}{\sqrt{3} \cdot U_{nT1s}} = 15,983 \text{ kA}$$

$$I''_{kT2p} = \frac{S''_{kC}}{\sqrt{3} \cdot U_{nT2p}} = 2,623 \text{ kA}$$

$$I''_{kT2s} = \frac{S''_{kC}}{\sqrt{3} \cdot U_{nT2s}} = 28,853 \text{ kA}$$

$$I''_{kT3p} = \frac{S''_{kBP}}{\sqrt{3} \cdot U_{nT3p}} = 1,563 \text{ kA}$$

$$I''_{kT3s} = \frac{S''_{kBP}}{\sqrt{3} \cdot U_{nT3s}} = 2,865 \text{ kA}$$

- Kratkostični tokovi preko generatorjev in toge mreže:

$$I_{k_Gen1} = I_{kT1s} = 15,983 \text{ kA}$$

$$I_{k_Gen2} = I_{kT2s} = 28,853 \text{ kA}$$

$$I_{k_TM} = I_{kT3s} = 2,865 \text{ kA}$$

- Kratkostični tokovi, ki tečejo preko vodov:

$$I_{kl1}'' = \frac{S_{L1}''}{\sqrt{3} \cdot U_{nL1}} = 0,495 \text{ kA}$$

$$I_{kl2}'' = \frac{S_{L2}''}{\sqrt{3} \cdot U_{nL2}} = 1,948 \text{ kA}$$

$$I_{kl3}'' = \frac{S_{L3}''}{\sqrt{3} \cdot U_{nL3}} = 1,067 \text{ kA}$$

$$I_{kl4}'' = \frac{S_{L4}''}{\sqrt{3} \cdot U_{nL4}} = 2,865 \text{ kA}$$

3.2 Izračun s pomočjo simetričnih komponent

S pomočjo simetričnih komponent izračunamo tako tripolen kot enopolen kratek stik. Najprej je podan izračun impedanc za posamezne elemente:

➤ Toga mreža

$$S_k'' = c \cdot \frac{S_B}{Z}$$

$$Z = \frac{c \cdot S_B}{S_k''}$$

$$\underline{Z}_{1TM} = \underline{Z}_{2TM} = 0,1 \frac{c \cdot S_B}{S_k''} + j \frac{c \cdot S_B}{S_k''} = 0,011 + j0,11$$

➤ Generatorja

$$\underline{Z}_{1G1} = \underline{Z}_{2G1} = \frac{(r_{aG1} + jx_{dG1}'')}{100} \frac{S_B}{S_{NG1}} = 0,004 + j0,15$$

$$\underline{Z}_{1G2} = \underline{Z}_{2G2} = \frac{(r_{aG2} + jx_{dG2}'')}{100} \frac{S_B}{S_{NG2}} = 0,003 + j0,105$$

➤ Transformatorji

$$\underline{Z}_{1T1} = \underline{Z}_{2T1} = \frac{(u_{rT1} + ju_{xT1})}{100} \frac{S_B}{S_{NT1}} = 0,015 + j0,25$$

$$\underline{Z}_{0T1} = 1,2 \cdot \underline{Z}_{1T1} = 0,018 + j0,3$$

$$\underline{Z}_{1T2} = \underline{Z}_{2T2} = \frac{(u_{rT2} + ju_{xT2})}{100} \frac{S_B}{S_{NT2}} = 0,005 + j0,115$$

$$\underline{Z}_{1T3} = \underline{Z}_{2T3} = \frac{(u_{rT3} + ju_{xT3})}{100} \frac{S_B}{S_{NT3}} = 0,01 + j0,167$$

$$\underline{Z}_{0T3} = 2,4 \cdot \underline{Z}_{1T3} = 0,024 + j0,4$$

➤ Vodi

$$\underline{Z}_{1V1} = \underline{Z}_{2V1} = z_1' \cdot l_{V1} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,047 + j0,126$$

$$\underline{Z}_{0V1} = z_0' \cdot l_{V1} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,094 + j0,503$$

$$\underline{Z}_{1V2} = \underline{Z}_{2V2} = z_1' \cdot l_{V2} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,017 + j0,02$$

$$\underline{Z}_{0V2} = z_0' \cdot l_{V1} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,078 + j0,03$$

$$\underline{Z}_{1V3} = \underline{Z}_{2V3} = z_1' \cdot l_{V3} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,047 + j0,1$$

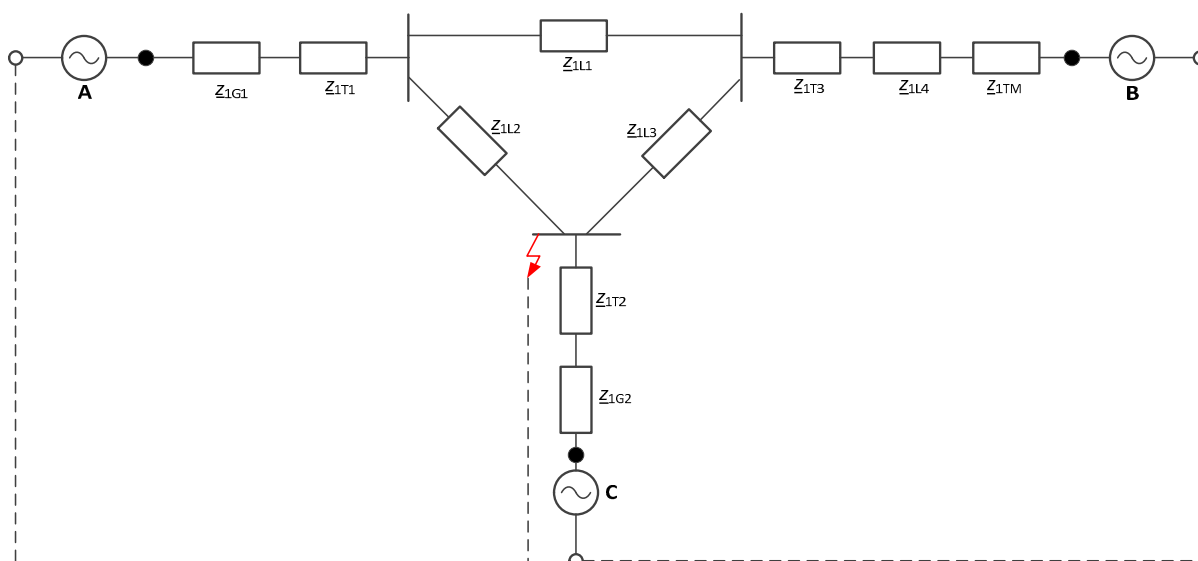
$$\underline{Z}_{0V3} = z_0' \cdot l_{V1} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,084 + j0,397$$

$$\underline{z}_{1V4} = \underline{z}_{2V4} = z_1 \cdot I_{V4} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,027 + j0,053$$

$$\underline{z}_{0V4} = z_0 \cdot I_{V1} \cdot \frac{S_B}{U_n^2} = 0,044 + j0,194$$

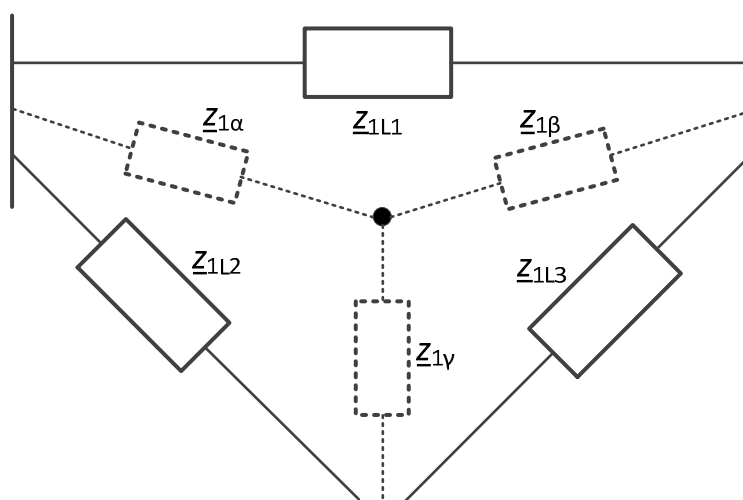
3.2.1 Izračun 3-polnega kratkega stika

V tem poglavju je podan izračun tripolnega kratkega stika. Za tripolen kratek stik upoštevamo samo impedance pozitivnega sistema. Z upoštevanjem tega dobimo iz obravnavanega vezja shemo na sliki 12.



Slika 12 – Impedančna shema pozitivnega sistema

Da poenostavimo zgornjo shemo lahko naredimo zvezda-trikot pretvorbo kar je prikazano na sliki 13.



Slika 13 – Zvezda-trikot pretvorba

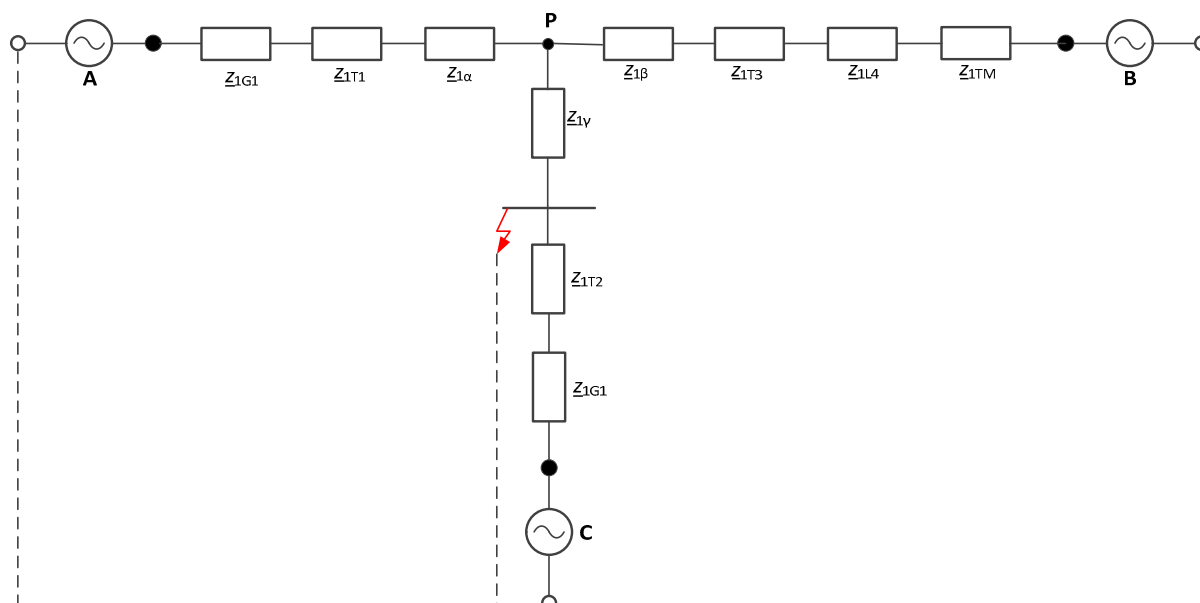
Trikot pretvorimo v zvezdo po naslednjih formulah:

$$\underline{z}_{1\alpha} = \underline{z}_{2\alpha} = \frac{\underline{z}_{1L2} \cdot \underline{z}_{1L1}}{\underline{z}_{1L1} + \underline{z}_{1L2} + \underline{z}_{1L3}} = (0,008 + j0,01)$$

$$\underline{z}_{1\beta} = \underline{z}_{2\beta} = \frac{\underline{z}_{1L1} \cdot \underline{z}_{1L3}}{\underline{z}_{1L1} + \underline{z}_{1L2} + \underline{z}_{1L3}} = (0,021 + j0,051)$$

$$\underline{z}_{1\gamma} = \underline{z}_{2\gamma} = \frac{\underline{z}_{1L2} \cdot \underline{z}_{1L3}}{\underline{z}_{1L1} + \underline{z}_{1L2} + \underline{z}_{1L3}} = (0,007 + j0,008)$$

Ob upoštevanju te pretvorbe dobimo impedančno shemo, ki je prikazana na sliki 14.



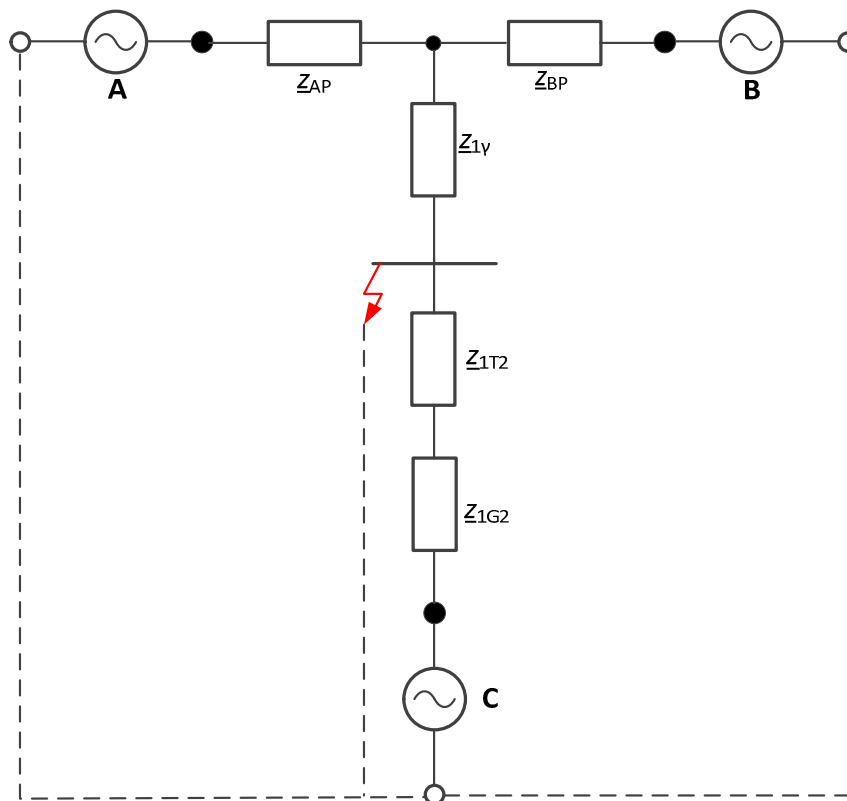
Slika 14 – Impedančna shema po opravljeni zvezda-trikot pretvorbi

Kot lahko razberemo lahko združimo določene impedance.

$$\underline{z}_{AP} = \underline{z}_{1G1} + \underline{z}_{1T1} + \underline{z}_{1\alpha} = 0,027 + j0,41$$

$$\underline{z}_{BP} = \underline{z}_{1\beta} + \underline{z}_{1T3} + \underline{z}_{1L4} + \underline{z}_{1T4} = 0,069 + j0,381$$

Ob upoštevanju le-tega dobimo nadomestno shemo, ki je prikazana na sliki 15.



Slika 15 - Shema po opravljeni združitvi impedanc

Sedaj lahko združimo določene impedance:

$$\underline{z}_p = \frac{\underline{z}_{AP} \cdot \underline{z}_{BP}}{\underline{z}_{AP} + \underline{z}_{BP}} = 0,025 + j0,202$$

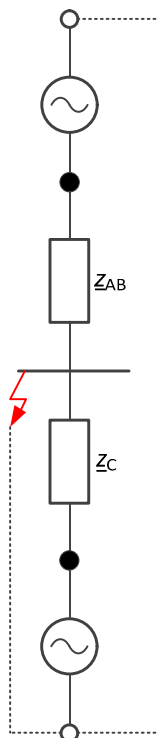
Tej vrednosti prištejemo še $\underline{z}_{1\gamma}$ in dobimo

$$\underline{z}_{AB} = \underline{z}_p + \underline{z}_{1\gamma} = 0,032 + j0,210$$

Združimo še spodnjo vejo in dobimo

$$\underline{z}_C = \underline{z}_{1T2} + \underline{z}_{1G2} = 0,008 + j0,22$$

Potem dobimo shemo, ki je prikazana na sliki 16.



Slika 16 - Shema po opravljeni združitvi impedanc

Oba vira vežemo vzporedno in dobimo:

$$\underline{z}_1 = \frac{\underline{z}_{AB} \cdot \underline{z}_C}{\underline{z}_{AB} + \underline{z}_C} = 0,010 + j0,107$$

$$|\underline{z}_1| = 0,107$$

Izračunamo še kratkostično moč na mestu kratkega stika

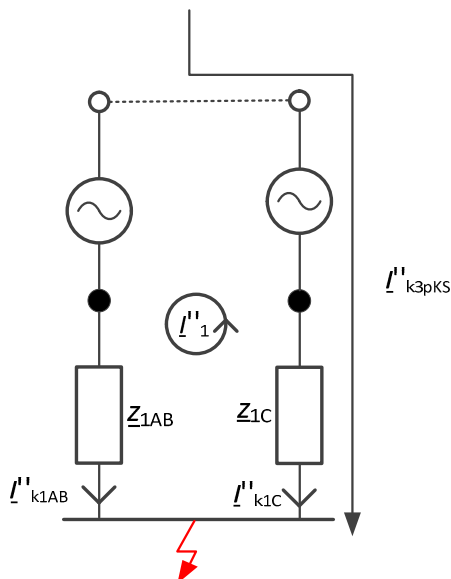
$$S_k'' = c \cdot \frac{S_b}{|\underline{z}_1|} = 1026,2 \text{ MVA}$$

In tok:

$$I_{k3pKS}'' = \frac{S_k''}{\sqrt{3} \cdot U} = 5,386 \text{ kA}$$

3.2.1.1 Izračun kratkostičnega toka po komponentah – 3-polen KS

Pri izračunu kratkostičnih tokov po elementih omrežja izhajamo iz slike 17 in s preračunavanjem tokov z uporabo veljavnih zakonov v elektrotehniki preidemo na prvotno shemo (glej sliko 12). Najprej lahko za shemo na sliki 17 zapišemo naslednje enačbe.



Slika 17 – Impedančna shema z označenimi tokovi

$$\sum \underline{I}'' \cdot \underline{z} = 0$$

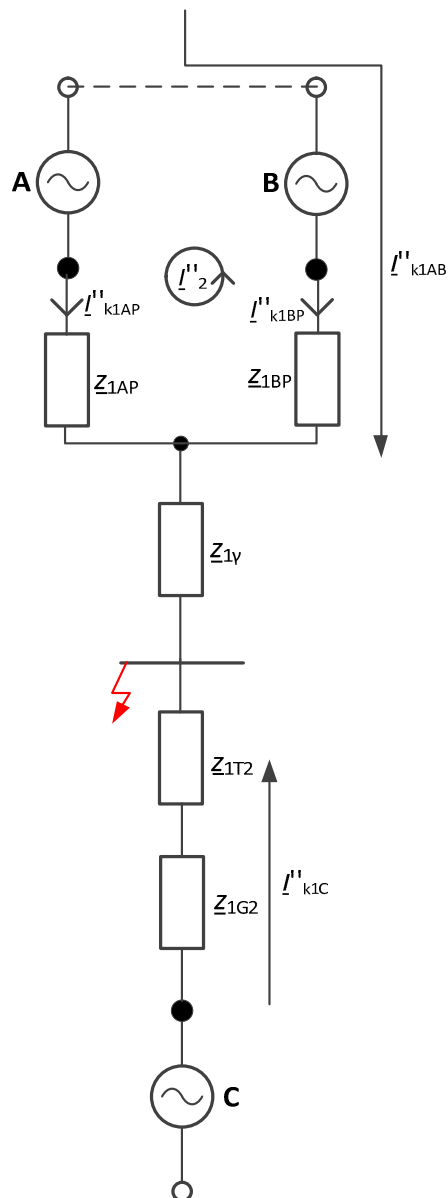
$$\underline{I}_1'' \cdot (\underline{z}_{1AB} + \underline{z}_{1C}) - \underline{I}_{k3pKS}'' \cdot \underline{z}_{1C} = 0$$

$$\underline{I}_1'' = \frac{\underline{I}_{k3pKS}'' \cdot \underline{z}_{1C}}{\underline{z}_{1AB} + \underline{z}_{1C}} = (2,768 + j0,154) \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{k1AB}'' = \underline{I}_1'' = (2,768 + j0,154) \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{k1C}'' = \underline{I}_{k3pKS}'' - \underline{I}_1'' = (2,618 - j0,154) \text{ kA}$$

Z upoštevanjem tega lahko preidemo na shemo, ki je na prikazana na sliki 18.



Slika 18 – Impedančna shema z označenimi tokovi

Za zgornjo shemo lahko zapišemo naslednje enačbe:

$$\sum \underline{I}'' \cdot \underline{z} = 0$$

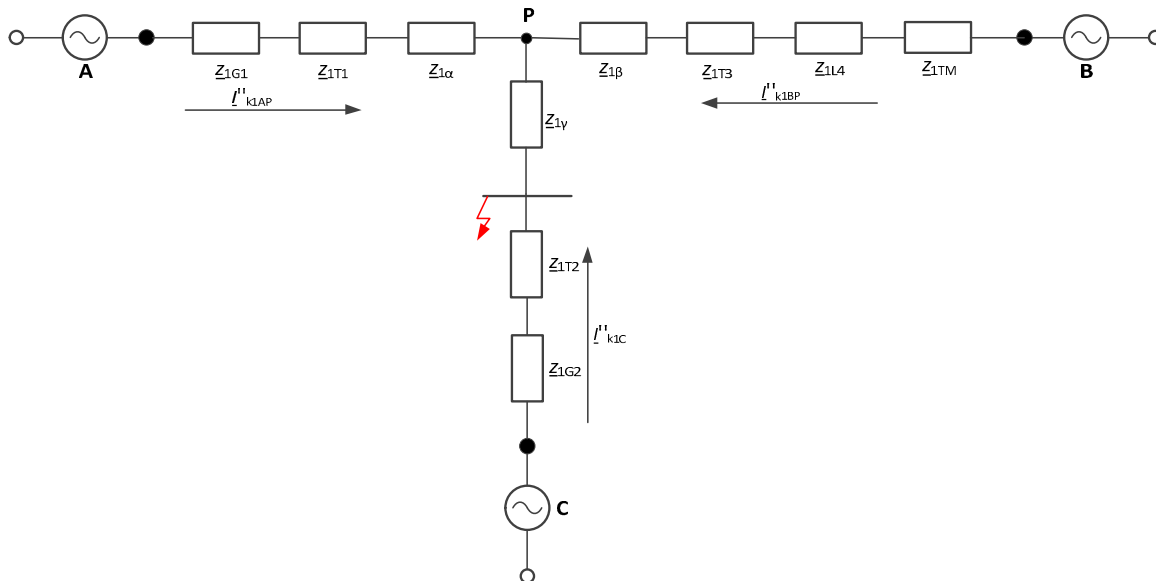
$$\underline{I}''_2 \cdot (\underline{z}_{1AP} + \underline{z}_{1BP}) - \underline{I}''_{k1AB} \cdot \underline{z}_{1BP} = 0$$

$$\underline{I}''_2 = \frac{\underline{I}''_{k1AB} \cdot \underline{z}_{1BP}}{\underline{z}_{1AP} + \underline{z}_{1BP}} = (1,346 - j0,002) \text{ kA}$$

$$\underline{I}''_{k1AP} = \underline{I}''_2 = (1,346 - j0,002) \text{ kA}$$

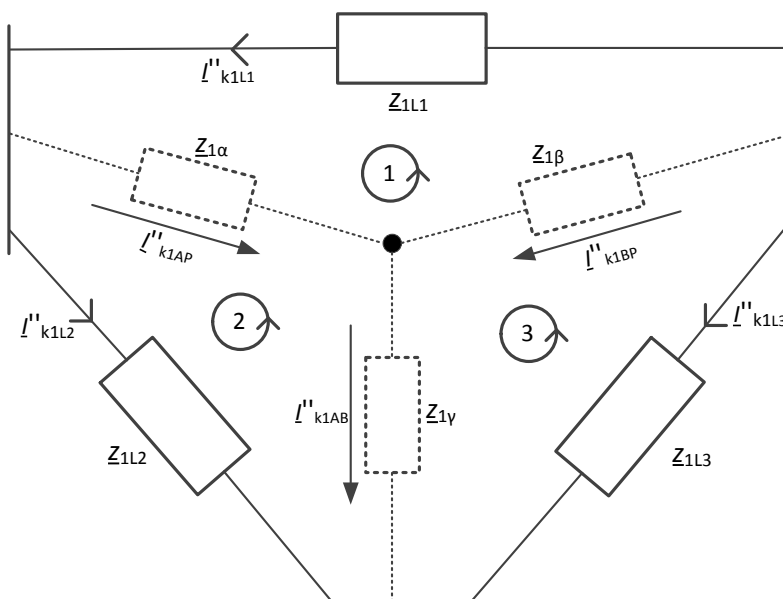
$$\underline{I}''_{k1BP} = \underline{I}''_{k1AB} - \underline{I}''_2 = (1,422 + j0,156) \text{ kA}$$

Sedaj lahko preidemo na shemo prikazano na sliki 19.



Slika 19 – Impedančna shema z označenimi tokovi

Da preidemo na prvotno shemo moramo narediti še zvezda – trikot pretvorbo, ki je prikazana na sliki 20.



Slika 20 – Pretvorba zvezda - trikot

Za prvo zanko lahko zapišemo naslednje enačbi:

$$\underline{I}_{k1L1}'' \cdot \underline{Z}_{1L1} + \underline{I}_{k1AP}'' \cdot \underline{Z}_{1\alpha} - \underline{I}_{k1BP}'' \cdot \underline{Z}_{1\beta} = 0$$

$$\underline{I}_{k1L1}'' = \frac{\underline{I}_{k1BP}'' \cdot \underline{Z}_{1\beta} - \underline{I}_{k1AP}'' \cdot \underline{Z}_{1\alpha}}{\underline{Z}_{1L1}} = (0,457 + j0,090) \text{ kA}$$

Za drugo zanko lahko zapišemo naslednje enačbi:

$$\underline{I}_{k1L2}'' \cdot \underline{Z}_{1L2} - \underline{I}_{k1AP}'' \cdot \underline{Z}_{1\alpha} - \underline{I}_{k1AB}'' \cdot \underline{Z}_{1\gamma} = 0$$

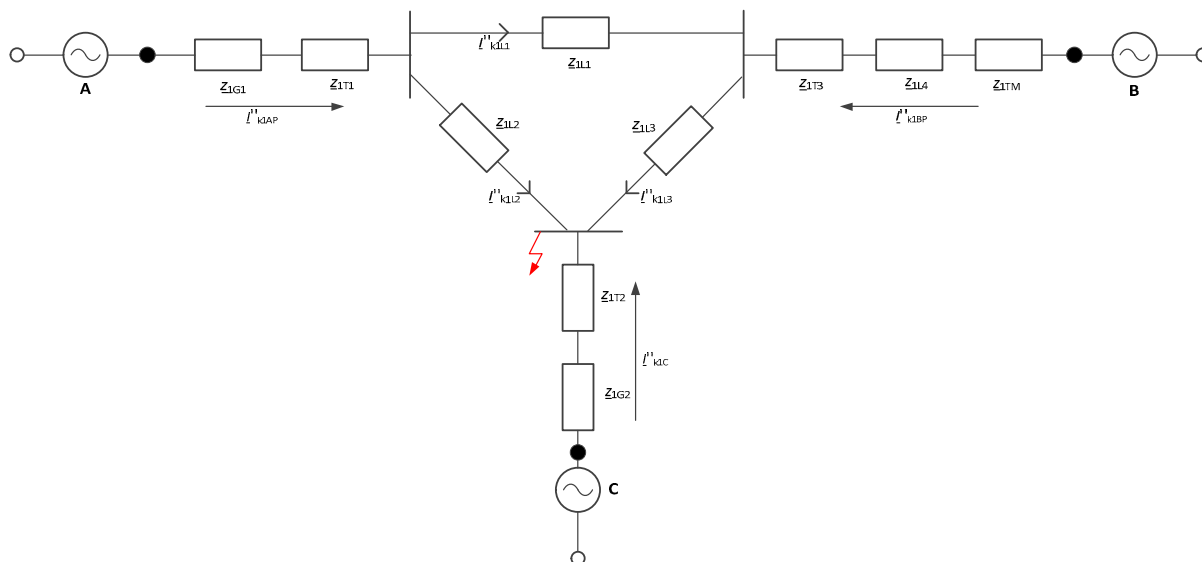
$$\underline{I}_{k1L2}'' = \frac{\underline{I}_{k1AP}'' \cdot \underline{Z}_{1\alpha} + \underline{I}_{k1AB}'' \cdot \underline{Z}_{1\gamma}}{\underline{Z}_{1L2}} = (1,803 + j0,088) \text{ kA}$$

Za tretjo zanko lahko zapišemo naslednje enačbi:

$$-I''_{k1L3} \cdot Z_{1L3} + I''_{k1BP} \cdot Z_{1\beta} + I''_{k1AB} \cdot Z_{1\gamma} = 0$$

$$I''_{k1L3} = \frac{I''_{k1BP} \cdot Z_{1\beta} + I''_{k1AB} \cdot Z_{1\gamma}}{Z_{1L3}} = (0,965 + j0,066) \text{ kA}$$

Na naslednji shemi so označeni tokovi, ki tečejo preko elementov omrežja.



Slika 21 – Impedančna shema z označenimi tokovi.

Tokovi, ki tečejo preko elementov so naslednji:

- Tokovi, ki tečejo preko transformatorjev:

$$I''_{kT1p_3pKS} = I''_{k1AP} = 1,346 \text{ kA}$$

$$I''_{kT1s_3pKS} = I''_{k1AP} \cdot p = 14,807 \text{ kA}$$

$$I''_{kT2p_3pKS} = I''_{k1C} = 2,623 \text{ kA}$$

$$I''_{kT2s_3pKS} = I''_{k1C} \cdot p = 28,848 \text{ kA}$$

$$I''_{kT3p_3pKS} = I''_{k1BP} = 1,431 \text{ kA}$$

$$I''_{kT3s_3pKS} = I''_{k1BP} \cdot p = 2,623 \text{ kA}$$

- Kratkostični tokovi preko generatorjev in toge mreže:

$$I''_{k_Gen1_3pKS} = I''_{kT1s_3pKS} = 14,807 \text{ kA}$$

$$I''_{k_Gen2_3pKS} = I''_{kT2s_3pKS} = 28,848 \text{ kA}$$

$$I''_{k_TM_3pKS} = I''_{kT3s_3pKS} = 2,623 \text{ kA}$$

- Tokovi, ki tečejo preko vodov:

$$I_{kL1_3pKS}'' = I_{k1L1}'' = 0,466 \text{ kA}$$

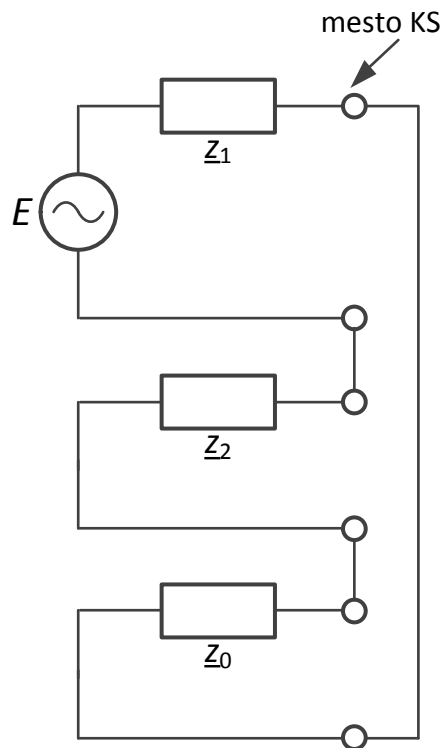
$$I_{kL2_3pKS}'' = I_{k1L2}'' = 1,805 \text{ kA}$$

$$I_{kL3_3pKS}'' = I_{k1L3}'' = 0,968 \text{ kA}$$

$$I_{kL4_3pKS}'' = I_{k1BP_s}'' \cdot p = 2,623 \text{ kA}$$

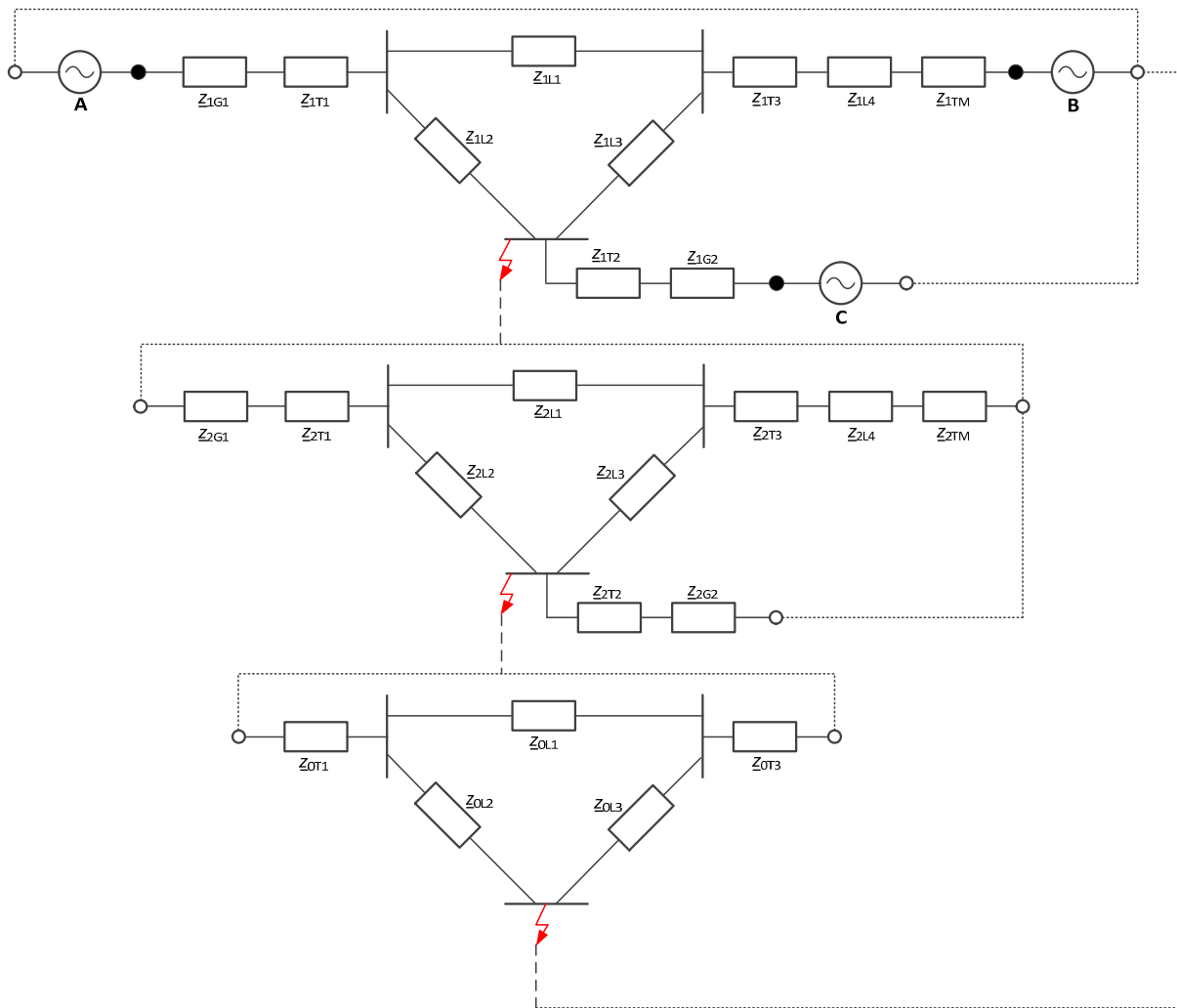
3.3 Izračun 1-polnega kratkega stika

Shema enopolnega kratkega stika z uporabo simetričnih komponent predstavimo kot je prikazano na sliki 22.



Slika 22 – Splošna shema za izračun enopolnega kratkega stika

Nadomestna shema obravnavanega vezja je v tem primeru prikazana na sliki 23.

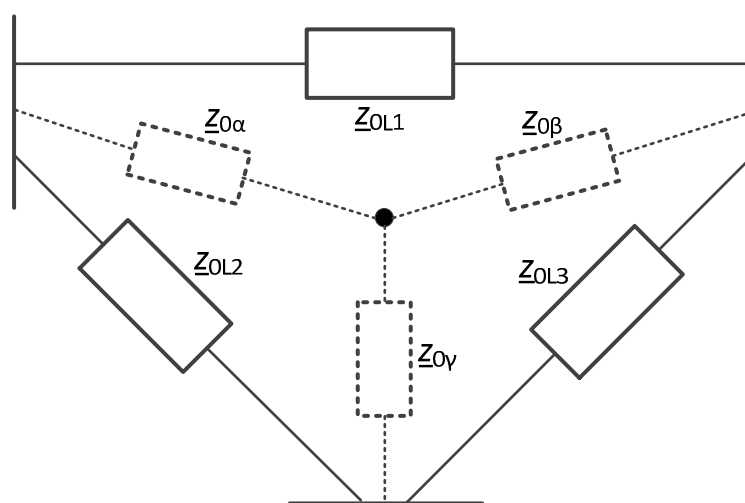


Slika 23 – Nadomestna shema za izračun enopolnega kratkega stika

Redukcijo omrežja za pozitivno in negativno komponento smo že opravili.

$$z_1 = z_2 = 0,010 + j0,107$$

Ostane nam le še nična komponenta. Pretvorba trikot-zvezda je prikazana na sliki 24.



Slika 24 – Zvezda – trikot pretvorba pri izračunu nične impedance

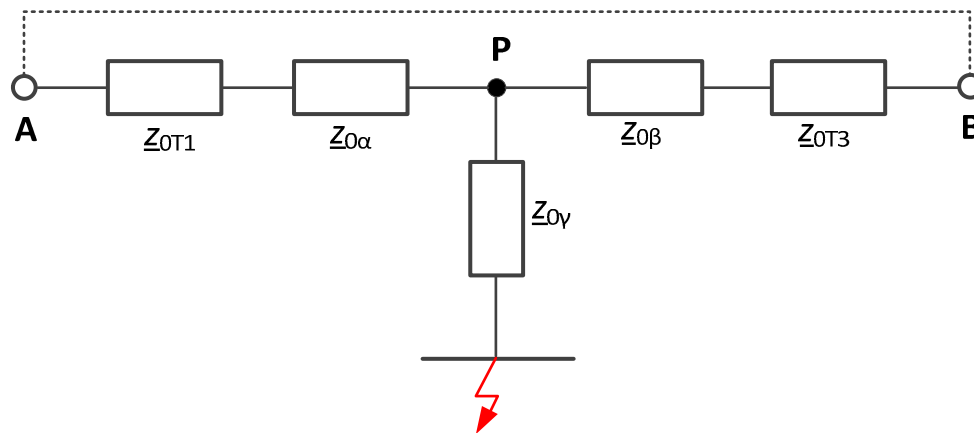
To lahko opišemo tudi s sledečimi enačbami:

$$\underline{z}_{0\alpha} = \frac{\underline{z}_{0L2} \cdot \underline{z}_{0L1}}{\underline{z}_{0L1} + \underline{z}_{0L2} + \underline{z}_{0L3}} = 0,039 + j0,018$$

$$\underline{z}_{0\beta} = \frac{\underline{z}_{0L1} \cdot \underline{z}_{0L3}}{\underline{z}_{0L1} + \underline{z}_{0L2} + \underline{z}_{0L3}} = 0,027 + j0,231$$

$$\underline{z}_{0\gamma} = \frac{\underline{z}_{0L2} \cdot \underline{z}_{0L3}}{\underline{z}_{0L1} + \underline{z}_{0L2} + \underline{z}_{0L3}} = 0,032 + j0,015$$

Pri tem lahko preidemo na nadomestno shemo, ki je prikazana na sliki 25.



Slika 25 – Shema po izvedeni pretvorbi

Sedaj lahko združimo določene impedance:

$$\underline{z}_{0AP} = \underline{z}_{OT1} + \underline{z}_{0\alpha} = 0,057 + j0,318$$

$$\underline{z}_{0BP} = \underline{z}_{OT3} + \underline{z}_{0\beta} = 0,051 + j0,613$$

Izračunamo nadomestno impedanco za paralelno vezavo teh dveh:

$$\underline{z}_{0P} = \frac{\underline{z}_{0AP} \cdot \underline{z}_{0BP}}{\underline{z}_{0AP} + \underline{z}_{0BP}} = 0,031 + j0,210$$

In prištejemo $\underline{z}_{0\gamma}$

$$\underline{z}_0 = \underline{z}_{0P} + \underline{z}_{0\gamma} = 0,063 + j0,225$$

$$|\underline{z}_0| = 0,234$$

Celotna impedanca je:

$$\underline{z} = \underline{z}_1 + \underline{z}_2 + \underline{z}_0 = 0,083 + j0,441$$

$$|\underline{z}| = 0,449$$

Sedaj lahko izračunamo kratkostično moč in tok kratkega stika:

$$S_{k(1)}'' = c \cdot \frac{3 \cdot S_b}{|\underline{z}|} = 739,6 \text{ MVA}$$

$$I_{k1PKS}'' = \frac{S_{k(1)}''}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 3,882 \text{ kA}$$

3.3.1 Izračun kratkostičnega toka po komponentah – 1 polen KS

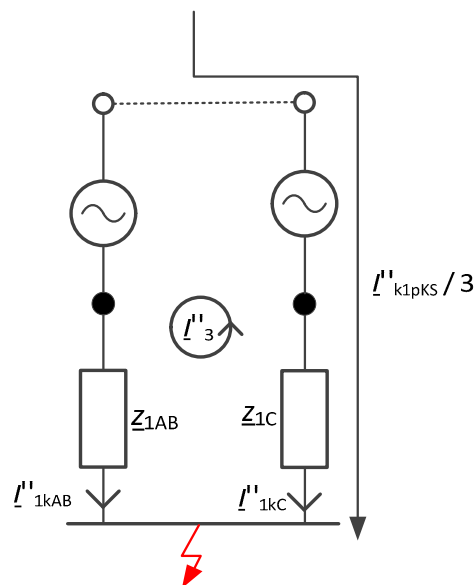
V tem poglavju je podan izračun kratkega stika po elementih omrežja za enopolen kratek stik. Tok kratkega stika, ki smo ga izračunali, to je \underline{I}_{k1pKS}'' , je fazni tok, ki ga določimo iz simetričnih komponent. Pri 1-polnem kratkem stiku so simetrične komponente kratkostičnega toka naslednje:

$$\underline{I}_{1pKS_0}'' = \underline{I}_{1pKS_1}'' = \underline{I}_{1pKS_2}'' = \frac{c \cdot S_b}{|\underline{z}| \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{\underline{I}_{k1pKS}''}{3}$$

Ta tok je enak v vseh treh vezjih (vezja pozitivnega, negativnega in ničnega sistema) vendar moramo upoštevati, da porazdelitev toka po posameznih elementih vezja ničnega sistema ni enaka razporeditvi toka po elementih vezja pozitivnega in negativnega sistema.

3.3.1.1 Pozitivni in negativni sistem

Podobno kot smo naredili pri tripolnem kratkem stiku naredimo pri enopolnem le da upoštevamo, da po vezju pozitivnega in negativnega sistema tečeta tok pozitivnega in negativnega sistema (med seboj sta enaka).



Slika 26 – Impedančna shema z označenimi tokovi

Enačbe za shemo na sliki 26 so sledeče:

$$\sum \underline{I}'' \cdot \underline{z} = 0$$

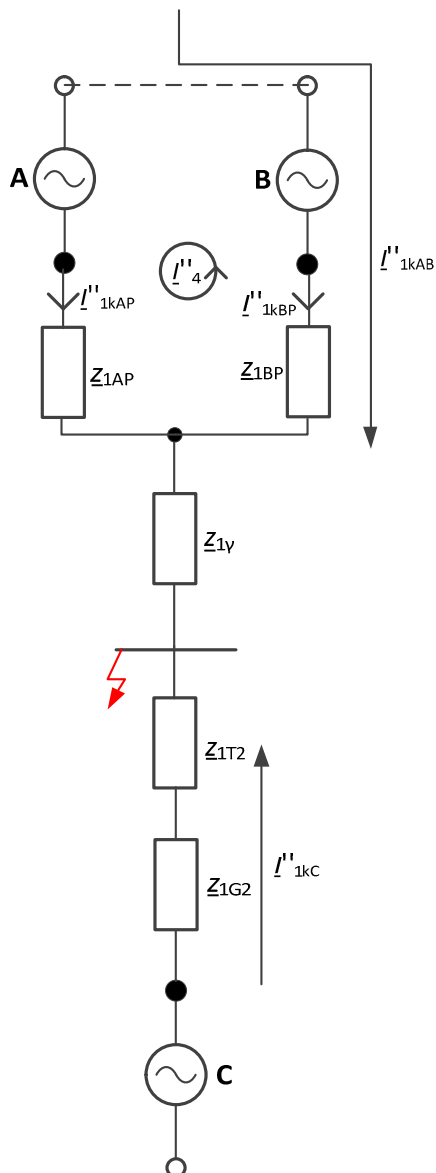
$$\underline{I}_3'' \cdot (\underline{z}_{1AB} + \underline{z}_{1C}) - \frac{\underline{I}_{k1pKS}''}{3} \cdot \underline{z}_{1C} = 0$$

$$\underline{I}_3'' = \frac{\frac{\underline{I}_{k1pKS}''}{3} \cdot \underline{z}_{1C}}{\underline{z}_{1AB} + \underline{z}_{1C}} = (0,665 + j0,037) \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{1kAB}'' = \underline{I}_3'' = (0,665 + j0,037) \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{1kC}'' = \frac{\underline{I}_{k1pKS}''}{3} - \underline{I}_3'' = (0,629 - j0,037) \text{ kA}$$

Sedaj lahko preidemo na naslednjo shemo, ki je prikazana na sliki 27.



Slika 27 - Impedančna shema z označenimi tokovi

Za shemo na sliki 27 lahko zapišemo naslednje enačbe:

$$\sum \underline{I}'' \cdot \underline{z} = 0$$

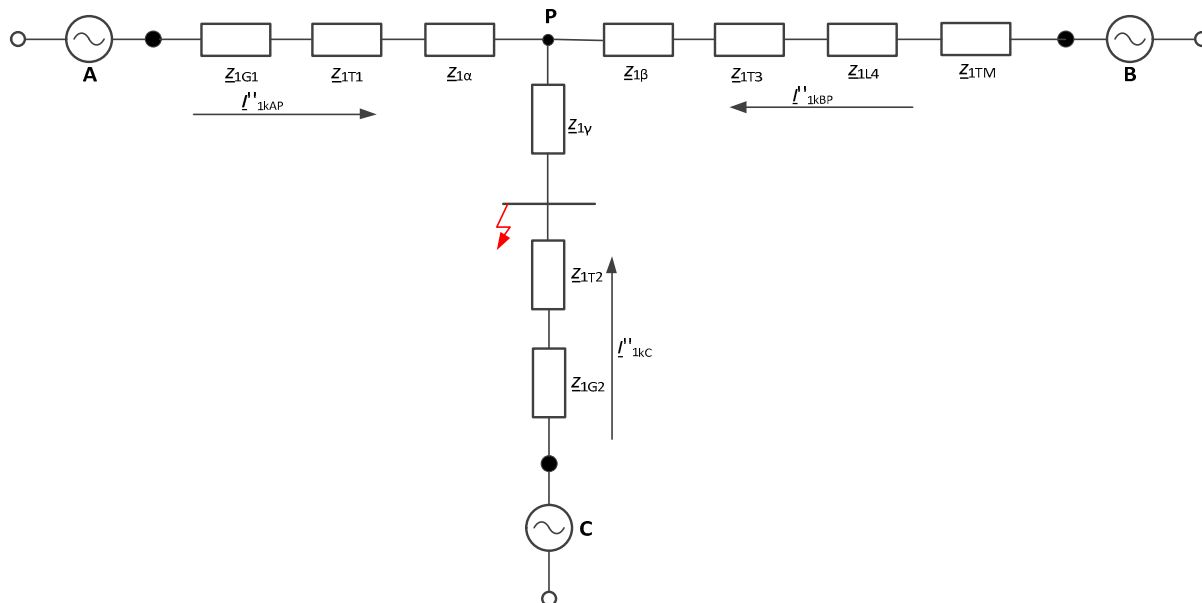
$$\underline{I}_A'' \cdot (\underline{z}_{1AP} + \underline{z}_{1BP}) - \underline{I}_{1kAB}'' \cdot \underline{z}_{1BP} = 0$$

$$\underline{I}_A'' = \frac{\underline{I}_{1kAB}'' \cdot \underline{z}_{1BP}}{\underline{z}_{1AP} + \underline{z}_{1BP}} = 0,323 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{1kAP}'' = \underline{I}_A'' = 0,323 \text{ kA}$$

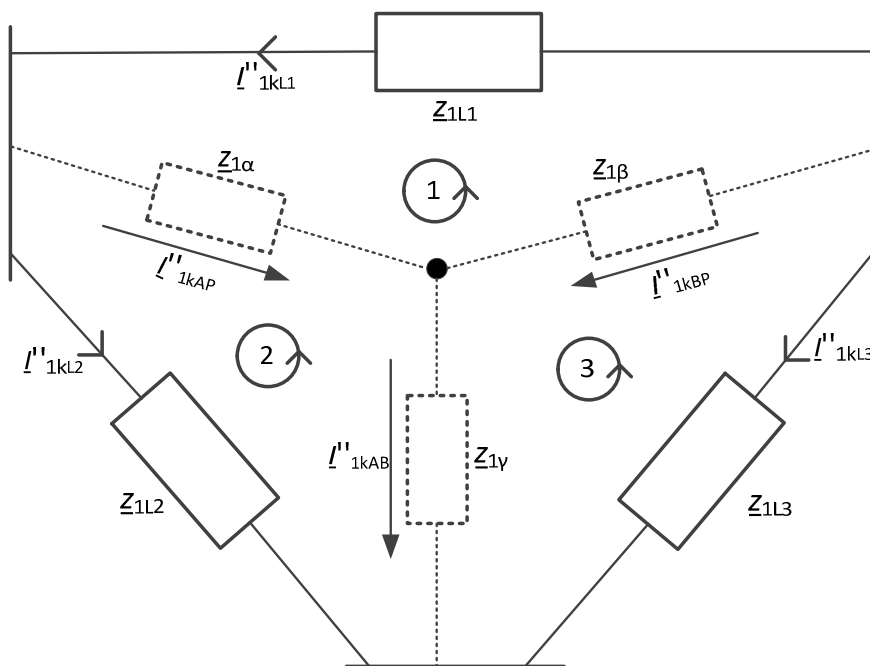
$$\underline{I}_{1kBP}'' = \underline{I}_{1kAB}'' - \underline{I}_A'' = (0,342 + j0,038) \text{ kA}$$

Če upoštevamo izračunane veličine lahko preidemo na shemo prikazano na sliki 28.



Slika 28 - Impedančna shema z označenimi tokovi

Da preidemo na prvotno shemo moramo narediti še zvezda – trikot pretvorbo, ki je prikazana na sliki 29.



Slika 29 – Zvezda – trikot pretvorba

Za prvo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$I''_{1kL1} \cdot Z_{1L1} + I''_{1kAP} \cdot Z_{1\alpha} - I''_{1kBP} \cdot Z_{1\beta} = 0$$

$$I''_{1kL1} = \frac{I''_{1kBP} \cdot Z_{1\beta} - I''_{1kAP} \cdot Z_{1\alpha}}{Z_{1L1}} = (0,110 + j0,022) \text{ kA}$$

Za drugo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$\underline{I}_{1kL2}'' \cdot \underline{Z}_{1L2} - \underline{I}_{1kAP}'' \cdot \underline{Z}_{1\alpha} - \underline{I}_{1kAB}'' \cdot \underline{Z}_{1\gamma} = 0$$

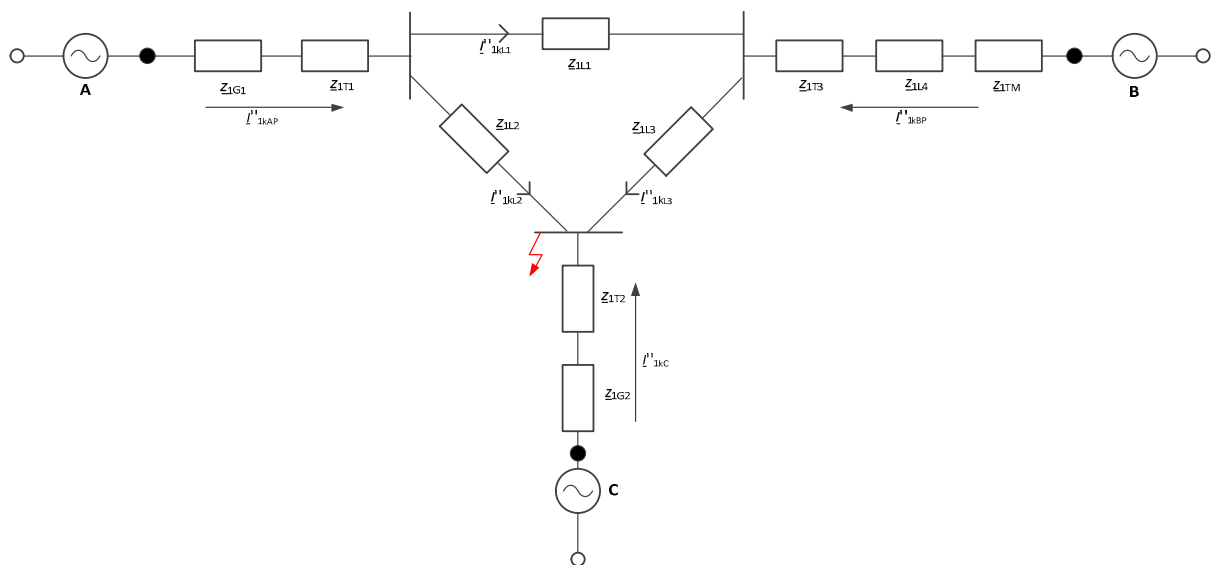
$$\underline{I}_{1kL2}'' = \frac{\underline{I}_{1kAP}'' \cdot \underline{Z}_{1\alpha} + \underline{I}_{1kAB}'' \cdot \underline{Z}_{1\gamma}}{\underline{Z}_{1L2}} = (0,433 + j0,021) \text{ kA}$$

Za tretjo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$-\underline{I}_{1kL3}'' \cdot \underline{Z}_{1L3} + \underline{I}_{1kBP}'' \cdot \underline{Z}_{1\beta} + \underline{I}_{1kAB}'' \cdot \underline{Z}_{1\gamma} = 0$$

$$\underline{I}_{1kL3}'' = \frac{\underline{I}_{1kBP}'' \cdot \underline{Z}_{1\beta} + \underline{I}_{1kAB}'' \cdot \underline{Z}_{1\gamma}}{\underline{Z}_{1L3}} = (0,232 + j0,016) \text{ kA}$$

Na naslednji shemi so označeni tokovi, ki tečejo preko elementov omrežja.



Slika 30 – Impedančna shema z označenimi tokovi

Positivna komponenta kratkostičnega toka, ki teče preko transformatorjev:

$$\underline{I}_{1kT1p}'' = \underline{I}_{1kAP}''$$

$$\underline{I}_{1kT1s}'' = \underline{I}_{1kAP}'' \cdot p$$

$$\underline{I}_{1kT2p}'' = \underline{I}_{1kC}''$$

$$\underline{I}_{1kT2s}'' = \underline{I}_{1kC}'' \cdot p$$

$$\underline{I}_{1kT3p}'' = \underline{I}_{1kBP}''$$

$$\underline{I}_{1kT3s}'' = \underline{I}_{1kBP}'' \cdot p$$

Positivna komponenta kratkostičnega toka, ki teče preko generatorjev in toge mreže:

$$\underline{I}_{1k_Gen1}'' = \underline{I}_{1kT1s}''$$

$$\underline{I}_{1k_Gen2}'' = \underline{I}_{1kT2s}''$$

$$\underline{I}_{1k_TM}'' = \underline{I}_{1kT3s}''$$

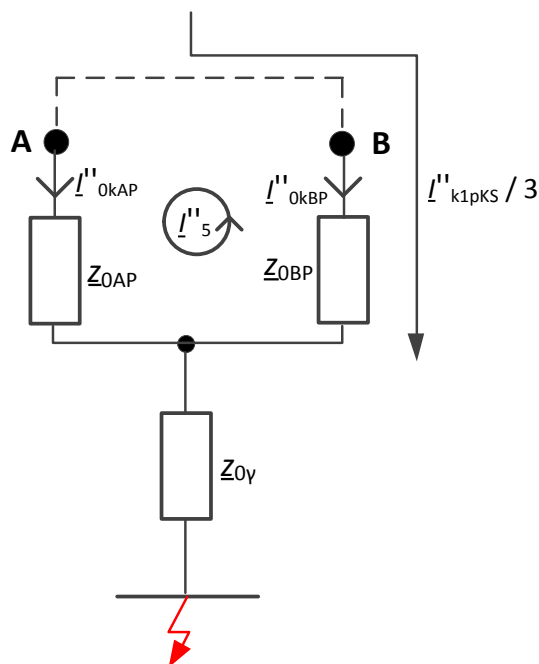
Pozitivna komponenta kratkostičnega toka, ki teče preko vodov:

$$\begin{aligned}
 \underline{I}_{1kL1}'' &= \underline{I}_{1kL1}'' \\
 \underline{I}_{1kL2}'' &= \underline{I}_{1kL2}'' \\
 \underline{I}_{1kL3}'' &= \underline{I}_{1kL3}'' \\
 \underline{I}_{1kL4}'' &= \underline{I}_{1kBP_s}'' \cdot p
 \end{aligned}$$

3.3.1.2 Nični sistem

Podoben izračun, ki je bil prikazan v prejšnjem podpoglavju, opravimo tudi za nični sistem komponent.

Najprej lahko za shemo, ki je prikazana na sliki 31 zapišemo naslednje enačbe.



Slika 31 – Impedančna shema z označenimi tokovi

$$\sum \underline{I}'' \cdot \underline{z} = 0$$

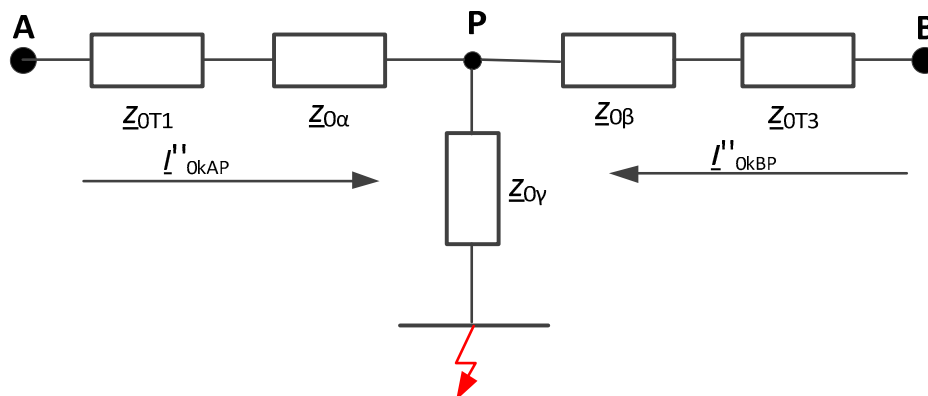
$$\underline{I}_{5}'' \cdot (\underline{z}_{0AP} + \underline{z}_{0BP}) - \frac{\underline{I}_{k1pKS}'' \cdot \underline{z}_{0BP}}{3} = 0$$

$$\underline{I}_{5}'' = \frac{\frac{\underline{I}_{k1pKS}'' \cdot \underline{z}_{0BP}}{3}}{\underline{z}_{0AP} + \underline{z}_{0BP}} = (0,848 + j0,029) \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{k0AP}'' = \underline{I}_{5}'' = (0,848 + j0,029) \text{ kA}$$

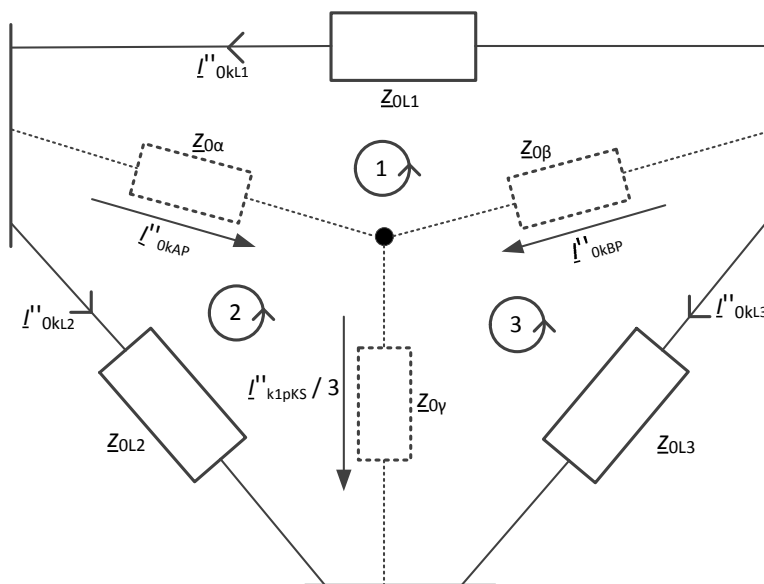
$$\underline{I}_{k0BP}'' = \frac{\underline{I}_{k1pKS}''}{3} - \underline{I}_{5}'' = (0,446 - j0,029) \text{ kA}$$

Ko izračunamo te veličine lahko preidemo na shemo na sliki 32.



Slika 32 – Impedančna shema z označenimi tokovi

Da lahko preidemo na prvotno shemo ničnega zaporedja (glej sliko 34)



Slika 33 – Trikot - zvezda pretvorba

Za prvo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$\underline{I}''_{0kL1} \cdot \underline{Z}_{0L1} + \underline{I}''_{0kAP} \cdot \underline{Z}_{0\alpha} - \underline{I}''_{0kBP} \cdot \underline{Z}_{0\beta} = 0$$

$$\underline{I}''_{0kL1} = \frac{\underline{I}''_{0kBP} \cdot \underline{Z}_{0\beta} - \underline{I}''_{0kAP} \cdot \underline{Z}_{0\alpha}}{\underline{Z}_{0L1}} = (0,143 + j0,057) \text{ kA}$$

Za drugo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$\underline{I}''_{0kL2} \cdot \underline{Z}_{0L2} - \underline{I}''_{0kAP} \cdot \underline{Z}_{0\alpha} - \frac{\underline{I}''_{k1pKS}}{3} \cdot \underline{Z}_{0\gamma} = 0$$

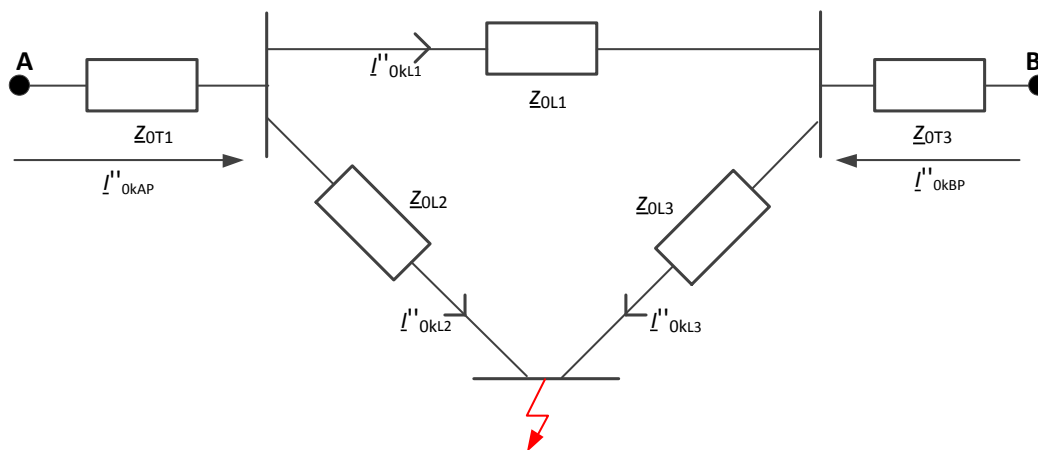
$$\underline{I}''_{0kL2} = \frac{\underline{I}''_{0kAP} \cdot \underline{Z}_{0\alpha} + \frac{\underline{I}''_{k1pKS}}{3} \cdot \underline{Z}_{0\gamma}}{\underline{Z}_{0L2}} = (0,990 + j0,086) \text{ kA}$$

Za tretjo zanko lahko zapišemo naslednji enačbi:

$$-I''_{0kL3} \cdot Z_{0L3} + I''_{0kBP} \cdot Z_{0\beta} + \frac{I''_{k1pKS}}{3} \cdot Z_{0\gamma} = 0$$

$$I''_{0kL3} = \frac{I''_{0kBP} \cdot Z_{0\beta} + \frac{I''_{k1pKS}}{3} \cdot Z_{0\gamma}}{Z_{0L3}} = (0,304 - j0,086) \text{ kA}$$

Na sliki 34 je prikazana impedančna shema ničnega zaporedja z označenimi tokovi, ki tečejo preko elementov.



Slika 34 - Impedančna shema z označenimi tokovi

Nične komponenta toka posameznih elementov omrežja:

- Nične komponente kratkostičnega toka, ki teče preko transformatorjev

$$I''_{0kT1p} = I''_{0kAP}$$

$$I''_{0kT1s} = I''_{0kAP} \cdot p$$

$$I''_{0kT3p} = I''_{0kBP}$$

$$I''_{0kT3s} = I''_{0kBP} \cdot p$$

- Nična komponenta kratkostičnega toka, ki teče preko vodov:

$$I''_{0kL1} = I''_{0kL1}$$

$$I''_{0kL2} = I''_{0kL2}$$

$$I''_{0kL3} = I''_{0kL3}$$

Fazni tok pri 1-polnem kratkem stiku dobimo tako, da iz simetričnih komponent toka izračunamo fazne komponente ($\mathbf{I}_f = \mathbf{T} \times \mathbf{I}_s$).

❖ Tokovi preko transformatorjev:

$$I_{k_TR1_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kT1p}'' + I_{0kT1p}'' = 1,495 \text{ kA}$$

$$I_{k_TR1_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kT1p}'' + I_{0kT1p}'' = 0,525 \text{ kA}$$

$$I_{k_TR2_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kT2p}'' = 1,260 \text{ kA}$$

$$I_{k_TR2_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kT2p}'' = 0,630 \text{ kA}$$

$$I_{k_TR3_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kT3p}'' + I_{0kT3p}'' = 1,130 \text{ kA}$$

$$I_{k_TR3_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kT3p}'' + I_{0kT3p}'' = 0,124 \text{ kA}$$

❖ Tokovi preko vodov:

$$I_{k_L1_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kL1}'' + I_{0kL1}'' = 0,376 \text{ kA}$$

$$I_{k_L1_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kL1}'' + I_{0kL1}'' = 0,049 \text{ kA}$$

$$I_{k_L2_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kL2}'' + I_{0kL2}'' = 1,861 \text{ kA}$$

$$I_{k_L2_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kL2}'' + I_{0kL2}'' = 0,561 \text{ kA}$$

$$I_{k_L3_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kL3}'' + I_{0kL3}'' = 0,769 \text{ kA}$$

$$I_{k_L3_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kL3}'' + I_{0kL3}'' = 0,125 \text{ kA}$$

$$I_{k_L3_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1kL3}'' = 1,260 \text{ kA}$$

$$I_{k_L3_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1kL3}'' = 0,630 \text{ kA}$$

❖ Tokovi preko generatorjev in toge mreže:

$$I_{k_Gen1_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1k_Gen1}'' = 7,114 \text{ kA}$$

$$I_{k_Gen1_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1k_Gen1}'' = 3,557 \text{ kA}$$

$$I_{k_Gen2_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1k_Gen2}'' = 13,860 \text{ kA}$$

$$I_{k_Gen2_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1k_Gen2}'' = 6,930 \text{ kA}$$

$$I_{k_TM_1pKS_A}'' = 2 \cdot I_{1k_TM}'' = 1,260 \text{ kA}$$

$$I_{k_TM_1pKS_BC}'' = (a + a^2) \cdot I_{1k_TM}'' = 0,630 \text{ kA}$$

4 Izračun kratkega stika s simulacijskim programom DigSILENT PowerFactory

V tem poglavju so podani podatki, ki jih je potrebno za obravnavano vezje vnesti v simulacijski program DigSILENT PowerFactory.

4.1 Modeliranje generatorja

Generator modeliramo kot napetostni vir. Podatke, ki jih je potrebno vnesti so podani v tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti podatkov za vnos v DigSILENT - generatorja

Podatek	GEN1	GEN2
X_1 / Ω	0,149	0,105
X_2 / Ω	0,149	0,105
X_0 / Ω	/	/
U_n / kV	10	10

4.2 Modeliranje transformatorja

Najprej izračunamo vrednosti, ki so potrebne za vnos v simulacijski program.

- Transformator 1

$$u_k = \sqrt{u_r^2 + u_x^2} = \sqrt{10^2 + 0,6^2} = 10,02 \%$$

$$u_{kr0} = u_r \cdot \frac{Z_0}{Z_1} = 0,6 \cdot 1,2 = 0,72 \%$$

$$u_{x0} = u_x \cdot \frac{Z_0}{Z_1} = 10 \cdot 1,2 = 12 \%$$

$$u_{k0} = \sqrt{u_{kr0}^2 + u_{x0}^2} = \sqrt{0,72^2 + 12^2} = 12,02 \%$$

- Transformator 2

$$u_k = \sqrt{u_r^2 + u_x^2} = \sqrt{11,5^2 + 0,5^2} = 11,51 \%$$

- Transformator 3

$$u_k = \sqrt{u_r^2 + u_x^2} = \sqrt{10^2 + 0,6^2} = 10,02 \%$$

$$u_{kr0} = u_r \cdot \frac{Z_0}{Z_1} = 0,6 \cdot 2,4 = 1,44 \%$$

$$u_{x0} = u_x \cdot \frac{Z_0}{Z_1} = 10 \cdot 2,4 = 24 \%$$

$$u_{k0} = \sqrt{u_{kr0}^2 + u_{x0}^2} = \sqrt{1,44^2 + 24^2} = 24,04 \%$$

Podatki, ki se vnesejo v program DigSILENT so zbrani v tabeli 2.

Tabela 2. Vrednosti podatkov za vnos v DigSILENT - transformatorji

Podatek	TR1	TR2	TR3
S_n / MVA	40	100	60
U_1/U_2	110 / 10	110 / 10	110 / 60
u_k / %	10,02	11,51	10,02
$Re(u_k)$ / %	0,6	0,5	0,6
u_{k0} / %	12,02	/	24,04
u_{kr0} / %	0,72	/	1,44
vezava	YNy	Yy	YNy
Mag. impedance/ uk0	0,03	100	0,03
Distr. of Z0	/	HV=1	/

4.3 Modeliranje toge mreže

Pri togi mreži vnesemo le kratkostično moč in R/X razmerje. Podatki so podani v tabeli 3.

Tabela 3. Vrednosti podatkov za vnos v DigSILENT – toga mreža

Podatek	TM
S_k / MVA	1000
R/X ratio	0,1

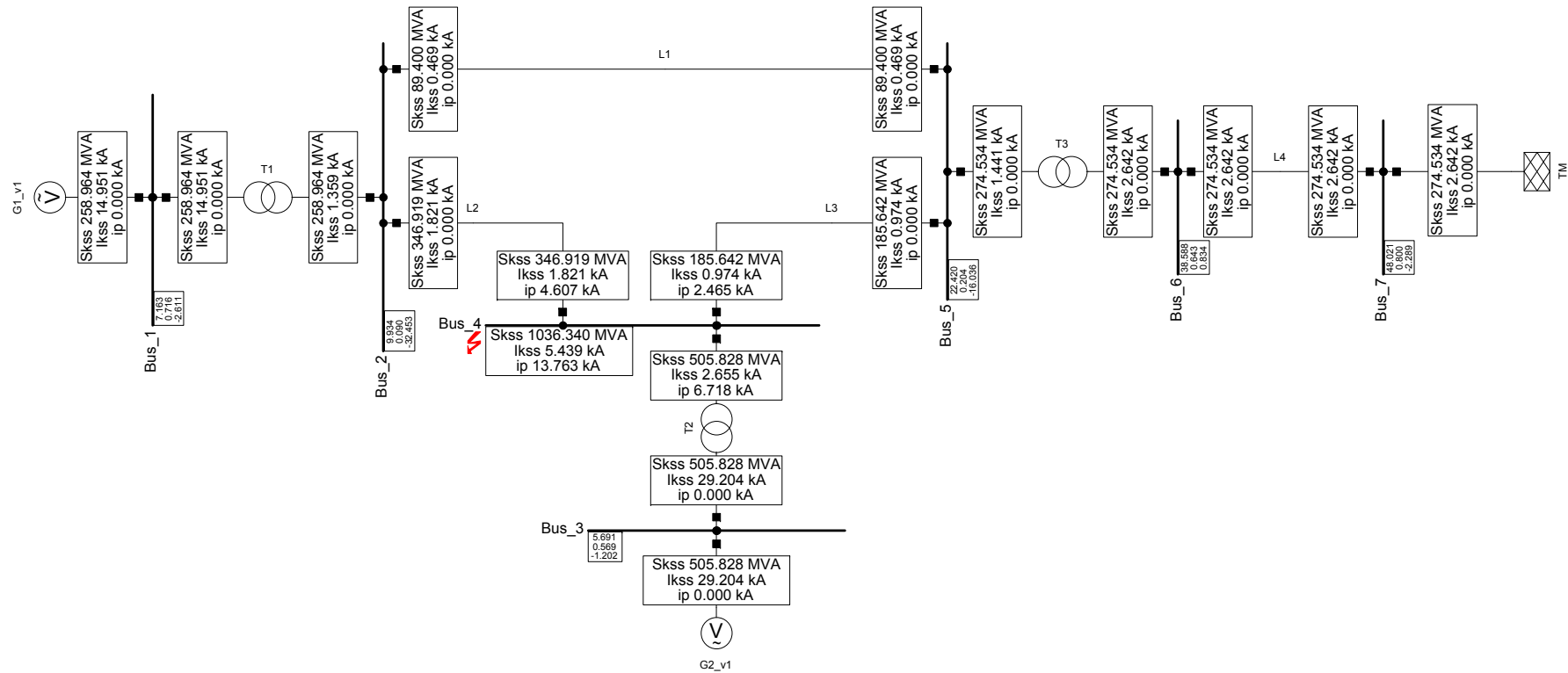
4.4 Modeliranje vodov

Podatke, ki jih je potrebno vnesti so podani v tabeli 4.

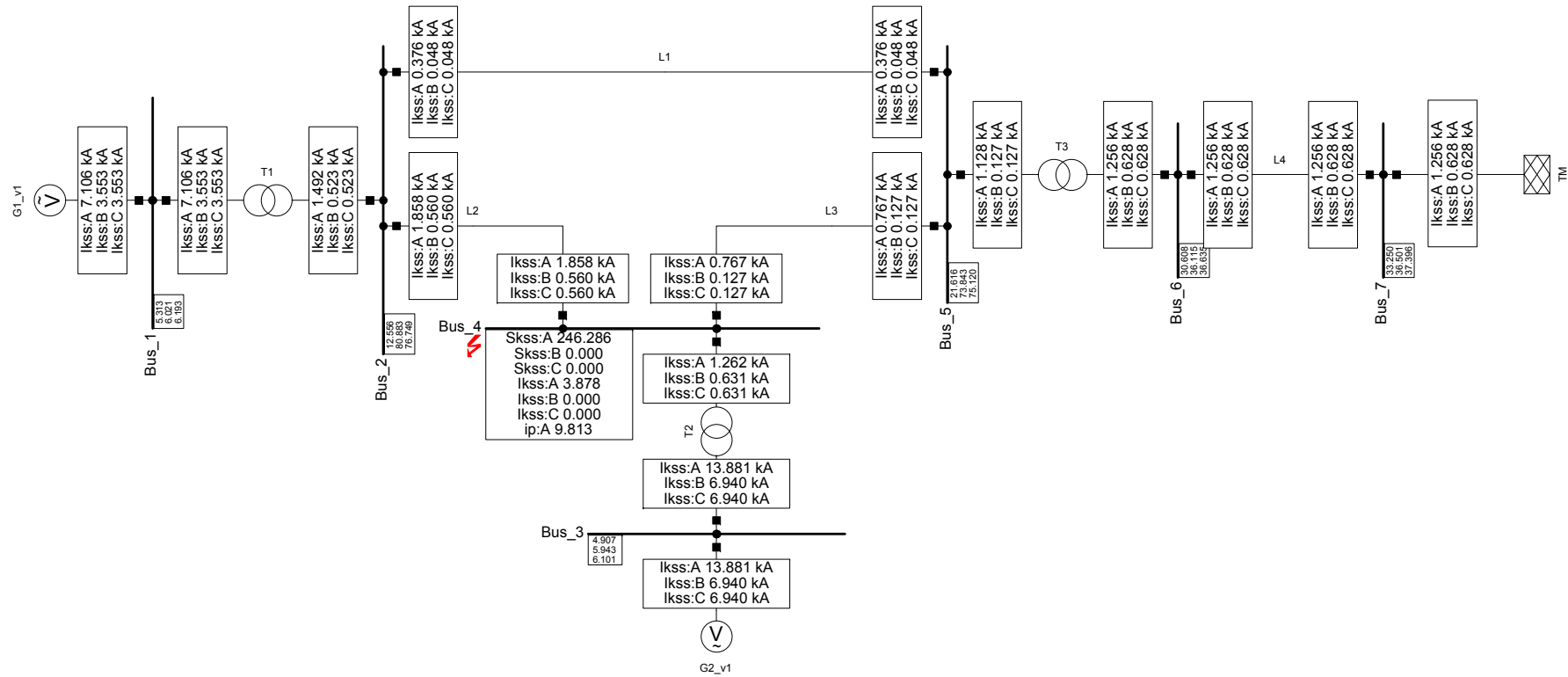
Tabela 4. Vrednosti podatkov za vnos v DigSILENT – vodi

Podatek	VOD1	VOD2	VOD3	VOD4
U_n / kV	110	110	110	60
Tip	OHL	Cable	OHL	OHL
R / Ω /km	0,15	0,17	0,19	0,19
X / Ω /km	0,4	0,2	0,4	0,38
R_0 / Ω /km	0,3	0,79	0,34	0,32
X_0 / Ω /km	1,6	0,3	1,6	1,4
L / km	38	12	30	10

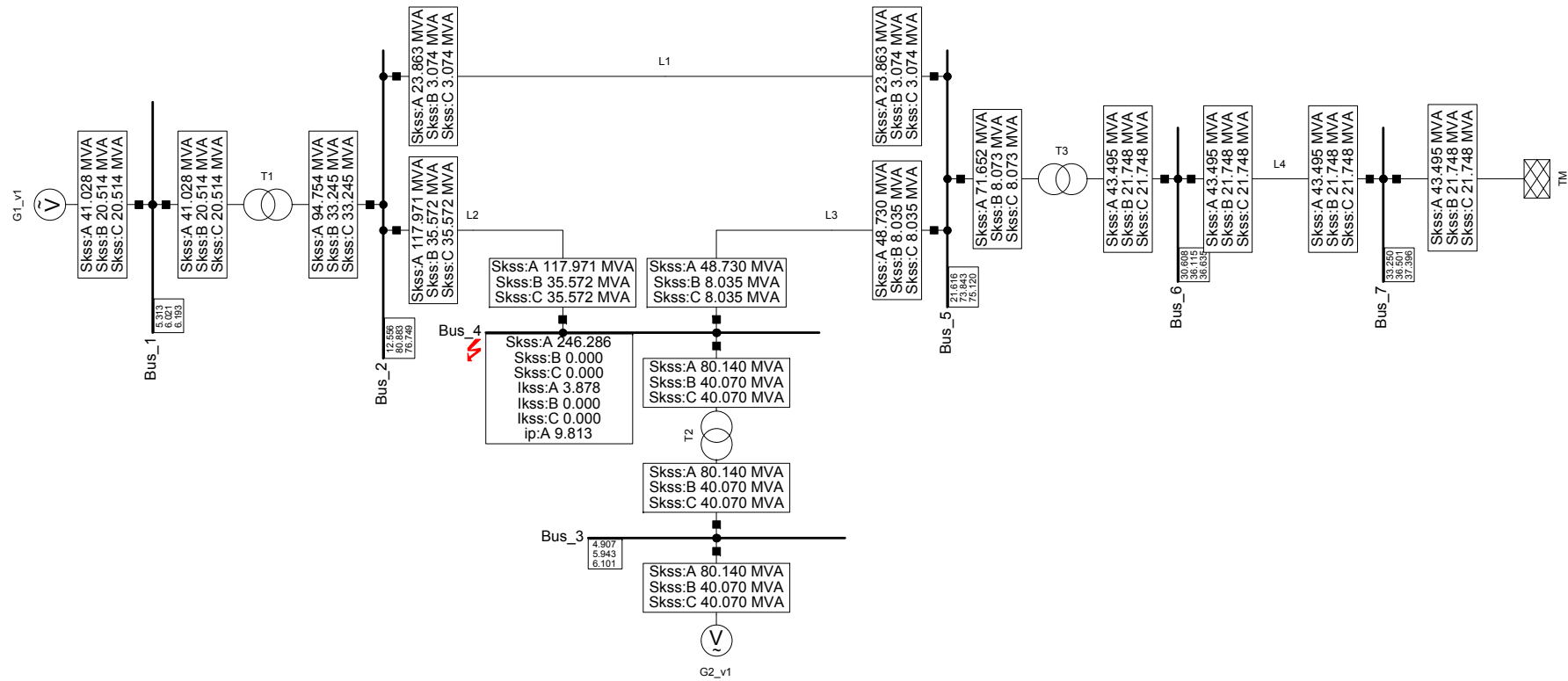
4.5 Rezultati v simulacijskem programu DigSILENT PowerFactory



Slika 35 – Kratkostični tokovi in moči pri tripolnem kratkem stiku



Slika 36 – Kratkostični tokovi pri enopolnem kratkem stiku



Slika 37 - Kratkostične moči pri enopolnem kratkem stiku

5 Primerjava rezultatov

V tem poglavju je podana primerjava rezultatov izračunov kratkega stika. Podana je primerjava tako kratkostičnih tokov kot tudi kratkostičnih moči.

Tabela 5 – Primerjava vrednosti kratkostičnih tokov za 3 - polen kratek stik

	Steglichova metoda	Simetrične komponente	DigSILENT PowerFactory
Element	I_k'' / kA	I_k'' / kA	I_k'' / kA
TR 1	1,453	1,346	1,359
TR 2	2,623	2,623	2,655
TR 3	1,563	1,431	1,441
Gen 1	15,983	14,807	14,951
Gen 2	28,853	28,848	29,204
Toga mreža	2,865	2,623	2,642
Vod 1	0,495	0,466	0,469
Vod 2	1,948	1,805	1,821
Vod 3	1,067	0,968	0,974
Vod 4	2,865	2,623	2,642
Mesto KS	5,639	5,386	5,439

Tabela 6 – Primerjava vrednosti kratkostičnih tokov za 1 – polen kratek stik

	Simetrične komponente			DigSILENT PowerFactory		
Element	I_{ka}'' / kA	I_{kb}'' / kA	I_{kc}'' / kA	I_{ka}'' / kA	I_{kb}'' / kA	I_{kc}'' / kA
TR 1	1,495	0,525	0,525	1,492	0,523	0,523
TR 2	1,260	0,630	0,630	1,262	0,631	0,631
TR 3	1,130	0,124	0,124	1,128	0,127	0,127
Gen 1	7,114	3,557	3,557	7,106	3,553	3,553
Gen 2	13,860	6,930	6,930	13,881	6,940	6,940
Toga mreža	1,260	0,630	0,630	1,256	0,628	0,628
Vod 1	0,376	0,049	0,049	0,376	0,048	0,048
Vod 2	1,861	0,561	0,561	1,858	0,560	0,560
Vod 3	0,709	0,125	0,125	0,767	0,127	0,127
Vod 4	1,260	0,630	0,630	1,256	0,628	0,628
Mesto KS	3,882	0	0	3,878	0	0

Tabela 7 - Primerjava vrednosti kratkostičnih moči za 3 - polen kratek stik

	Steglichova metoda	Simetrične komponente	DigSILENT PowerFactory
Element	S_k'' / MVA	S_k'' / MVA	S_k'' / MVA
TR 1	276,83	256,46	258,96
TR 2	499,75	499,67	505,83
TR 3	297,69	272,56	274,53
Gen 1	276,69	256,46	258,96
Gen 2	499,75	499,67	505,83
Toga mreža	297,69	272,56	274,53
Vod 1	94,37	88,69	89,40
Vod 2	371,20	343,90	346,92
Vod 3	203,32	184,34	185,64
Vod 4	297,69	272,56	274,53
Mesto KS	1074,3	1026,20	1036,34

Kot lahko opazimo je najbolj približen izračun s Steglich-ovo metodo. Rezultati izračunani s pomočjo simetričnih komponent in simulacijskega programa se bistveno ne razlikujejo.

Za dimenzioniranje elementov omrežja je pomembna predvsem vrednost kratkostičnega toka. Kratkostična moč je predvsem parameter, ki nam pove, kakšna je nadomestna impedanca omrežja na nekem priključnem mestu. Kratkostično moč je zato smiselno podajati predvsem za 3-polni kratek stik.