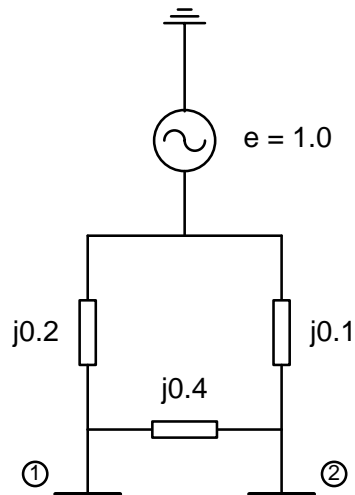


### Zadatak 6.

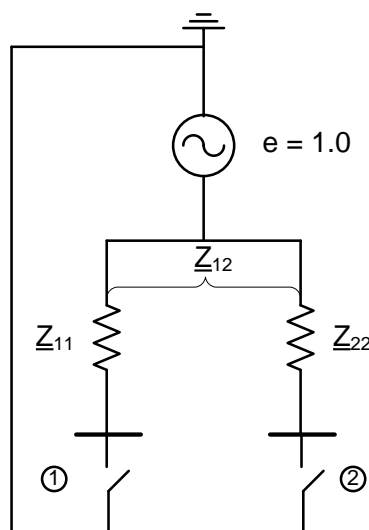
Za sistem čija je zamjenska šema data na slici sa parametrima u jediničnim vrijednostima, primjenom matrične metode odrediti struju trolepnog kratkog spoja za slučaj:

- a) kvara u čvoru 2,
- b) kvara u čvoru 1.



### Rješenje:

Kako se radi o trolepnom kratkom spoju, zamjensku šemu čini samo šema direktnog redosljeda, a to je u stvari zamjenska šema koja je data u zadatku. Prema definiciji matrične metode, prvi i najvažniji korak u rješavanju zadatka je formiranje grabljaste ekvivalentne šeme:



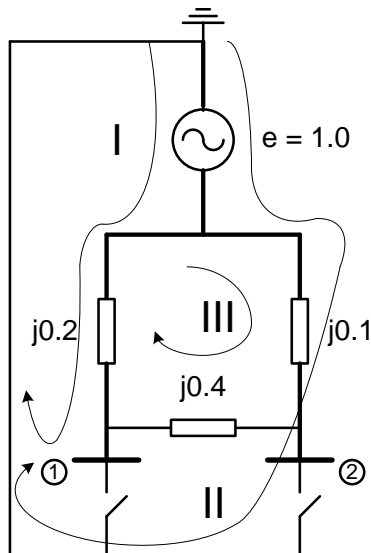
Određivanje parametara grabljaste šeme je moguće na dva načina. Prvi način podrazumijeva formiranje matrice admitansi čvorova  $Y_B$ :

$$Y_B = \begin{bmatrix} \underline{y}_{10} + \underline{y}_{12} & -\underline{y}_{12} \\ -\underline{y}_{12} & \underline{y}_{20} + \underline{y}_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{j0.2} + \frac{1}{j0.4} & -\frac{1}{j0.4} \\ -\frac{1}{j0.4} & \frac{1}{j0.1} + \frac{1}{j0.4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j7.5 & j2.5 \\ j2.5 & -j12.5 \end{bmatrix}$$

Matrica  $Z_B$  se tada određuje kao:

$$Z_B = Y_B^{-1} = \begin{bmatrix} j0.143 & j0.028 \\ j0.028 & j0.085 \end{bmatrix}$$

Drugi način za određivanje parametara grabljaste šeme je sljedeći:



Prvo se označi stablo grafa (kao na slici), zatim se obilježe sve konture vodeći računa da se prvo numerišu aktivne, a nakon njih pasivne konture. Koristeći matričnu jednačinu metoda struja nezavisnih kontura:

$$V_L = Z_L I_L$$

dolazi se do matričnog zapisa:

$$\begin{bmatrix} e \\ e \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} & \underline{Z}_{13} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} & \underline{Z}_{23} \\ \underline{Z}_{31} & \underline{Z}_{32} & \underline{Z}_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$$

Razbijanjem matrica na blokove kojima odgovaraju aktivne ( $x$ ) i pasivne ( $y$ ) konture dobija se matrična jednačina:

$$\begin{bmatrix} V_x \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 & Z_2 \\ Z_3 & Z_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix}$$

koja je u razvijenoj formi oblika:

$$\begin{aligned} V_x &= Z_1 I_x + Z_2 I_y \\ 0 &= Z_3 I_x + Z_4 I_y \end{aligned}$$

Iz druge relacije slijedi:

$$I_y = -Z_4^{-1} Z_3 I_x$$

pa prva relacija postaje:

$$V_x = (Z_1 - Z_2 Z_4^{-1} Z_3) I_x = Z_{KS} I_x$$

Lako je prepoznati da je matrica  $Z_{KS}$  u stvari ranije pominjana redukovana matrica impedansi  $Z_{red}$ , odnosno matrica  $Z_B$ . Nakon formiranja matrice kratkog spoja prelazi se na analizu raznih kratkih spojeva.

a) 3KS u čvoru 2

Posmatramo grabljastu šemu. Zatvaranjem prekidača u čvoru 2 simulira se 3KS u tom čvoru, zatvara se kontura preko impedanse  $\underline{Z}_{22}$  i protiče struja  $\underline{I}_{k2R(1)}$ . Ova struja je zapravo struja direktnog redosljeda faze R na mjestu kvara (u čvoru 2) i određuje se kao:

$$\underline{I}_{k2R(1)} = \frac{e}{\underline{Z}_{22}} = \frac{1}{j0.085} = -j17.5$$

dok je struja u čvoru 1 jednaka nuli.

U skladu sa definicijom trolnog kratkog spoja, struja direktnog redosljeda je istovremeno i ukupna struja kvara faze R  $\underline{I}_{k2R}$ . Struje faza S i T se određuju pomjeranjem za ugao od  $-120^\circ$  i  $120^\circ$ , respektivno.

b) 3KS u čvoru 1

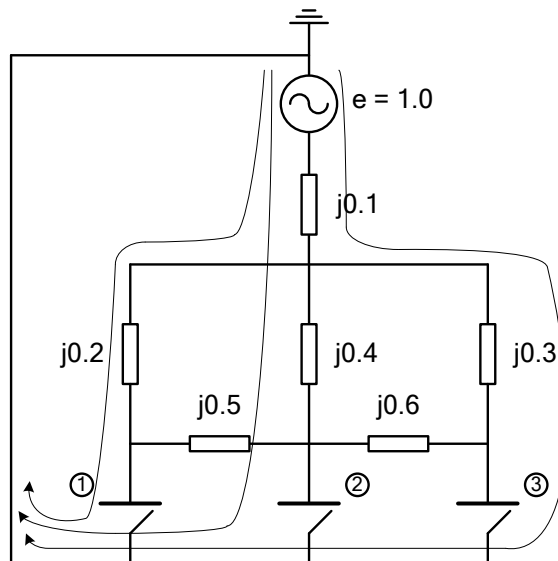
Analogno prethodnom, zatvara se prekidač u čvoru 1, nakon čega se struja kvara određuje kao:

$$\underline{I}_{k2R(1)} = \frac{e}{\underline{Z}_{11}} = \frac{1}{j0.143} = -j6.99$$

dok je struja u čvoru 2 jednaka nuli.

### Zadatak 7.

Za sistem dat na slici, matricnom metodom odrediti struju na mjestu kvara, struje po granama mreže i napone u čvorovima 2 i 3 u slučaju trofaznog kratkog spoja u čvoru 1.



### Rješenje:

Matrična jednačina sistema prema metodi struja nezavisnih kontura je oblika:

$$\begin{bmatrix} 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j0.3 & j0.1 & j0.1 & -j0.2 & 0 \\ j0.1 & j0.5 & j0.1 & j0.4 & -j0.4 \\ j0.1 & j0.1 & j0.4 & 0 & j0.3 \\ -j0.2 & j0.4 & 0 & j1.1 & -j0.4 \\ 0 & -j0.4 & j0.3 & -j0.4 & j1.3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix}$$

Razdvajanjem na blokove koji odgovaraju aktivnim i pasivnim konturama određuju se matrice:

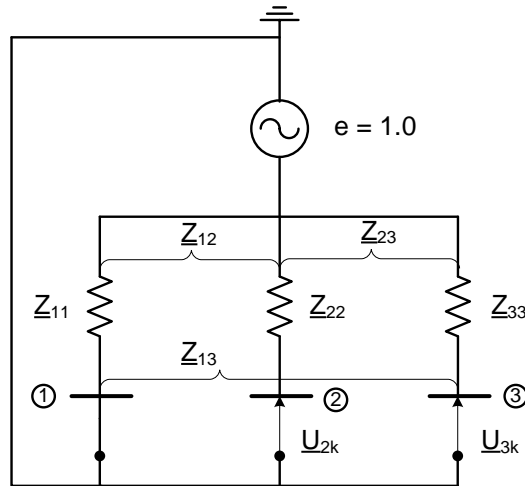
$$Z_1 = \begin{bmatrix} j0.3 & j0.1 & j0.1 \\ j0.1 & j0.5 & j0.1 \\ j0.1 & j0.1 & j0.4 \end{bmatrix} \quad Z_2 = \begin{bmatrix} -j0.2 & 0 \\ j0.4 & -j0.4 \\ 0 & j0.3 \end{bmatrix}$$

$$Z_3 = \begin{bmatrix} -j0.2 & j0.4 & 0 \\ 0 & -j0.4 & j0.3 \end{bmatrix} \quad Z_4 = \begin{bmatrix} j1.1 & -j0.4 \\ -j0.4 & j1.3 \end{bmatrix}$$

nakon čega je matrica kratkog spoja:

$$Z_{KS} = Z_1 - Z_2 Z_4^{-1} Z_3 = j \begin{bmatrix} 0.259 & 0.157 & 0.119 \\ 0.157 & 0.298 & 0.166 \\ 0.119 & 0.166 & 0.322 \end{bmatrix}$$

Grabljasta zamjenska šema sistema je tada oblika:



Kako se tropolni kratki spoj desio u čvoru 1, to je struja kvara:

$$\underline{i}_{k1R} = \underline{i}_{k1R(1)} = \frac{e}{Z_{11}} = \frac{1}{j0.259} = -j3.86$$

dok su struje čvorova 2 i 3 jednake nuli.

Naponi direktnog redosljeda čvorova su:

$$\begin{aligned} \underline{u}_{k1R(1)} &= 0 \\ \underline{u}_{k2R(1)} &= e - Z_{21}\underline{i}_{k1R(1)} = 1 - \frac{Z_{21}}{Z_{11}} = 0.394 \\ \underline{u}_{k3R(1)} &= 1 - \frac{Z_{31}}{Z_{11}} = 0.54 \end{aligned}$$

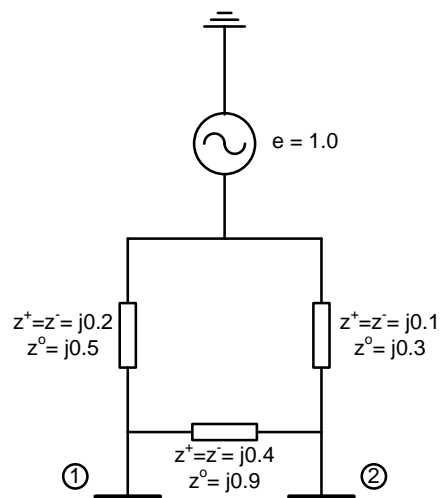
Ovi naponi su jednaki naponu faze R, dok su naponi faza S i T pomjereni za ugao od  $-120^\circ$  i  $120^\circ$ , respektivno.

Što se tiče raspodjele struja po granama, ako se generatorski čvor obilježi sa 4, struje su:

$$\begin{aligned} \underline{i}_{12} &= \frac{\underline{u}_{k1} - \underline{u}_{k2}}{Z_{12}} = \frac{0 - 0.394}{j0.5} = j0.788 \\ \underline{i}_{23} &= \frac{\underline{u}_{k2} - \underline{u}_{k3}}{Z_{23}} = \frac{0.394 - 0.54}{j0.6} = j0.24 \\ \underline{i}_{41} &= \underline{i}_1 + \underline{i}_{12} = -j3.073 \\ \underline{i}_{42} &= \underline{i}_{23} - \underline{i}_{12} = -j0.548 \\ \underline{i}_{43} &= -\underline{i}_{23} \end{aligned}$$

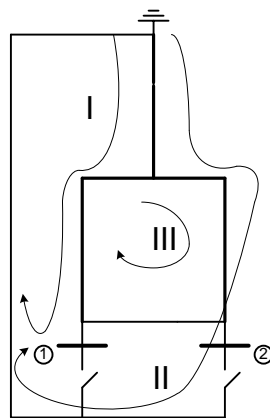
### Zadatak 8.

Za sistem čija je zamjenska šema sa parametrima data na slici odrediti struju kvara i napon u drugom čvoru u slučaju jednopolnog kratkog spoja u čvoru 1. Koristiti matričnu metodu.



### Rješenje:

Da bi se mogla formirati zamjenska šema u slučaju jednopolnog kratkog spoja u čvoru 1, neophodno je formirati zamjenske šeme direktnog, inverznog i nultog redosljeda. Graf mreže je:



Polazeći od matrične jednačine metode struja nezavisnih kontura  $V_L = Z_L I_L$  koja je za konkretnu mrežu oblika:

$$\begin{bmatrix} e \\ e \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} & \underline{Z}_{13} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} & \underline{Z}_{23} \\ \underline{Z}_{31} & \underline{Z}_{32} & \underline{Z}_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$$

određuju se matrice:

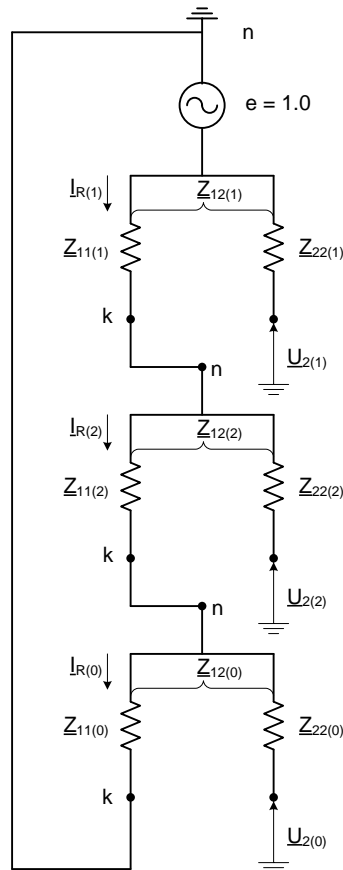
$$Z_{L(1)} = j \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & -0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.1 \\ -0.2 & 0.1 & 0.7 \end{bmatrix} \quad Z_{L(2)} = j \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & -0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.1 \\ -0.2 & 0.1 & 0.7 \end{bmatrix} \quad Z_{L(3)} = j \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & -0.5 \\ 0 & 0.3 & 0.3 \\ -0.5 & 0.3 & 1.7 \end{bmatrix}$$

nakon čega se matrice kratkog spoja direktnog, inverznog i nultog redosljeda određuju kao:

$$Z_{KS(1)} = Z_{KS(2)} = Z_{1(1)} - Z_{2(1)}Z_{4(1)}^{-1}Z_{3(1)} = j \begin{bmatrix} 0.143 & 0.029 \\ 0.029 & 0.086 \end{bmatrix}$$

$$Z_{KS(0)} = Z_{1(0)} - Z_{2(0)}Z_{4(0)}^{-1}Z_{3(0)} = j \begin{bmatrix} 0.353 & 0.088 \\ 0.088 & 0.247 \end{bmatrix}$$

Zamjenska šema sistema u slučaju jednopolnog kratkog spoja u čvoru 1 je tada:



dok se struja na mjestu kvara tada određuje kao:

$$\underline{I}_{R(1)} = \underline{I}_{R(2)} = \underline{I}_{R(0)} = \frac{1}{\underline{Z}_{11(1)} + \underline{Z}_{11(2)} + \underline{Z}_{11(0)}} = -j1.56$$

$$\underline{I}_R = 3\underline{I}_{R(1)} = -j4.68$$

Simetrične komponente napona u čvoru koji nije pogođen kvarom su tada:

$$\underline{U}_{2R(1)} = 1 - \underline{Z}_{12(1)}\underline{I}_{R(1)} = 0.956$$

$$\underline{U}_{2R(2)} = -\underline{Z}_{12(2)}\underline{I}_{R(2)} = -0.044$$

$$\underline{U}_{2R(0)} = -\underline{Z}_{12(0)}\underline{I}_{R(0)} = -0.137$$

dok je napon faze R istog čvora:

$$\underline{U}_{2R} = \underline{U}_{2R(1)} + \underline{U}_{2R(2)} + \underline{U}_{2R(0)} = 0.775$$