

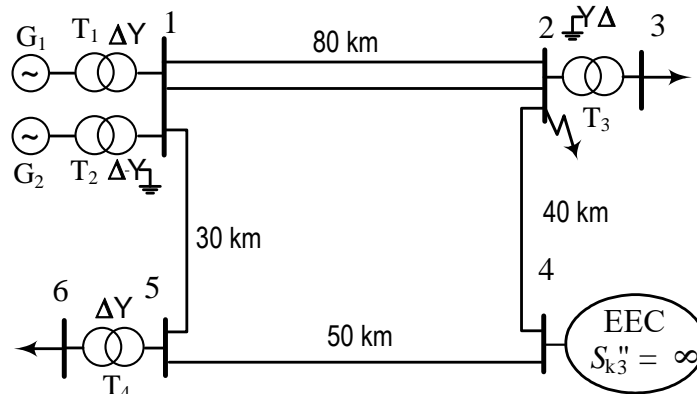
## ИСПИТ ПО ПРЕДМЕТОТ "ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ"

**Задача 1.** На сликата 1 е прикажана мрежа во која што сите водови имаат исти карактеристики и исти подолжни параметри  $x = 0,4 \Omega/\text{km}$  (за директен систем) и  $x_0 = 1,4 \Omega/\text{km}$  (за нулти систем). Должините на водовите се дадени на сликата. Мрежата е приклучена на ЕЕС со бесконечна моќност, а истовремено во неа работи и една електрична централа со два блока генератор - трансформатор.

Се разгледува режим на еднофазна куса врска во јазолот 2, во суптранзиентниот период. Пред настанувањето на кусата врска системот бил номинално оптоварен.

Останати податоци:  $G_1 = G_2: 100 \text{ MVA}; 15,75 \text{ kV}$   $x_d'' = x_i = 16\%; x_d' = 35\%;$

$T_1 \equiv T_2: 100 \text{ MVA}; 15,75/115,5 \text{ kV/kV}; u_k = 11\%; T_3 \equiv T_4: 50 \text{ MVA}; 110/10,5 \text{ kV/kV}; u_k = 12\%;$



Слика 1.

- а) Да се пресметаат импеданциите на елементите, да се нацртаат еквивалентните шеми за директен, инверзен и нулти систем и да се пресметаат еквивалентните импеданции на местото на куса врска.
- б) Да се пресметаат фазните струи на местото на куса врска, фазните струи низ гранките непосредно поврзани за јазолот со куса врска (1-2, 4-2 и 3-2), како и струјата низ заземјеното ѕвездиште на трансформаторот  $T_3$ .

**Задача 2.** За системот од сликата 1, разгледуван во режим без куса врска, познати се следните вредности на напоните:  $U_1 = 113 \text{ kV} = \text{const.}$ ,  $U_2 = 109 \text{ kV}$ ,  $U_3 = 9,5 \text{ kV}$  и  $U_4 = 115 \text{ kV} = \text{const.}$  Напоните на јазлите 1 и 4 се одржуваат на константни вредности. Потребно е да се определи:

- а) Колкава реактивна моќност треба да се инјектира во јазелот 3 за неговиот напон да се зголеми на  $10 \text{ kV}$ ?
- б) Со помош на преносните равенки за идеален вод, да се пресмета колку изнесува текот на активна моќност во гранката 4-2. Познато е дека напонот на јазелот 4 фазно предначни пред напонот на јазелот 2 за  $3^0$ . Водот 4-2 се третира како идеален и неговата карактеристична импеданција изнесува  $Z_C = 320 \Omega$ .

Време за работа: 120 мин.

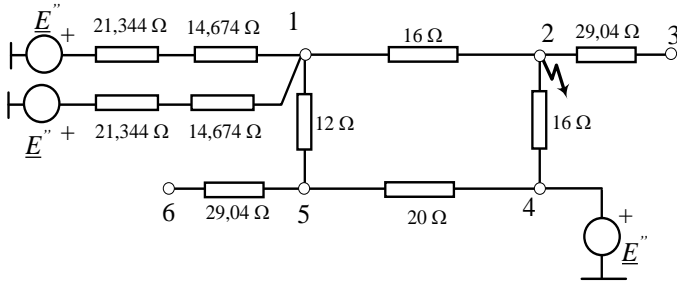
Поени: 1.а) 30% 1.б) 30% 2.а) 20% 2.б) 20%

**Решенија на задачите од писмениот испит по предметот  
ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ**

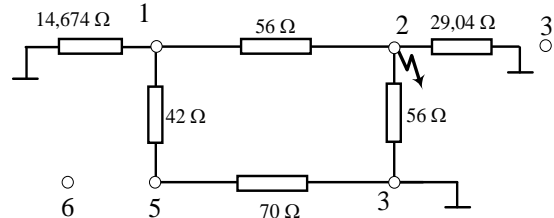
$$1. \text{ a) } X_d'' = \frac{x_d'' \% U_n^2}{100 S_n} \left( \frac{115,5}{15,75} \right)^2 = \frac{16}{100} \frac{15,75^2}{100} \left( \frac{115,5}{15,75} \right)^2 = 21,344 \Omega$$

$$X_{T1} = X_{T2} = \frac{u_k \% U_n^2}{100 S_n} = \frac{11}{100} \frac{115,5^2}{100} = 14,674 \Omega; \quad X_{T3} = X_{T4} = \frac{u_k \% U_n^2}{100 S_n} = \frac{12}{100} \frac{110^2}{50} = 29,04 \Omega$$

*директен и инверзен систем*



*нулти систем*

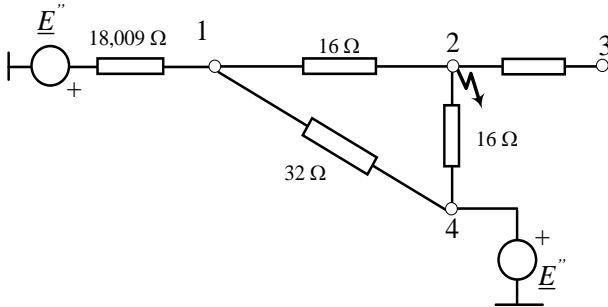


Еквивалентна реактанција на двата генератори + блок трансформатори:

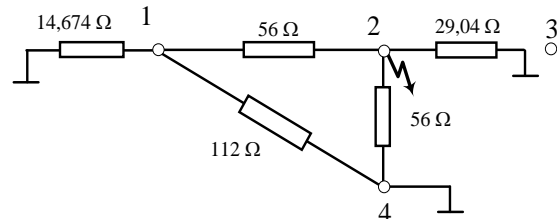
$$X_{GTd} = X_{GTi} = \frac{21,344 + 14,674}{2} = 18,009 \Omega; \quad X_{GT0} = X_{T2} = 14,674 \Omega$$

Еквивалентирање на мрежата:  $X_{1-4d \text{ екв}} = 20 + 12 = 32 \Omega$ ;  $X_{1-4o \text{ екв}} = 42 + 70 = 112 \Omega$

*директен и инверзен систем  
(еквиваленција на дел од мрежа)*



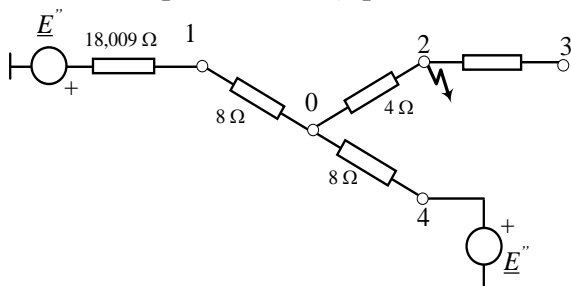
*нулти систем (еквиваленција на дел од мрежа)*



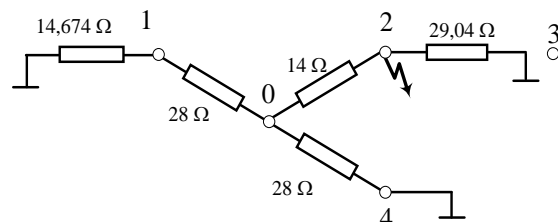
Претворање на триаголник во звезда:  $X_{1d} = X_{4d} = \frac{16 \cdot 32}{16 + 16 + 32} = 8 \Omega$ ;  $X_{2d} = \frac{16 \cdot 16}{16 + 16 + 32} = 4 \Omega$ ;

$$X_{1o} = X_{4o} = \frac{56 \cdot 112}{56 + 56 + 112} = 28 \Omega; \quad X_{2d} = \frac{56 \cdot 56}{56 + 56 + 112} = 14 \Omega$$

*директен и инверзен систем (триаголник во звезда)*



*нулти систем (триаголник во звезда)*



Еквивалентни реактанции за директен и инверзен систем:

$$X_{de} = X_{ie} = 4 + 8 \parallel (8 + 18,009) = 10,118 \Omega$$

Еквивалентни реактанции во нулти систем:

$$X_{oe} = 29,04 \parallel (14 + 28 \parallel (28 + 14,674)) = 14,972 \Omega$$

б) Симетрични компоненти на струи на местото на куса врска при еднофазна куса врска во 2:

$$\underline{I}_d = \underline{I}_i = \underline{I}_o = \frac{\underline{E}''}{j(X_{de} + X_{ie} + X_{oe})} = \frac{69,859}{j(2 \cdot 10,118 + 14,972)} = -j1,984 \text{ kA}$$

$$\underline{U}_d = \underline{Z}_k \underline{I}_d = j(X_{ie} + X_{oe}) \cdot \underline{I}_d = 49,779 \text{ kV}; \underline{U}_i = -\underline{Z}_i \underline{I}_d = -20,074 \text{ kV}; \underline{U}_o = -\underline{Z}_o \underline{I}_d = -29,704 \text{ kV}$$

Пресметка на симетричните компоненти на струите низ водовите:

$$\underline{I}_{4-2d} = \underline{I}_{4-2i} = \frac{\underline{E}'' - \underline{U}_d}{jX_{2-Kd}} = \frac{63,509 - 49,779}{j16} = -j1,255 \text{ kA}; \underline{I}_{3-2d} = \underline{I}_{3-2i} = 0$$

$\underline{I}_{1-2ekvd} = \underline{I}_{1-2ekvi} = \underline{I}_d - \underline{I}_{4-2d} = -j0,729 \text{ kA}$  - оваа струја ќе се подели на пола во двата паралелни водови.

$$\underline{I}_{4-2o} = \frac{0 - \underline{U}_o}{jX_{4-2o}} = \frac{-(-29,704)}{j56} = -j0,530 \text{ kA}; \underline{I}_{3-2o} = \frac{0 - \underline{U}_o}{jX_{3-2o}} = \frac{-(-29,704)}{j29,04} = -j1,023 \text{ kA}$$

$\underline{I}_{1-2ekvo} = \underline{I}_o - \underline{I}_{4-2o} - \underline{I}_{3-2o} = -j0,431 \text{ kA}$  - оваа струја ќе се подели на пола во двата паралелни водови.

Пресметка на фазните струи во водовите

$$\underline{I}_{4-2A} = \underline{I}_{4-2d} + \underline{I}_{4-2i} + \underline{I}_{4-2o} = -j3,040 \text{ kA}; \underline{I}_{4-2B} = \underline{I}_{4-2C} = -\underline{I}_{4-2d} + \underline{I}_{4-2o} = -j0,725 \text{ kA}$$

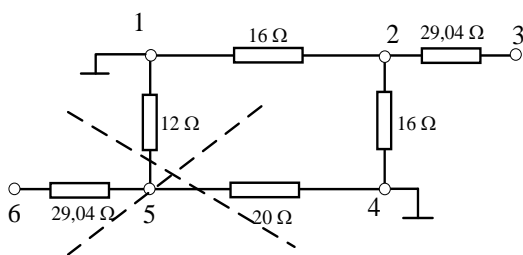
$$\underline{I}_{3-2A} = \underline{I}_{3-2B} = \underline{I}_{3-2C} = \underline{I}_{3-2o} = -j1,023 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{1-2A} = \underline{I}_{1-2d} + \underline{I}_{1-2i} + \underline{I}_{1-2o} = -j0,946 \text{ kA}; \underline{I}_{1-2B} = \underline{I}_{1-2C} = -\underline{I}_{1-2d} + \underline{I}_{4-2o} = j0,149 \text{ kA}$$

Струја низ заземјувач на трансформатор Т3:

$$I_{zT3} = 3 \cdot I_{3-2o} = 3 \cdot 1,023 = 3,069 \text{ kA}$$

2а) Еквивалентна шема на мрежата:



$$X_{33}^{110} = 16 \parallel 16 + 29,04 = 37,04 \Omega$$

$$X_{33}^{10} = X_{33}^{110} \cdot \left( \frac{10,5}{110} \right)^2 = 0,337 \Omega$$

$$Q_3 = \frac{U_3 \cdot \Delta U_3}{X_{33}^{10}} = \frac{9,5 \cdot 0,5}{0,337} = 14,095 \text{ Mvar}$$

2б)

$$\underline{U}_4 = 115 \cdot e^{j3^\circ} \text{ kV}; \underline{U}_2 = 109 e^{j0^\circ} = 109 \text{ kV};$$

$$\underline{U}_4 = \underline{U}_2 \cos \beta l + j\sqrt{3}Z_C I_2 \sin \beta l \Rightarrow I_2 = \frac{\underline{U}_4 - \underline{U}_2 \cos \beta l}{j\sqrt{3}Z_C \sin \beta l};$$

$$\beta l = 0,06 \cdot 40 = 2,4^\circ; I_2 = \frac{115 \cdot (\cos 3^\circ + j \sin 3^\circ) - 109 \cdot \cos 2,4^\circ}{j\sqrt{3} \cdot 320 \cdot \sin 2,4^\circ} = (0,259 - j0,256) \text{ kA};$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_{2a} = \sqrt{3} \cdot 109 \cdot 0,259 = 48,9 \text{ MW}$$