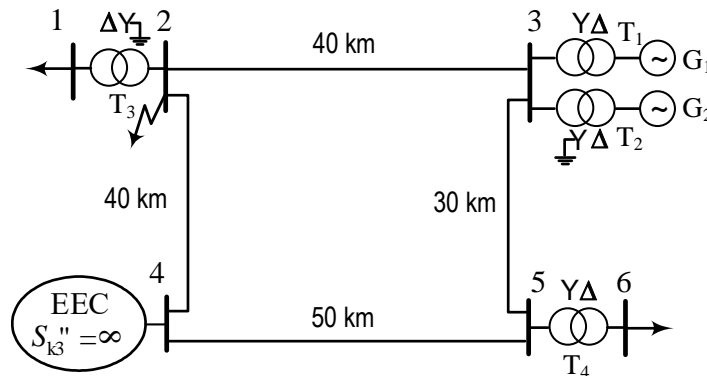


II колоквиум по предметот ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ

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 разгледуваат куси врски во суптранзиентниот период во јазолот 2. 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.

- Да се пресметаат импеданциите на елементите и да се нацртаат еквивалентните шеми за директен, инверзен и нулти систем.
- За трифазна куса врска во јазол 2 да се пресметаат фазните струи на местото на куса врска и фазните струи низ гранките непосредно поврзани за јазолот со куса врска (3-2, 4-2 и 1-2).
За еднофазна куса врска во јазол 2 да се пресметаат:
 - фазните струи на местото на куса врска и фазните струи низ гранките непосредно поврзани за јазолот со куса врска (1-2, 4-2 и 3-2);
 - струите кои ќе течат низ заземјените свездишта на трансформаторот T_3 и фазните напони во јазлите 2 и 1.

Задача 2. На сликата 2 е прикажана мрежа во која што се разгледува режим во кој генераторот G дава моќност во јазол 1 од $P_1 + jQ_1 = (80 + j20) \text{ MVA}$ при напон $U_1 = 115,5 \text{ kV}$, а напонот на крутата мрежа $U_2 = 110 \text{ kV} = \text{const}$. Во овој режим генераторот работи на карактеристика $P_1(\theta) = 205 \cdot \sin \theta \text{ MW}$ и аголот на ЕМС е $\theta_0 = 23^\circ$.

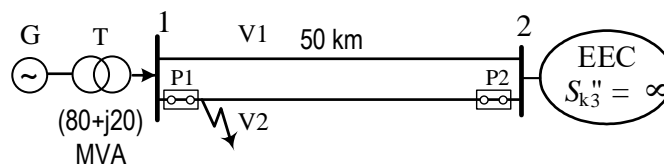
Во мрежата настанува трифазна куса врска во јазолот 1 после прекинувачот $P1$. Кусата врска трае одредено време, кога генераторот работи на карактеристика $P_2(\theta) = 0 \text{ MW}$. Потоа кусата врска се елиминира преку исклучување на водот $V2$.

По исклучувањето на кусата врска и водот $V2$ генераторот работи на карактеристика $P_3(\theta) = 180 \cdot \sin \theta \text{ MW}$.

Да се пресмета граничниот агол на исклучување на кусата врска θ_{ig} и граничното време на исклучување на кусата врска t_{ig} , за системот да биде стабилен.

Останати податоци: $G: 100 \text{ MVA}; 15,75 \text{ kV}$ $x_d'' = x_i = 16\%$; $x_d' = 35\%$; $T_J = 8 \text{ s}$,

$T: 100 \text{ MVA}; 15,75/115,5 \text{ kV/kV}; u_k = 11\%$; $V: x = 0,4 \Omega/\text{km}$



Слика 2.

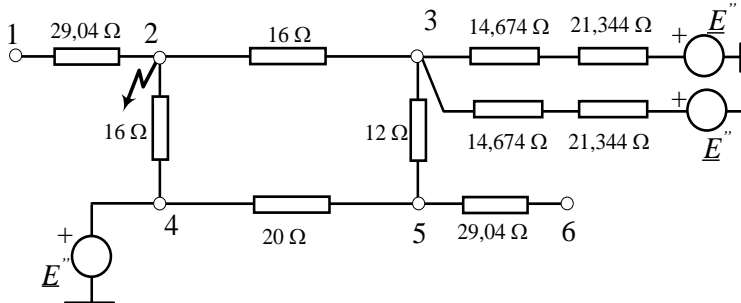
Време: 120 min. Поени: 1а) 20; 1б) 20; 1в) 20; 1г) 15; 2) 25.

Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ

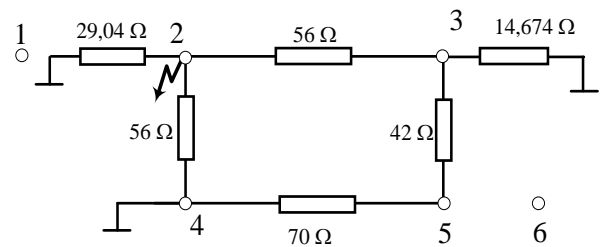
$$1. \text{ a) } X_d'' = \frac{x_d'' \% U_n^2}{100 S_n} \left(\frac{115,5}{15,75} \right)^2 = \frac{16}{100} \frac{15,75^2}{100} \left(\frac{115,5}{15,75} \right)^2 = 21,344 \Omega$$

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

директен и инверзен систем



нулти систем



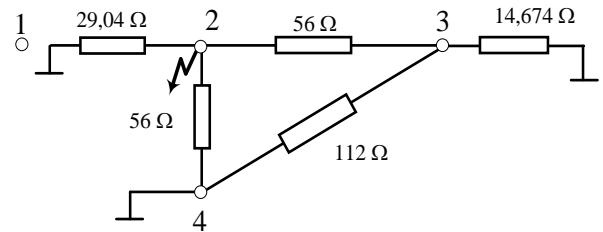
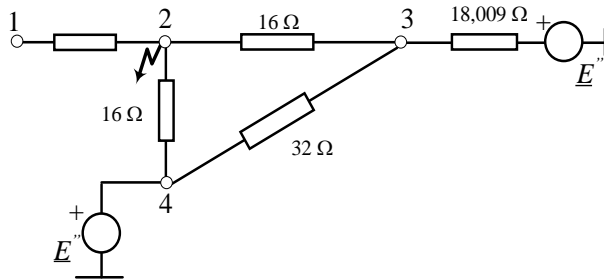
Еквивалентна реактанција на двата генератори + блок трансформатори:

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

Еквивалентирање на мрежата: $X_{1-4d_{ekv}} = 20 + 12 = 32 \Omega$; $X_{1-4o_{ekv}} = 42 + 70 = 112 \Omega$

директен и инверзен систем (еквиваленција на дел од мрежа)

нулти систем (еквиваленција на дел од мрежа)

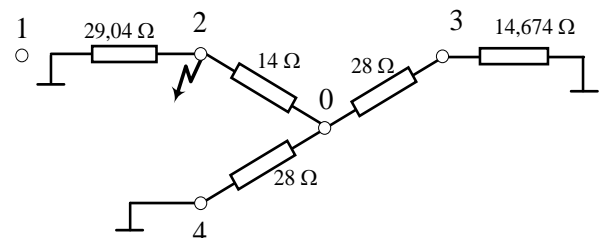
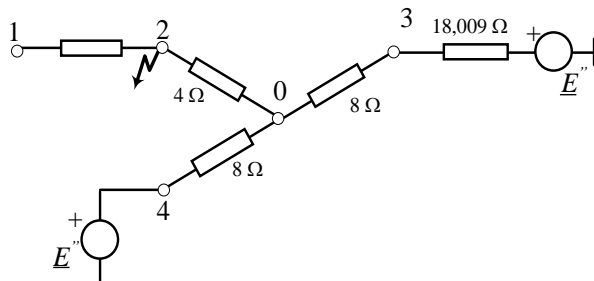


Претворање на триаголник во звезда: $X_{1d} = X_{4d} = \frac{16 \cdot 32}{16 + 16 + 32} = 8 \Omega$; $X_{2d} = \frac{16 \cdot 16}{16 + 16 + 32} = 4 \Omega$;

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

директен и инверзен систем (триаголник во звезда)

нулти систем (триаголник во звезда)



Еквивалентни реактанции за директен и инверзен систем:

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

Еквивалентни реактанции во нулти систем:

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

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

$$\underline{E}'' = \frac{1,1 \cdot U_n}{\sqrt{3}} = 69,859 \text{ kV} ; \underline{J}_d = \frac{\underline{E}''}{jX_{de}} = \frac{69,859}{j10,118} = -j6,904 \text{ kA}, \underline{J}_i = \underline{J}_o = 0$$

Симетрични компоненти на струи по водовите кон местото на куса врска:

$$\underline{I}_{4-2d} = \frac{\underline{E}'' - \underline{U}_d}{jX_{2-4}} = \frac{69,589 - 0}{j16} = -j4,336 \text{ kA}, \quad \underline{I}_{4-2i} = \underline{I}_{4-2o} = 0;$$

$$\underline{I}_{3-2dek} = \underline{J}_d - \underline{I}_{4-2d} = -j2,538 \text{ kA}, \quad \underline{I}_{3-2i} = \underline{I}_{3-2o} = 0,$$

Фазни струи:

$$\underline{J}_A = -j6,904 \text{ kA}; \quad \underline{J}_B = a^2 \cdot (-j6,904) \text{ kA}; \quad \underline{J}_C = a \cdot (-j6,904) \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{4-2A} = -j4,336 \text{ kA}; \quad \underline{I}_{4-2B} = a^2 \cdot (-j4,336) \text{ kA}; \quad \underline{I}_{4-2C} = a \cdot (-j4,336) \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{3-2A} = -j2,538 \text{ kA}; \quad \underline{I}_{3-2B} = a^2 \cdot (-j2,538) \text{ kA}; \quad \underline{I}_{3-2C} = a \cdot (-j2,538) \text{ kA}.$$

Низ трансформаторот 1-3 нема да тече струја.

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

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

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

Пресметка на симетричните компоненти на струите низ водовите:

$$\underline{I}_{4-2d} = \underline{I}_{4-2i} = \frac{\underline{E}'' - \underline{U}_d}{jX_{2-Kd}} = \frac{63,509 - 49,779}{j16} = -j1,255 \text{ kA}; \quad \underline{I}_{1-2d} = \underline{I}_{1-2i} = 0; \quad \underline{I}_{3-2ekvd} = \underline{I}_{3-2ekvi} = \underline{J}_d - \underline{I}_{4-2d} = -j0,729 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{4-2o} = \frac{0 - \underline{U}_o}{jX_{4-2o}} = \frac{-(-29,704)}{j56} = -j0,530 \text{ kA}; \quad \underline{I}_{1-2o} = \frac{0 - \underline{U}_o}{jX_{1-2o}} = \frac{-(-29,704)}{j29,04} = -j1,023 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{3-2o} = \underline{J}_o - \underline{I}_{4-2o} - \underline{I}_{1-2o} = -j0,431 \text{ kA}$$

Пресметка на фазните струи во водовите

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

$$\underline{I}_{1-2A} = \underline{I}_{1-2B} = \underline{I}_{1-2C} = \underline{I}_{1-2o} = -j1,023 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{3-2A} = \underline{I}_{3-2d} + \underline{I}_{3-2i} + \underline{I}_{3-2o} = -j1,889 \text{ kA}; \quad \underline{I}_{3-2B} = \underline{I}_{3-2C} = -\underline{I}_{3-2d} + \underline{I}_{3-2o} = j0,298 \text{ kA}$$

г) Фазни напони на местото на куса врска при еднофазна куса врска во 2:

$$\underline{U}_{2A} = \underline{U}_d + \underline{U}_i + \underline{U}_o = 0 \text{ kV}; \quad \underline{U}_{2B} = a^2 \cdot \underline{U}_d + a \cdot \underline{U}_i + \underline{U}_o = (-14,853 - j60,494) \text{ kV}$$

$$\underline{U}_{2C} = a \cdot \underline{U}_d + a^2 \cdot \underline{U}_i + \underline{U}_o = (-14,853 + j60,494) \text{ kV}; \quad U_{2B} = U_{2C} = 62,290 \text{ kV}$$

Фазни напони во јазол 1:

$$\underline{U}_{1A} = (\underline{U}_d + \underline{U}_i) \frac{10,5}{110} = 2,835 \text{ kV}; \quad \underline{U}_{1B} = (a^2 \cdot \underline{U}_d + a \cdot \underline{U}_i) \frac{10,5}{110} = () \text{ kV}$$

$$\underline{U}_{1C} = (a \cdot \underline{U}_d + a^2 \cdot \underline{U}_i) \frac{10,5}{110} = () \text{ kV}; \quad U_{1B} = U_{1C} = \text{ kV}$$

Струја низ заземјувач на трансформатор Т3:

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

2. Пресметка на карактеристики (карактеристиките се дадени во текстот на задачата и овој дел нема да треба да се пресметува на испитот)

Пресметка на ЕМС на генераторот:

$$X_d' = \frac{x_d' \% U_n^2}{100 S_n} \left(\frac{115,5}{15,75} \right)^2 = \frac{35}{100} \frac{15,75^2}{100} \left(\frac{115,5}{15,75} \right)^2 = 46,691 \Omega; \quad X_T = \frac{u_k \% U_n^2}{100 S_n} = \frac{11}{100} \frac{115,5^2}{100} = 14,674 \Omega$$

$$X_{GT} = X_d' + X_T = 61,365 \Omega; \quad \underline{U}_1 = 115,5 \cdot e^{j0} \text{ kV};$$

$$\underline{E}' = \underline{U}_1 + \frac{Q_1 \cdot X_{GT}}{\underline{U}_1} + j \frac{P_1 \cdot X_{GT}}{\underline{U}_1} = 126,126 + j42,504 = 133,095 \cdot e^{j18,6^\circ} \text{ kV};$$

Пресметка на карактеристиката пред настанување на кусата врска:

$$X_{\Sigma 1} = X_{GT} + X_V / 2 = 71,365 \Omega; \quad P_{M1} = \frac{E' \cdot U_2}{X_{\Sigma 1}} = \frac{133,095 \cdot 110}{71,365} = 205,15 \approx 205 \text{ MW};$$

$$P_o = 80 \text{ MW}; \theta_o = \arcsin \frac{P_o}{P_{M1}} = \arcsin \frac{80}{205,15} = 22,95^\circ \approx 23^\circ$$

Пресметка на карактеристика по исклучување на водот V2:

$$X_{\Sigma 3} = X_{GT} + X_V = 81,365 \Omega; P_{M3} = \frac{E' \cdot U_2}{X_{\Sigma 3}} = \frac{133,095 \cdot 110}{81,365} = 179,94 \approx 180 \text{ MW};$$

Правило на еднакви површини:

$$\theta_{kr} = 180 - \arcsin \frac{P_0}{P_{M3}} = 153,61^\circ; A^+ = P_0 (\theta_{ig} - \theta_0) = A^- = \int_{\theta_{ig}}^{\theta_{kr}} (P_{M3} \sin \theta - P_0) d\theta;$$

Пресметка на граничниот агол на исклучување на кусата врска:

$$\theta_{ig} = \arccos \left[\frac{P_0 (\theta_{kr} - \theta_0)}{P_{M3}} + \cos \theta_{kr} \right]; \theta_{ig} = \arccos \left[\frac{80 \cdot (153,61 - 23) \cdot \frac{\pi}{180}}{180} + \cos 153,61^\circ \right] = 83,26^\circ;$$

Пресметка на граничното време на исклучување на кусата врска:

$$M = \frac{S_n T_J}{\omega_0} = \frac{100 \cdot 8}{18000} = 0,04444 \text{ MW} \cdot \text{s}^2 / ^\circ; \theta(t) = \theta_0 + \frac{\Delta P}{M} \frac{t^2}{2} = \theta_{ig};$$

$$t_{ig} = \sqrt{\frac{2(\theta_{ig} - \theta_0) \cdot M}{\Delta P}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (83,26 - 23) \cdot 0,04444}{80}} = 0,26 \text{ s}.$$