

II колоквиум по предметот ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ

Задача 1. На сликата 1 е прикажана 110 kV мрежа во која сите водови имаат иста подолжна реактанција за директен систем $x = 0,4 \Omega/\text{km}$ и за нулти систем $x_0 = 1,2 \Omega/\text{km}$. Мрежата е приклучена на ЕЕС со бесконечна моќност, а во неа работи и една хидроцентрала во која има два идентични блока генератор-трансформатор од по 40 MVA. Да се определи:

- Струјата на трифазна куса врска кај јазелот С во субтранзиентен период, напонот на јазелот В, како и струите во генераторите и во гранките А – С и В – С;
- Струјата на еднофазна куса врска кај јазелот С во субтранзиентен период, и струите во високонапонските намотки на трансформаторите;
- Бонус:* Да се формира матрицата на адмитанции на јазлите за директен систем за суптранзиентен период и со неа да се пресмета струјата на трифазна куса врска кај јазелот С и напонот на јазелот В. Колку изнесува струјата на трифазна куса врска кај јазелот В?

Податоци за трансформаторите и генераторите:

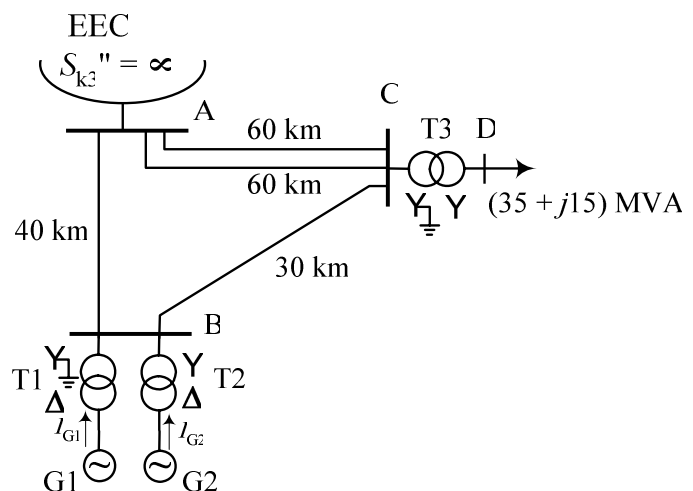
$$T1 = T2 = T3:$$

$$40 \text{ MVA}; 115,5/10,5 \text{ kV/kV}; u_k = 11\%;$$

спрегите на трансформаторите се прикажани на сликата;

$$G1 = G2: 40 \text{ MVA}; 10,5 \text{ kV}; \cos \varphi_n = 0,8;$$

$$x_d'' = x_i = 20\%; x_d' = 30\%; x_d = 150\%;$$

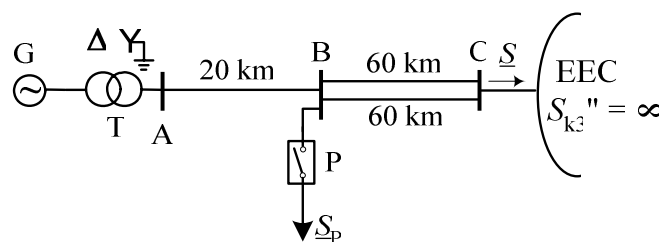


Слика 1.

Задача 2. На сликата 2 е прикажана една 110 kV преносна мрежа во која напонот на собирниците С (ЕЕС со бесконечна моќност) се одржува на константна вредност $U_C = 112 \text{ kV}$. Од мрежата во ЕЕС се инјектира моќност $\underline{S} = (40 + j12,2) \text{ MVA}$, а постои и потрошувач со моќност $\underline{S}_p = (121 + j0) \text{ MVA}$ кој преку прекинувачот Р може да се вклучи во мрежата. Должините на водовите во мрежата се прикажани на сликата, а нивната надолжна реактанција изнесува $x = 0,4 \Omega/\text{km}$. Потребно е да се определи:

- Агловата карактеристика на моќност на генераторот G во случајот кога прекинувачот Р е отворен. Дали во тој случај генераторот е статички стабилен? Зошто?;
- Агловата карактеристика на моќност на генераторот G во случајот кога прекинувачот Р ќе се затвори (да се смета дека електромоторната сила на генераторот нема да се промени од вредноста во случајот под а). Колкава електрична моќност ќе оддава генераторот во мрежата во првиот момент по затворањето на прекинувачот?

Податоците за трансформаторот и генераторот се исти како во задачата 1.

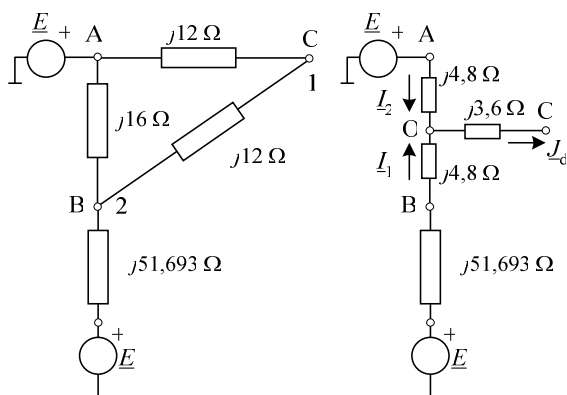


Слика 2.

**Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ, одржан на 27.1.2007**

Задача 1.

$$a) X_T = \frac{11 \cdot 115,5^2}{100 \cdot 40} = 36,686 \Omega; X_G'' = \frac{20 \cdot 10,5^2}{100 \cdot 40} \left(\frac{115,5}{10,5} \right)^2 = 66,701 \Omega; X_{TG} = \frac{X_T + X_G''}{2} = 51,693 \Omega$$



$$X_d = 3,6 + 4,8 \Pi (4,8 + 51,693) = 8,024 \Omega;$$

$$\underline{J}_d = \frac{\underline{E}}{jX_d} = \frac{110/\sqrt{3}}{j8,024} = -j7,915 \text{ kA}; \underline{U}_C = 0;$$

$$\underline{I}_1 = \underline{J}_d \cdot \frac{4,8}{4,8 + 4,8 + 51,693} = -j0,620 \text{ kA}$$

$$\underline{U}_O = \underline{U}_C + j3,6 \cdot \underline{J}_d = 0 + j3,6 \cdot (-j7,915) = 28,493 \text{ kV}$$

$$\underline{U}_B = \underline{U}_O + j4,8 \cdot \underline{I}_1 = 28,493 + j4,8 \cdot (-j0,620) = 31,468 \text{ kV}$$

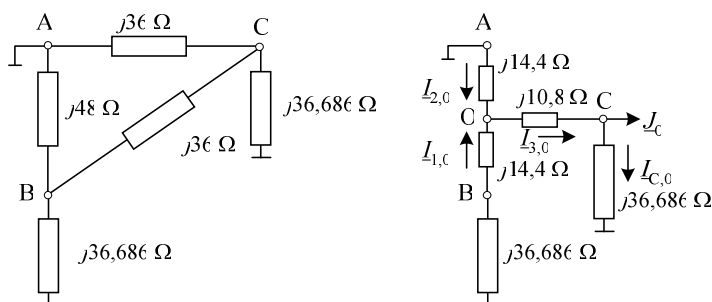
$$\underline{I}_{G1} = \underline{I}_{G2} = \frac{\underline{I}_1}{2} = -j0,310 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{G1}' = \underline{I}_{G2}' = -j0,310 \cdot \frac{115,5}{10,5} = -j3,410 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{A-C} = \frac{\underline{E} - \underline{U}_C}{jX_{A-C}} = \frac{110/\sqrt{3} - 0}{j12} = -j5,292 \text{ kA}$$

$$\underline{I}_{B-C} = \frac{\underline{U}_B - \underline{U}_C}{jX_{B-C}} = \frac{31,468}{j12} = -j2,622 \text{ kA}$$

$$b) X_0 = 36,686 \Pi [10,8 + 14,4 \Pi (14,4 + 36,686)] = 13,766 \Omega; X_k = X_i + X_0 = 8,024 + 13,766 = 21,790 \Omega;$$



$$\underline{J}_d = \frac{\underline{E}}{j(X_d + X_k)} = \frac{110/\sqrt{3}}{j(8,024 + 21,79)} = -j2,130 \text{ kA};$$

$$\underline{J}_0 = \underline{J}_i = \underline{J}_d = -j2,130 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{1,d} = \underline{J}_d \cdot \frac{4,8}{4,8 + 4,8 + 51,693} = -j0,167 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{C,0} = \frac{\underline{U}_{C,0}}{j36,686} = \frac{-29,322}{j36,686} = j0,799 \text{ kA};$$

$$\underline{U}_{C,0} = -\underline{J}_0 \cdot jX_0 = j2,130 \cdot j13,766 = -29,322 \text{ kV}$$

$$\underline{I}_{3,0} = \underline{J}_0 + \underline{I}_{C,0} = -j2,130 + j0,799 = 1,331 \text{ kA} \quad \underline{I}_{1,0} = \underline{I}_{3,0} \cdot \frac{14,4}{14,4 + 14,4 + 36,686} = -j0,293 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{T1,d} = \underline{I}_{T1,i} = \frac{\underline{I}_{1,d}}{2} = -j0,084 \text{ kA}; \underline{I}_{T1,0} = \underline{I}_{1,0} = -j0,293 \text{ kA}; \underline{I}_{T1,A} = 2 \cdot \underline{I}_{T1,d} + \underline{I}_{T1,0} = -j0,461 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{T1,B} = \underline{I}_{T1,0} + a^2 \underline{I}_{T1,d} + a \underline{I}_{T1,i} = \underline{I}_{T1,0} + (a^2 + a) \underline{I}_{T1,d} = \underline{I}_{T1,0} - \underline{I}_{T1,d} = -j0,209 \text{ kA} = \underline{I}_{T1,C};$$

$$\underline{I}_{T2,d} = \underline{I}_{T2,i} = \frac{\underline{I}_{1,d}}{2} = -j0,084 \text{ kA}; \underline{I}_{T2,0} = 0; \underline{I}_{T2,A} = 2 \cdot \underline{I}_{T2,d} + \underline{I}_{T2,0} = -j0,168 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{T2,B} = \underline{I}_{T2,0} - \underline{I}_{T2,d} = j0,084 \text{ kA} = \underline{I}_{T1,C};$$

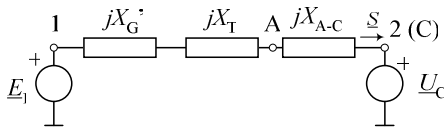
b)

$$\underline{Y} = -j \begin{bmatrix} \frac{2}{12} & -\frac{1}{12} \\ -\frac{1}{12} & \frac{1}{12} + \frac{1}{16} + \frac{1}{51,693} \end{bmatrix} = -j \begin{bmatrix} 0,16667 & -0,08333 \\ -0,08333 & 0,16518 \end{bmatrix} \text{ S}; \underline{Z} = \underline{Y}^{-1} = j \begin{bmatrix} 8,024 & 4,048 \\ 4,048 & 8,096 \end{bmatrix} \Omega;$$

$$\underline{U}_2 = \underline{E} - \underline{Z}_{21} \cdot \underline{J}_{d1} = 110/\sqrt{3} - j4,084 \cdot (-j7,915) = 31,184 \text{ kV}; \underline{J}_{d2} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_{22}} = \frac{110/\sqrt{3}}{j8,096} = -j7,844 \text{ kA}.$$

Задача 2.

$$a) X_G' = \frac{30}{100} \frac{10,5^2}{40} \left(\frac{115,5}{10,5} \right)^2 = 100,052 \, \Omega; \quad X_{A-C} = 0,4 \cdot \left(\frac{60}{2} + 20 \right) = 20 \, \Omega; \quad X_\Sigma = X_G' + X_T + X_{A-C} = 156,738 \, \Omega;$$



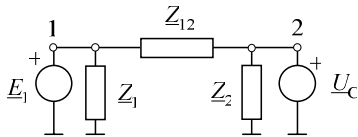
$$\underline{E}_1 = \underline{U}_C + \sqrt{3} \cdot jX_\Sigma \cdot \underline{I} = \underline{U}_C + \sqrt{3} \cdot jX_\Sigma \cdot \frac{\underline{S}^*}{\sqrt{3}\underline{U}_C} = \underline{U}_C + jX_\Sigma \cdot \frac{\underline{S}^*}{\underline{U}_C};$$

$$\underline{E}_1 = 112 + j156,738 \cdot \frac{40 - j12,2}{112} = (129,073 + j55,978) \text{ kV};$$

$$E_1 = \sqrt{129,073^2 + 55,978^2} = 140,689 \text{ kV}; \quad \theta = \arctg\left(\frac{55,978}{129,073}\right) = 23,4^\circ; \quad -90^\circ < \theta < 90^\circ \Rightarrow \text{генераторот е стабилен};$$

$$P_1(\theta) = \frac{E_1 \cdot U_C}{X_\Sigma} \sin \theta = \frac{140,689 \cdot 112}{156,738} \sin \theta = 100,532 \sin \theta.$$

$$b) Z_P = \frac{U_n^2}{S_P^*} = \frac{110^2}{121} = 100 \, \Omega;$$



$$Z_{12} = j144,738 + j12 + \frac{j144,738 \cdot j12}{100} = (-17,369 + j156,738) \, \Omega;$$

$$Z_1 = 100 + j144,738 + \frac{100 \cdot j144,738}{j12} = (1306,15 + j144,738) \, \Omega;$$

$$\underline{Y}_{11} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_{12}} = (5,789 \cdot 10^{-5} - j6,387 \cdot 10^{-3}) \text{ S} = 6,387 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-j89,5^\circ} \text{ S}; \quad \alpha_{11} = 90 - 89,5 = 0,5^\circ;$$

$$\underline{Y}_{12} = \frac{1}{Z_{12}} = (-6,984 \cdot 10^{-4} - j6,303 \cdot 10^{-3}) \text{ S} = 6,341 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-j96,3^\circ} \text{ S}; \quad \alpha_{12} = 90 - 96,3 = -6,3^\circ;$$

$$P_1(\theta) = E_1^2 \cdot Y_{11} \cdot \sin \alpha_{11} + E_1 \cdot U_C \cdot Y_{12} \cdot \sin(\theta - \alpha_{12});$$

$$P_1(\theta) = 140,689^2 \cdot 6,387 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 0,5^\circ + 140,689 \cdot 112 \cdot 6,341 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\theta + 6,3^\circ);$$

$$P_1(\theta) = 1,103 + 99,916 \sin(\theta + 6,3^\circ); \quad P_1(23,4^\circ) = 1,103 + 99,916 \sin(23,4^\circ + 6,3^\circ) = 50,607 \text{ MW}.$$