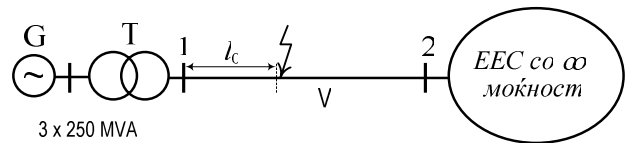


ИСПИТ ПО ПРЕДМЕТОТ ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ (III година)

Задача 1. На сликата е прикажан 400 kV преносен вод со должина $L = 180$ km кој поврзува ЕЕС со бесконечна моќност и една електрична централа. Во централата има три идентични, паралелно врзани блока генератор–трансформатор од по 250 MVA.



Сите трансформатори имаат спрега на соединување Y и притоа свездиштата на двата од нив се директно заземјени, додека третиот трансформатор работи со изолирани свездишта. За елементите од прикажаниот систем се познати следните параметри:

- Вод V : $L = 180$ km; $x = 0,33 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,70 \Omega/\text{km}$,

- Генератор G : 250 MVA; 15,75 kV; $x_d'' = x_i = 13\%$; $x_o = 8\%$; $x_d' = 30\%$; $x_d = 140\%$ – податоци за еден генератор

- Трансформатор T : 250 MVA; 15,75/400 kV/kV; $u_k = 12\%$ – податоци за 1 трансформатор.

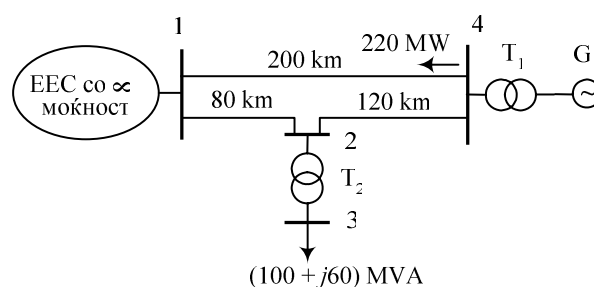
а) Се посматра режим на трифазна куса врска во субтранзиентниот период. Да се утврди локацијата l_0 на местото на кусата врска во однос на електричната централа, во која се постигнува условот струјата на грешка низ водот што доаѓа одлево да биде еднаква со струјата на грешка низ водот што доаѓа оддесно.

б) Се посматра режим на еднофазна куса врска во субтранзиентниот период. Кусата врска е настаната на далекуводот на растојание $l_0 = 50$ km од електричната централа. Да се пресмета струјата на куса врска на местото на кусата врска, како и струите во фазата A на далекуводот лево и десно од кусата врска.

Задача 2. На сликата е прикажан дел од ЕЕС чиј номинален напон е 400 kV. Сите водови на сликата се идеални и имаат иста надолжна реактанција $x = 0,32 \Omega/\text{km}$, односно имаат карактеристична импеданција $Z_C = 310 \Omega$ (должините на водовите се дадени на сликата). Генераторот G го одржува напонот на јазелот 4 на константна вредност која што изнесува $U_4 = 403,5$ kV. На почетокот од водот 4 – 1 тече чисто активна моќност со вредност 220 MW во насока кон јазелот 1 (како што е прикажано на сликата). Да се определат:

а) Ефективната вредност на напонот на јазелот 1;

б) За колку ќе се променат напоните на јазлите 2 и 3 ако во јазелот 3 се инјектира реактивната моќност со вредност од 60 Mvar? (при тоа да се смета дека и напонот на јазелот 1 е константен).

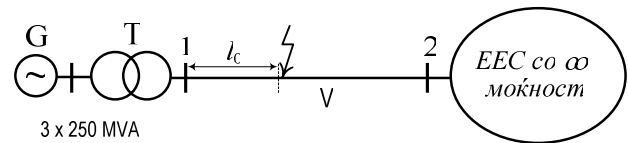


Податоци за трансформаторот T_2 : 250 MVA; 400/115,5 kV/kV; $u_k = 12\%$.

Време: 120 min. **Поени:** 1а) 20; 1б) 40; 2а) 20; 2б) 20.

ИСПИТ ПО ПРЕДМЕТОТ ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ (IV година)

Задача 1. На сликата е прикажан 400 kV преносен вод со должина $L = 180$ km кој поврзува ЕЕС со бесконечна моќност и една електрична централа. Во централата има три идентични, паралелно врзани блока генератор–трансформатор од по 250 MVA.



Сите трансформатори имаат спрега на соединување Y и притоа свездиштата на двата од нив се директно заземјени, додека третиот трансформатор работи со изолирани свездишта. За елементите од прикажаниот систем се познати следните параметри:

– Вод V : $L = 180$ km; $x = 0,33 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,70 \Omega/\text{km}$,

– Генератор G : 250 MVA; 15,75 kV; $x_d'' = x_i = 13\%$; $x_o = 8\%$; $x_d' = 30\%$; $x_d = 140\%$ – податоци за еден генератор

– Трансформатор T : 250 MVA; 15,75/400 kV/kV; $u_k = 12\%$ – податоци за 1 трансформатор.

а) Се посматра режим на трифазна куса врска во субтранзиентниот период. Да се утврди локацијата l_0 на местото на кусата врска во однос на електричната централа, во која се постигнува условот струјата на грешка низ водот што доаѓа одлево да биде еднаква со струјата на грешка низ водот што доаѓа оддесно.

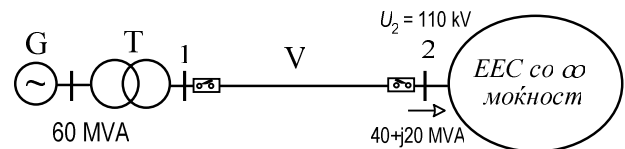
б) Се посматра режим на еднофазна куса врска во субтранзиентниот период. Кусата врска е настаната на далекуводот на растојание $l_0 = 50$ km од електричната централа. Да се пресмета струјата на куса врска на местото на кусата врска, како и струите во фазата A на далекуводот лево и десно од кусата врска.

Задача 2. На сликата е прикажан систем кој се состои од генератор G , трансформатор T , преносен вод V и ЕЕС со бесконечна моќност. Напонот на собирниците "2" при ЕЕС е константен, независно од режимот на работа на генераторот G и изнесува $U_2 = 110 \angle 0^\circ$ kV. Генераторот G работи во режим таков што моќноста што се одава во ЕЕС изнесува $S = (40 + j20)$ MVA. Познати се уште и следните податоци:

– Вод V : $L = 50$ km; $x = 0,4 \Omega/\text{km}$,

– Генератор G : 60 MVA; 10,5 kV; $x_d'' = x_i = 13\%$; $x_o = 8\%$; $x_d' = 30\%$; $x_d = 160\%$; $T_J = 6$ s,

– Трансформатор T : 60 MVA; 10,5/115 kV/kV; $u_k = 15\%$



Прекинувачите на почетокот и на крајот од преносниот вод V се снабдени со уред за трифазно АПВ со следните карактеристики: време на исклучување на грешката $t_{isk} = 0,12$ s; време на безнапонска пауза $t_{BP} = 0,12$ s. Се посматра состојба на трифазна куса врска настаната на водот V . Кусата врска трае вкупно $t_{isk} = 0,12$ секунди кога обата прекинувача ја исклучуваат, после што следи безнапонска пауза со вкупно времетраење $t_{BP} = 0,12$ s и повторно вклучување на обата прекинувача. Се смета дека кусата врска има минлив карактер и дека за време на безнапонската пауза доаѓа до нејзина елиминација. Потребно е:

а) да се утврди дали во дадените услови на работа системот е динамички стабилен;

б) доколку времето на безнапонската пауза на прекинувачите се зголеми на вредноста $t_{BP} = 0,24$ s, да се утврди колкаво треба да биде времето на залет на генераторот T_J за да биде системот динамички стабилен.

Време: 120 min.

Пoenи:

1a) 20;

1б) 40;

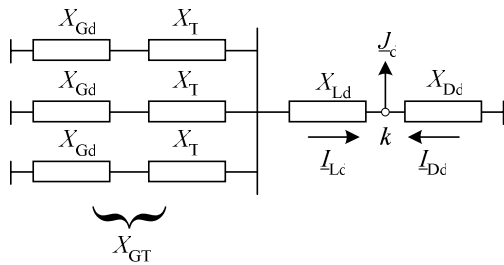
2a) 25;

2б) 15.

**Решенија на задачите писмениот испит по предметот
ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ (III ГОДИНА), одржан на 14.9.2007**

Задача 1.

$$a) X_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{12}{100} \cdot \frac{400^2}{250} = 76,8 \Omega; X_{Gd} = \frac{x_d''}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{13}{100} \cdot \frac{15,75^2}{250} \cdot \left(\frac{400}{15,75}\right)^2 = 83,2 \Omega$$



$$X_{GT} = \frac{X_{Gd} + X_T}{3} = 53,333 \Omega; X_{Ld} = 0,33l_0; X_{Dd} = 0,33(180 - l_0);$$

$$X_{eL} = X_{GT} + X_{Ld}; X_{eD} = X_{Dd}; \text{услов } X_{eL} = X_{eD}$$

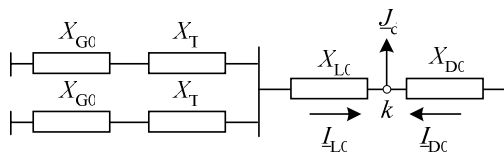
$$53,333 + 0,33l_0 = 0,33(180 - l_0)$$

$$0,66l_0 = 0,33 \cdot 180 - 53,333$$

$$l_0 = 9,192 \text{ km.}$$

б) шемата за директен и инверзен систем е иста како под а); $X_{Ld} = 50 \cdot 0,33 = 16,5 \Omega$; $X_{Dd} = 180 \cdot 0,33 = 42,9 \Omega$;
 $X_{de} = (X_{GT} + X_{Ld}) \Pi X_{Dd} = (53,333 + 16,5) \Pi 42,9 = 26,575 \Omega = X_{ie}$

нулти систем



$$X_{G0} = \frac{x_d''}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{8}{100} \cdot \frac{15,75^2}{250} \cdot \left(\frac{400}{15,75}\right)^2 = 51,2 \Omega$$

$$X_{L0} = 50 \cdot 0,7 = 35 \Omega; X_{D0} = 180 \cdot 0,7 = 91 \Omega;$$

$$X_{0e} = \left(\frac{X_{G0} + X_T}{2} + X_{L0}\right) \Pi X_{D0} = \left(\frac{51,2 + 76,8}{2} + 35\right) \Pi 91 = 47,416 \Omega$$

$$\underline{J}_d = \underline{J}_i = \underline{J}_0 = \frac{E}{j(2X_{de} + X_{0e})} = -j \frac{400/\sqrt{3}}{100,566} = -j2,296 \text{ kA}; \underline{I}_k = 3\underline{J}_d = -j6,888 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{Ld} = \underline{J}_d \frac{X_{Dd}}{X_{GT} + X_{Ld} + X_{Dd}} = -j2,296 \frac{42,9}{53,333 + 16,5 + 42,9} = -j0,874 \text{ kA}; \underline{I}_{Dd} = \underline{J}_d - \underline{I}_{Ld} = -j1,422 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{L0} = \underline{J}_0 \frac{X_{D0}}{\left(\frac{X_{G0} + X_T}{2} + X_{L0} + X_{D0}\right)} = -j2,296 \frac{91}{\left(\frac{51,2 + 76,8}{2} + 35 + 91\right)} = -j1,100 \text{ kA}; \underline{I}_{D0} = \underline{J}_0 - \underline{I}_{L0} = -j1,196 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{LA} = \underline{I}_{L0} + \underline{I}_{Ld} + \underline{I}_{Li} = -j2,848 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{DA} = \underline{I}_{D0} + \underline{I}_{Dd} + \underline{I}_{Di} = -j4,040 \text{ kA.}$$

Задача 2.

$$a) \beta \cdot l = 0,06 \cdot 200 = 12^\circ; \underline{U}_4 = 403,5 \cdot e^{j0} = 403,5 \text{ kV}; \underline{I}_4 = \frac{P_4}{\sqrt{3}U_4} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 403,5} = 0,315 \text{ kA}$$

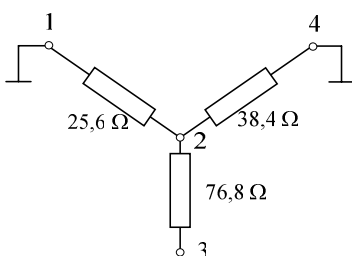
$$\underline{I}_4 = \underline{I}_1 \cos \beta l + j \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3}Z_C} \sin \beta l \Rightarrow \underline{I}_1 = \frac{\underline{I}_4 - j \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3}Z_C} \sin \beta l}{\cos \beta l}; \underline{U}_4 = \underline{U}_1 \cos \beta l + j\sqrt{3}Z_C \underline{I}_1 \sin \beta l;$$

$$\underline{U}_4 = \underline{U}_1 \cos \beta l + j\sqrt{3}Z_C \frac{\underline{I}_4 - j \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3}Z_C} \sin \beta l}{\cos \beta l} \sin \beta l; \underline{U}_4 = \underline{U}_1 \cos \beta l + j\sqrt{3}Z_C \underline{I}_4 \tan \beta l + \underline{U}_1 \tan \beta l \sin \beta l$$

$$\underline{U}_1 = \frac{\underline{U}_4 - j\sqrt{3}Z_C \underline{I}_4 \tan \beta l}{\cos \beta l + \tan \beta l \sin \beta l} = \frac{403,5 - j\sqrt{3} \cdot 310 \cdot 0,315 \cdot \tan 12^\circ}{\cos 12^\circ + \tan 12^\circ \sin 12^\circ} = (394,685 + j35,141) \text{ kV}$$

$$U_1 = \sqrt{394,685^2 + 35,141^2} = 396,246 \text{ kV};$$

$$b) X_{33} = 76,8 + 25,6 \Pi 38,4 = 92,16 \Omega; X_{23} = 25,6 \Pi 38,4 = 15,36 \Omega;$$



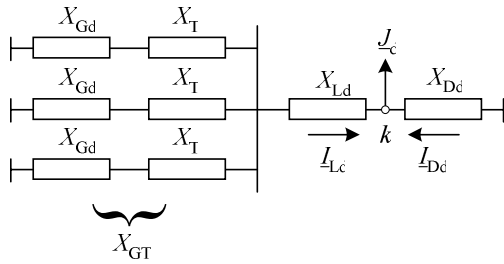
$$\Delta U_3 = X_{33} \frac{Q}{U_n} = 92,16 \cdot \frac{600}{400} = 13,824 \text{ kV}; \Delta U_3'' = 13,824 \cdot \frac{115,5}{400} = 3,992 \text{ kV};$$

$$\Delta U_2 = X_{23} \frac{Q}{U_n} = 15,36 \cdot \frac{600}{400} = 2,304 \text{ kV.}$$

**Решенија на задачите писмениот испит по предметот
ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ (IV ГОДИНА), одржан на 14.9.2007**

Задача 1.

$$a) X_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{12}{100} \cdot \frac{400^2}{250} = 76,8 \Omega; X_{Gd} = \frac{x_d''}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{13}{100} \cdot \frac{15,75^2}{250} \cdot \left(\frac{400}{15,75}\right)^2 = 83,2 \Omega$$



$$X_{GT} = \frac{X_{Gd} + X_T}{3} = 53,333 \Omega; X_{Ld} = 0,33l_0; X_{Dd} = 0,33(180 - l_0);$$

$$X_{eL} = X_{GT} + X_{Ld}; X_{eD} = X_{Dd}; \text{услов } X_{eL} = X_{eD}$$

$$53,333 + 0,33l_0 = 0,33(180 - l_0)$$

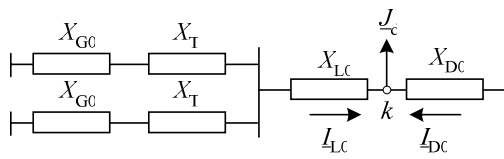
$$0,66l_0 = 0,33 \cdot 180 - 53,333$$

$$l_0 = 9,192 \text{ km.}$$

б) шемата за директен и инверзен систем е иста како под а); $X_{Ld} = 50 \cdot 0,33 = 16,5 \Omega$; $X_{Dd} = 180 \cdot 0,33 = 42,9 \Omega$;

$$X_{de} = (X_{GT} + X_{Ld}) \Pi X_{Dd} = (53,333 + 16,5) \Pi 42,9 = 26,575 \Omega = X_{ie}$$

нулти систем



$$X_{G0} = \frac{x_d''}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{8}{100} \cdot \frac{15,75^2}{250} \cdot \left(\frac{400}{15,75}\right)^2 = 51,2 \Omega$$

$$X_{L0} = 50 \cdot 0,7 = 35 \Omega; X_{D0} = 180 \cdot 0,7 = 91 \Omega;$$

$$X_{0e} = \left(\frac{X_{G0} + X_T}{2} + X_{L0}\right) \Pi X_{D0} = \left(\frac{51,2 + 76,8}{2} + 35\right) \Pi 91 = 47,416 \Omega$$

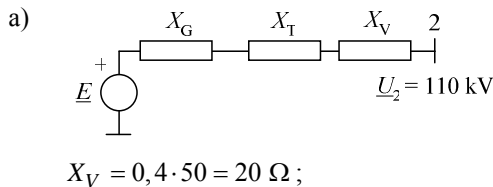
$$\underline{J}_d = \underline{J}_i = \underline{J}_0 = \frac{E}{j(2X_{de} + X_{0e})} = -j \frac{400/\sqrt{3}}{100,566} = -j2,296 \text{ kA}; \underline{I}_k = 3\underline{J}_d = -j6,888 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{Ld} = \underline{J}_d \frac{X_{Dd}}{X_{GT} + X_{Ld} + X_{Dd}} = -j2,296 \frac{42,9}{53,333 + 16,5 + 42,9} = -j0,874 \text{ kA}; \underline{I}_{Dd} = \underline{J}_d - \underline{I}_{Ld} = -j1,422 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{L0} = \underline{J}_0 \frac{X_{D0}}{\left(\frac{X_{G0} + X_T}{2} + X_{L0} + X_{D0}\right)} = -j2,296 \frac{91}{\left(\frac{51,2 + 76,8}{2} + 35 + 91\right)} = -j1,100 \text{ kA}; \underline{I}_{D0} = \underline{J}_0 - \underline{I}_{L0} = -j1,196 \text{ kA};$$

$$\underline{I}_{LA} = \underline{I}_{L0} + \underline{I}_{Ld} + \underline{I}_{Li} = -j2,848 \text{ kA}; \underline{I}_{DA} = \underline{I}_{D0} + \underline{I}_{Dd} + \underline{I}_{Di} = -j4,040 \text{ kA}.$$

Задача 2.



$$X_G' = \frac{x_d'}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{30}{100} \cdot \frac{10,5^2}{60} \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 377,857 \Omega;$$

$$X_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{15}{100} \cdot \frac{115^2}{60} = 33,063 \Omega;$$

$$X_V = 0,4 \cdot 50 = 20 \Omega;$$

$$X_e = X_G + X_T + X_V = 430,92 \Omega; \underline{E}' = U_2 + \Delta U_d + j\Delta U_q = U_2 + \frac{Q_2 X_e}{U_2} + j \frac{P_2 X_e}{U_2} = (188,349 + j156,698) \text{ kV};$$

$$E' = \sqrt{188,349^2 + 156,698^2} = 245,009 \text{ kV}; P_M = \frac{E' \cdot U_2}{X_e} = \frac{245,009 \cdot 110}{430,92} = 62,543 \text{ MW}; \theta_0 = \arcsin \frac{P_0}{P_M} = 39,759^\circ;$$

$$\theta_{kr} = 180 - \theta_0 = 140,241^\circ; A^+ = P_0 (\theta_{gr} - \theta_0) = A^- = \int_{\theta_{gr}}^{\theta_0} (P_M \sin \theta - P_0) d\theta; \theta_{gr} = \arccos \left[\frac{P_0 (\theta_{kr} - \theta_0)}{P_M} + \cos \theta_{kr} \right];$$

$$\theta_{gr} = \arccos \left[\frac{40(140,241 - 39,759) \cdot \frac{\pi}{180}}{62,543} + \cos 140,241 \right] = 69,336^\circ; M = \frac{S_n T_J}{\omega_0} = \frac{60 \cdot 6}{100 \cdot \pi} = 1,146 \text{ MW} \cdot \text{s}^2;$$

$$\theta(t) = \theta_0 + \frac{\Delta P t^2}{M}; t = 0,24 \text{ s}; \theta = 39,759 \frac{\pi}{180} + \frac{40 \cdot 0,24^2}{1,146} = 1,699 \text{ rad} = 97,355^\circ > \theta_{gr}; \text{системот е нестабилен.}$$

$$b) t = 0,36 \text{ s}; \theta(t) = \theta_{gr}; M = \frac{\Delta P \cdot t^2}{2(\theta_{gr} - \theta_0)} = \frac{40 \cdot 0,36^2}{2(69,336 - 39,759) \cdot \frac{\pi}{180}} = 5,021 \text{ MW} \cdot \text{s}^2; T_J = \frac{M \omega_0}{S_n} = \frac{5,021 \cdot 100 \cdot \pi}{60} = 26,3 \text{ s}$$