

ПРВ ПАРЦИЈАЛЕН ИСПИТ ПО "ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ"

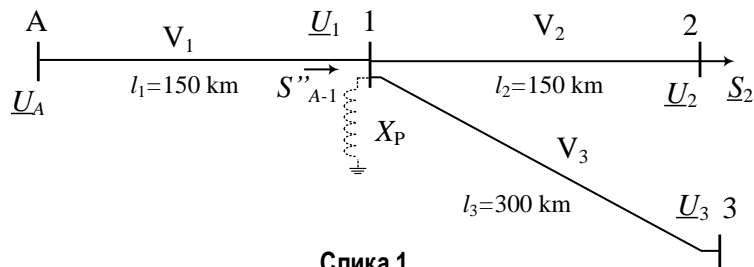
Задача 1. На сликата 1 е прикажана 400 kV мрежа составена од три идеални вода V_1 , V_2 и V_3 со должини $l_1=150$ km, $l_2=150$ km и $l_3=300$ km – респективно. Сите водови имаат исти карактеристики и исти подолжни параметри: $\underline{z} \approx jx = j0,333 \Omega/\text{km}$ и $\underline{y} = jb = j3,25 \mu\text{S}/\text{km}$. Мрежата се напојува од напојната точка „А“.

Се посматра режим на работа на мрежата во кој се напојува потрошувач приклучен во јазелот 2, со моќност $P_2 = 600$ MW; $\cos\varphi_3 = 1$ при напон $U_2=385$ kV, во јазелот 3 потрошувачот е исклучен, а реакторот X_P не е присутен. Со помош на преносните равенки да се пресметаат:

- напоните во јазлите 1 и 3 $\underline{U}_1 = ?$ и $\underline{U}_3 = ?$,
- моќноста на крај на водот V_1 $\underline{S}''_{A-1} = ?$.

Се посматра режим на работа на мрежата во празен од ($\underline{S}_2 = 0$ и $\underline{S}_3 = 0$).

- Колкава треба да биде реактанцијата $X_P = ?$ на реакторот што треба да биде приклучен поперечно во јазелот 1 ако сакаме $U_1 = U_A = 400$ kV во режимот на празен од на системот?
- Колкава реактивна моќност ќе апсорбира реакторот?



Слика 1.

Задача 2. На сликата 2 е прикажан дел од ЕЕС со три вода и еден трансформатор, на кој на среднонапонската страна е приклучен потрошувач со моќност $\underline{S}_3 = (20+j15)$ MVA. Напонот на собирниците А се одржува константен, напоните во јазлите 1 и 2 се $U_1 = 110$ kV, $U_2 = 112$ kV.

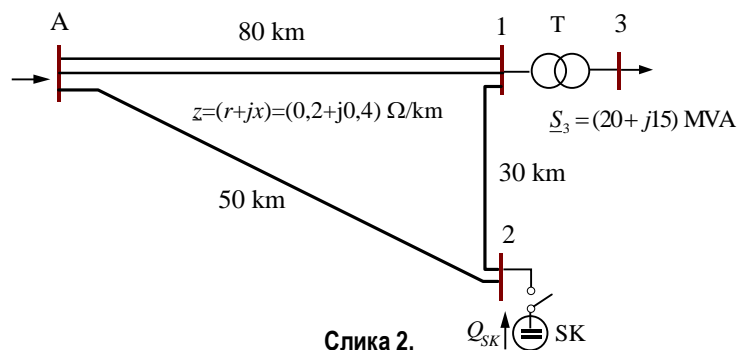
- Сметајќи дека синхронизаторот е исклучен да се определи положбата на преклопката на трансформаторот така што напонот на собирницата 3 да изнесува $U_3 = 10,5$ kV.
- Трансформаторот работи со својот номинален преносен однос (положбата на неговата регулациона преклопка е $\alpha = 0$), а компензаторот SK е вклучен. Да се определи реактивната моќност Q_{SK} што треба да ја произведува синхронизаторот така што напонот на собирницата 3 да изнесува $U_3 = 10,5$ kV. Колкав ќе биде напонот на собирниците 2 во тој случај.

Кој од двата начини за зголемување на напонот во јазелот 3 прикажани под а) и б) е препорачлив и зошто?

Податоци за елементите

V: $\underline{z} = (r + jx) = (0,2 + j0,4) \Omega/\text{km}$;

T: $(115 + 12 \times 1,25\% / 10,5)$ kV/kV; 31,5 MVA; $u_{k\%} = 11\%$; $\Delta P_{Cu} = 220$ kW.



Слика 2.

Време: 120 мин. **Поени:** 1а) 15 1б) 15 1в) 20 1г) 10 2а) 20 2б) 20

**Решенија на задачите прв парцијален испит по предметот
ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ, одржан на 16.11.2013**

1а)

$$\underline{U}_2 = 385 \cdot e^{j0} \text{ kV}; Z_C = \sqrt{\frac{x}{b}} = \sqrt{\frac{0,333}{3,25 \cdot 10^{-6}}} = 320 \Omega; \underline{I}_2 = \left(\frac{\underline{S}_2}{\sqrt{3} \cdot \underline{U}_2} \right)^* = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 385} = 0,900 \text{ kA};$$

$$\beta l_2 = 0,06^\circ / \text{km} \cdot 150 \text{ km} = 9^\circ; \underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cos \beta l_2 + j\sqrt{3} Z_C \underline{I}_2 \sin \beta l_2 = 485 \cdot \cos 9^\circ + j\sqrt{3} \cdot 320 \cdot 0,9 \cdot \sin 9^\circ;$$

$$\underline{U}_1 = (380,260 + j78,014) \text{ kV} = 388,180 \cdot e^{j11,6^\circ} \text{ kV}$$

$$\beta l_3 = 0,06^\circ / \text{km} \cdot 300 \text{ km} = 18^\circ; \underline{U}_3 = \frac{\underline{U}_1}{\cos \beta l_3} = \frac{388,180 \cdot e^{j11,6^\circ}}{\cos 18^\circ} = 408,157 \cdot e^{j11,6^\circ} \text{ kV}$$

1б)

$$\underline{I}'_{1-2} = j \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} Z_C} \sin \beta l_2 + \underline{I}_2 \cdot \cos \beta l_2 = j \frac{385}{\sqrt{3} \cdot 320} \sin 9^\circ + 0,9 \cdot \cos 9^\circ = (0,8889 + j0,1087) \text{ kA};$$

$$\underline{I}'_{1-3} = j \frac{\underline{U}_3}{\sqrt{3} Z_C} \sin \beta l_3 = j \frac{408,157 \cdot e^{j11,6^\circ}}{\sqrt{3} \cdot 320} \sin 18^\circ = (-0,0458 + j0,2229) \text{ kA};$$

$$\underline{I}''_{A-1} = \underline{I}'_{1-2} + \underline{I}'_{1-3} = (0,8429 + j0,3316) \text{ kA} = 0,9058 \cdot e^{j21,5^\circ} \text{ kA};$$

$$\underline{S}''_{A-1} = \sqrt{3} \underline{U}_1 \left(\underline{I}''_{A-1} \right)^* = \sqrt{3} \cdot 388,180 \cdot e^{j11,6^\circ} \cdot 0,9058 \cdot e^{-j21,5^\circ} = 609 \cdot e^{-j9,9^\circ} \text{ MVA} = (600 - j104,705) \text{ MVA}$$

1в) Вод 1-2 во празен од: $\underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cdot \cos \beta l_2; \underline{I}'_{1-2} = j \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} Z_C} \sin \beta l_2;$

$$\underline{Z}_{1-2vl} = \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3} \cdot \underline{I}'_{1-2}} = \frac{\underline{U}_2 \cdot \cos \beta l_2}{\sqrt{3} \cdot j \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} Z_C} \sin \beta l_2} = -j \frac{Z_C}{\tan \beta l_2} = -j \frac{320}{\tan 9^\circ} = -j2020,4 \Omega$$

Вод 1-3 во празен од: $\underline{Z}_{1-3vl} = -j \frac{Z_C}{\tan \beta l_3} = -j \frac{320}{\tan 18^\circ} = -j984,9 \Omega$

$$\underline{Z}_{ek} = \frac{1}{\frac{1}{jX_P} + \frac{1}{\underline{Z}_{1-2vl}} + \frac{1}{\underline{Z}_{1-3vl}}} \Rightarrow jX_P = \frac{1}{\frac{1}{\underline{Z}_{ek}} - \frac{1}{\underline{Z}_{1-2vl}} - \frac{1}{\underline{Z}_{1-3vl}}}$$

Равенка за напони за вод А-1: $\underline{U}_A = \underline{U}_1 \cos \beta l_1 + j\sqrt{3} Z_C \underline{I}_1 \sin \beta l_1, \beta l_1 = 0,06^\circ / \text{km} \cdot 150 \text{ km} = 9^\circ,$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3} \cdot \underline{Z}_{ek}}; \underline{U}_A = \underline{U}_1 \cdot \left(\cos \beta l_1 + j \frac{Z_C}{\underline{Z}_{ek}} \sin \beta l_1 \right) \Rightarrow \cos \beta l_1 + j \frac{Z_C}{\underline{Z}_{ek}} \sin \beta l_1 = 1 \Rightarrow \underline{Z}_{ek} = \frac{jZ_C \sin \beta l_1}{1 - \cos \beta l_1}$$

$$\underline{Z}_{ek} = \frac{j320 \cdot \sin 9^\circ}{1 - \cos 9^\circ} = j4066 \Omega; jX_P = \frac{1}{\frac{1}{j4066} - \frac{1}{-j2020,4} - \frac{1}{-j984,9}} = j \frac{1}{-\frac{1}{4066} + \frac{1}{2020,4} + \frac{1}{984,9}} = j790,9 \Omega$$

1в)

$$\underline{I}_P = \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3} \cdot jX_P} = -j \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 790,9} = -j0,292 \text{ kA}; \underline{S}_P = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_P^* = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot j0,292 = j202,304 \text{ MVA}$$

$$2a) \underline{S}_3 = (20 + j15) \text{ MVA} \quad R_T = \Delta P_{\text{Cun}} \cdot \frac{U_n^2}{S_n^2} = 2,932 \, \Omega; \quad Z_T = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = 46,183 \, \Omega; \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 46,089 \, \Omega;$$

$$\underline{\Delta S}_T = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_n^2} \cdot (R_T + jX_T) = (0,151 + j2,381) \text{ MVA}; \quad \underline{S}_1 = \underline{S}_3 + \underline{\Delta S}_T = (20,151 + j17,381) \text{ MVA};$$

$$\Delta U_d = \frac{P_1 \cdot R_T + Q_1 \cdot X_T}{U_1} = 7,819 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P_1 \cdot X_T - Q_1 \cdot R_T}{U_1} = 7,980 \text{ kV};$$

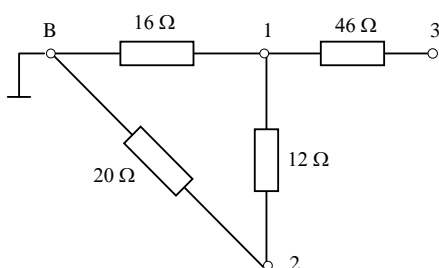
$$U'_3 = \sqrt{U_1^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 101,891 \text{ kV};$$

$$k_{T_o} = \frac{U'_2}{U_{2o}} = \frac{101,891}{10,5} = 9,704; \quad k_{T_n} = \frac{U_{1n}}{U_{3n}} = \frac{115}{10,5} = 10,952;$$

$$\alpha_o = \left(\frac{k_{T_o}}{k_{T_n}} - 1 \right) \cdot 100 = -11,40\%; \quad m = \text{int} \left(\frac{\alpha_o}{u\%} \right) = \text{int} \left(\frac{-11,4}{1,25} \right) = -9 \Rightarrow \alpha = -11,25\%;$$

$$k_T = \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right) \cdot k_{T_n} = 9,720; \quad U_3 = \frac{U'_3}{k_T} = 10,48 \text{ kV}$$

26)



$$X_{33} = 46 + 16 \Pi (20 + 12) = 56,667 \, \Omega$$

$$X_{22} = 20 \Pi (12 + 16) = 11,667 \, \Omega$$

$$X_{23_{\text{el}}} = 46 + 12 \Pi (20 + 16) = 55 \, \Omega$$

$$X_{23} = X_{32} = \frac{X_{33} + X_{22} - X_{23_{\text{el}}}}{2} = 6,667 \, \Omega$$

реактанциите се сведени на 110 kV напонско ниво

$$\text{Потребно зголемување на напонот: } U'_3 = 101,891 \text{ kV}; \quad U'_{3o} = 10,5 \cdot \frac{115}{10,5} = 115 \text{ kV};$$

$$\Delta U'_3 = 115 - 101,891 = 13,109 \text{ kV}$$

Кондензаторска батерија во јазол 2:

$$\Delta U'_3 = X_{32} \frac{\Delta Q_2}{U_2} \Rightarrow \Delta Q_3 = \frac{\Delta U'_3 \cdot U_n}{X_{32}} = \frac{13,109 \cdot 112}{6,667} = 220,2 \text{ MVar}$$

Промена на напон во јазол 2.

$$\Delta U_2 = X_{22} \frac{\Delta Q_2}{U_2} = 11,667 \frac{216,3}{112} = 22,938 \text{ kV}, \quad U_2^{\text{ново}} = U_2 + \Delta U_2 = 134,938 \text{ kV}$$