

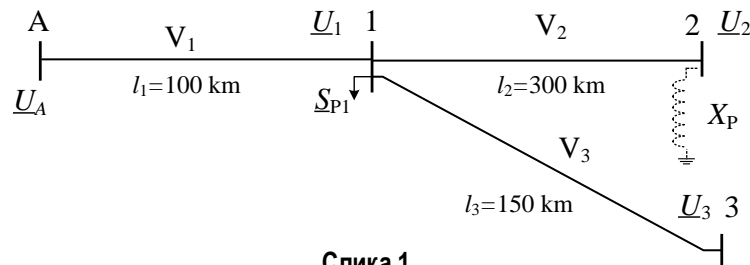
ПРВ ПАРЦИЈАЛЕН ИСПИТ ПО "ВИСОКОНАПОНСКИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ"

Задача 1. На сликата 1 е прикажана 400 kV мрежа составена од три идеални водови V_1 , V_2 и V_3 со должини $l_1=100$ km, $l_2=300$ km и $l_3=150$ km – респективно. Сите водови имаат исти карактеристики и исти подолжни параметри: $\underline{z} \approx jx = j0,3 \Omega/\text{km}$ и $\underline{y} = jb = j3,25 \mu\text{S}/\text{km}$. Мрежата се напојува од напојната точка „А“ во која напонот се одржува на константна вредност.

Се посматра режим на работа на мрежата во кој се напојува потрошувач приклучен во јазолот 1, со моќност $S_{P1} = 700$ MVA; $\cos\varphi_1 = 1$. Познат е напонот во јазолот 3 кој изнесува $U_3=410$ kV. Во јазлите 2 и 3 потрошувачите се исклучени, а реакторот X_P не е присутен.

Со помош на преносните равенки да се пресметаат:

- а) напоните во јазлите 1 и 2 и моќностите на почетокот на водовите V_2 и V_3 ,
- б) напонот и моќноста на почеток на водот V_1 .
- в) Колкава треба да биде реактанцијата $X_P = ?$ на реакторот што треба да биде приклучен попречно во јазелот 2 ако сакаме струјата на почетокот на водот V_2 да биде еднаква на 0?
Да се пресмета номиналната реактивна моќност на реакторот?
Како вклучувањето на реакторот ќе влијае врз напоните во јазлите во мрежата?



Слика 1.

Задача 2. На сликата 2 е прикажан дел од ЕЕС со водови и трансформатор на кој на среднонапонската страна е приклучен потрошувач со моќност $\underline{S}_4 = (50+j15)$ MVA. Напонот на собирниците А се одржува на константна вредност $U_A = 115$ kV, додека напоните во јазлите 1, 2 и 3 се $U_1 = 109$ kV, $U_2 = 111$ kV, $U_3 = 113$ kV.

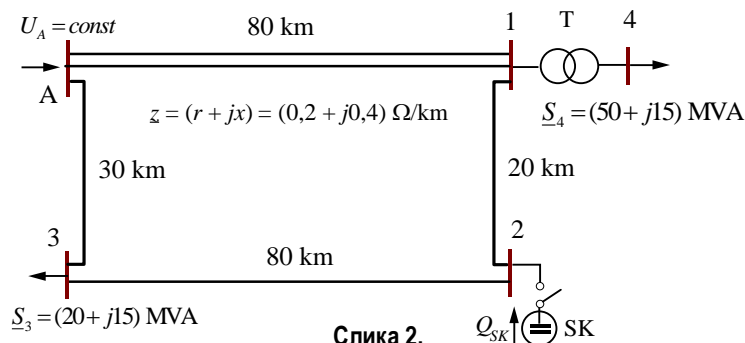
- а) Сметајќи дека синхронизираниот компензатор е исклучен да се определи положбата на преклопката на трансформаторот така што напонот на собирницата 4 да изнесува $U_4 = 10,6$ kV.
- б) Трансформаторот работи со својот номинален преносен однос (положбата на неговата регулациона преклопка е $\alpha = 0$), а компензаторот SK е вклучен. Да се определи реактивната моќност Q_{SK} што треба да ја произведува синхронизираниот компензатор така што напонот во јазолот 4 да изнесува $U_4=10,6$ kV. Колкав ќе биде напонот во јазолот 2 во тој случај.

Кој од двата начини за зголемување на напонот во јазолот 4 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; 63 MVA; $u_{k\%} = 13,5\%$; $\Delta P_{Cu} = 310$ kW.



Слика 2.

Време: 120 мин. **Поени:** 1а) 15 1б) 20 1в) 20 2а) 20 2б) 25

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

1a)

$$\underline{U}_3 = 410 \cdot e^{j0} \text{ kV}; Z_C = \sqrt{\frac{x}{b}} = \sqrt{\frac{0,3}{3,26 \cdot 10^{-6}}} = 303,822 \Omega; \beta l_3 = 0,06^\circ/\text{km} \cdot 150 \text{ km} = 9^\circ;$$

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_3 \cos \beta l_3 = 410 \cdot \cos 9^\circ = 404,952 \text{ kV}; \underline{I}'_{1-3} = j \frac{\underline{U}_3}{\sqrt{3} \cdot Z_C} \sin \beta l_3 = j \frac{410}{\sqrt{3} \cdot 303,822} \sin 9^\circ = j0,122 \text{ kA};$$

$$\underline{S}'_{1-3} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_1 \cdot \underline{I}'_{1-3} = \sqrt{3} \cdot 404,952 \cdot (-j0,122) = -j85,487 \text{ MVA}; \beta l_2 = 0,06^\circ/\text{km} \cdot 300 \text{ km} = 18^\circ;$$

$$\underline{U}_2 = \frac{\underline{U}_1}{\cos \beta l_2} = \frac{404,952}{\cos 18^\circ} = 425,792 \text{ kV}; \underline{I}'_{1-2} = j \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} \cdot Z_C} \sin \beta l_2 = j \frac{425,792}{\sqrt{3} \cdot 303,822} \sin 18^\circ = j0,250 \text{ kA};$$

$$\underline{S}'_{1-2} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_1 \cdot \underline{I}'_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 404,952 \cdot (-j0,250) = -j175,374 \text{ MVA}$$

1b)

$$\underline{S}_1 = \underline{S}'_{1-3} + \underline{S}'_{1-2} + \underline{S}_{P1} = (700 - j260,861) \text{ MVA}; \underline{I}''_{A-1} = \left(\frac{\underline{S}_1}{\sqrt{3} \cdot \underline{U}_1} \right)^* = \frac{700 + j260,861}{\sqrt{3} \cdot 404,952} = (0,998 + j0,372) \text{ kA};$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_1 \cdot \cos \beta l_1 + j\sqrt{3} \cdot Z_C \cdot \underline{I}''_{A-1} \sin \beta l_1 = 404,952 \cdot \cos 6^\circ + j\sqrt{3} \cdot 303,822 \cdot (0,998 + j0,372) \sin 6^\circ;$$

$$\underline{U}_A = (382,272 + j54,897) = 386,194 \cdot e^{j8,17^\circ} \text{ kV}$$

$$\underline{I}'_{A-1} = j \frac{\underline{U}_1}{\sqrt{3} Z_C} \sin \beta l_1 + \underline{I}''_{A-1} \cos \beta l_1 = j \frac{404,952}{\sqrt{3} \cdot 303,822} \sin 6^\circ + (0,998 + j0,372) \cos 6^\circ = (0,9925 + j0,450) \text{ kA};$$

$$\underline{S}'_{A-1} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_1 \left(\underline{I}'_{A-1} \right)^* = \sqrt{3} \cdot 386,194 \cdot e^{j8,17^\circ} \cdot 1,08975 \cdot e^{-j24,39^\circ} = 728,942 \cdot e^{-j16,22^\circ} \text{ MVA} = (700 - j203,613) \text{ MVA}$$

1в)

$$\underline{I}'_{1-2} = I_2 \cos \beta l_2 + j \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} Z_C} \sin \beta l_2 = 0, \quad I_2 = \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} \cdot jX_P};$$

$$\frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} \cdot jX_P} \cos \beta l_2 + j \frac{\underline{U}_2}{\sqrt{3} \cdot Z_C} \sin \beta l_2 = 0 \Rightarrow -j \frac{\cos \beta l_2}{X_P} + j \frac{\sin \beta l_2}{Z_C} = 0 \Rightarrow X_P = \frac{Z_C \cos \beta l_2}{\sin \beta l_2} = \frac{303,822}{\tan 18^\circ} = 935,068 \Omega$$

$$\underline{I}_{Pn} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot jX_P} = -j \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 935,068} = -j0,247 \text{ kA}; \underline{S}_{Pn} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \underline{I}_{Pn} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot j0,247 = j171 \text{ MVA}$$

2a) $R_T = \Delta P_{Cm} \frac{S_n^2}{U_n^2} = 1,033 \Omega; Z_T = \frac{u_k \% U_n^2}{100 S_n} = 28,339 \Omega; X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 28,320 \Omega;$

$$\underline{\Delta S}_T = \frac{P_4^2 + Q_4^2}{U_n^2} \cdot (R_T + jX_T) = (0,233 + j6,378) \text{ MVA}; \underline{S}_1 = \underline{S}_4 + \underline{\Delta S}_T = (50,233 + j21,378) \text{ MVA};$$

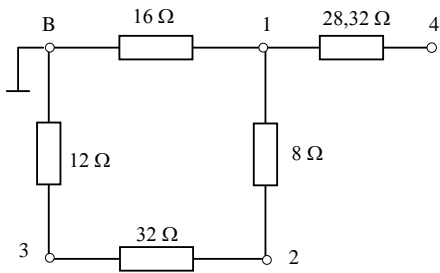
$$\Delta U_d = \frac{P_1 \cdot R_T + Q_1 \cdot X_T}{U_1} = 6,030 \text{ kV}; \Delta U_q = \frac{P_1 \cdot X_T - Q_1 \cdot R_T}{U_1} = 13,254 \text{ kV};$$

$$U'_4 = \sqrt{U_1^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 102,161 \text{ kV};$$

$$k_{T_o} = \frac{U'_4}{U_{4o}} = \frac{102,161}{10,6} = 9,6378; k_{T_n} = \frac{U_{1n}}{U_{4n}} = \frac{115}{10,5} = 10,9524; \alpha_o = \left(\frac{k_{T_o}}{k_{T_n}} - 1 \right) \cdot 100 = -12\%;$$

$$m = \text{nint} \left(\frac{\alpha_o}{u\%} \right) = \text{nint} \left(\frac{-12}{1,25} \right) = -10 \Rightarrow \alpha = -12,5\%; k_T = \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right) \cdot k_{T_n} = 9,58335; U_4 = \frac{U'_4}{k_T} = 10,66 \text{ kV}$$

26)



$$X_{44} = 28,32 + 16 \Pi (8 + 32 + 12) = 40,555 \Omega$$

$$X_{22} = (16 + 8) \Pi (32 + 12) = 15,529 \Omega$$

$$X_{24_{67}} = 28,32 + 8 \Pi (32 + 12 + 16) = 35,379 \Omega$$

$$X_{24} = X_{42} = \frac{X_{44} + X_{22} - X_{24_{67}}}{2} = 10,353 \Omega$$

реактанциите се сведени на 110 kV напонско ниво

Потребно зголемување на напонот: $U'_4 = 102,161 \text{ kV}$; $U'_{4o} = 10,6 \cdot \frac{115}{10,5} = 116,095 \text{ kV}$;

$$\Delta U'_4 = 116,095 - 102,161 = 13,934 \text{ kV}$$

Кондензаторска батерија во јазол 2:

$$\Delta U'_4 = X_{42} \frac{\Delta Q_2}{U_2} \Rightarrow \Delta Q_2 = \frac{\Delta U'_4 \cdot U_2}{X_{42}} = \frac{13,934 \cdot 111}{10,353} = 149,4 \text{ MVar}$$

Промена на напон во јазол 2.

$$\Delta U_2 = X_{22} \frac{\Delta Q_2}{U_2} = 15,529 \frac{149,4}{111} = 20,9 \text{ kV}, U_2^{\text{ново}} = U_2 + \Delta U_2 = 131,9 \text{ kV}$$