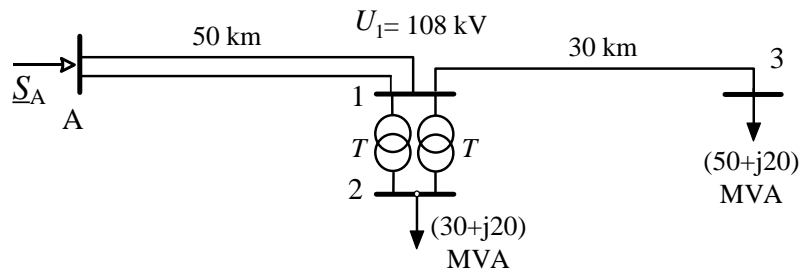


## I КОЛОКВИУМ ПО ПРЕДМЕТОТ „ЕЛЕКТРИЧНИ МРЕЖИ“

**1. Задача.** На сликата 1 е дадена една електрична мрежа со номинални напони 110 kV и 10 kV, прикажани се и должините на водовите и моќностите на потрошувачите. Познат е напонот во јазолот 1 ( $U_1 = 108$  kV). Да се пресметаат:

- а) напонот во јазолот 2 на секундарната страна од паралелните трансформатори и вкупните загубите на активна и реактивна моќност во паралелните трансформатори  $\Delta P_T$  и  $\Delta Q_T$ ;
- б) напонот во јазолот 3 и моќноста на почетокот на водот 1-3;
- в) напонот во јазолот А и моќноста на почеток на секој од паралелните водови А-1.



**Слика 1. Електрична мрежа со номинален напон 110 kV и 10 kV**

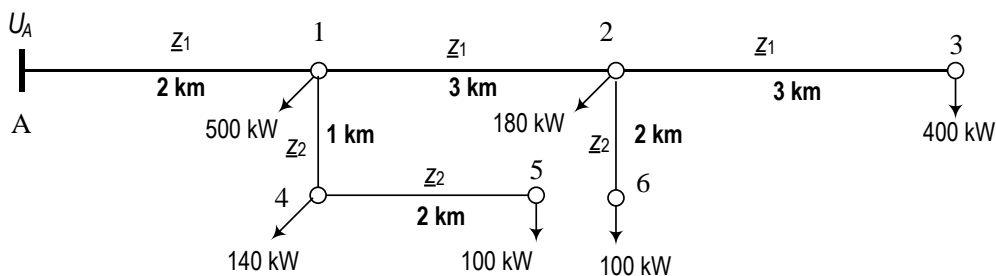
Податоци:

Трансформатори  $T$ : (податоците се однесуваат на еден трансформатор):  
 20 MVA 110/11 kV/kV;  $u_k\% = 10\%$ ;  $i_0\% = 0,7\%$ ;  $\Delta P_{Cun} = 120$  kW;  $\Delta P_{Fe} = 25$  kW.

Водови  $V$ :  $r = 0,1$   $\Omega$ /km,  $x = 0,4$   $\Omega$ /km,  $b = 2,5$   $\mu$ S/km.

Забелешка: При решавањето на задачата да не се вршат занемарувања на капацитивноста на водовите и попречните компоненти на падот на напонот. Падот на напонот во трансформаторите да се пресмета приближно со користење на  $U_n$ .

**2. Задача.** На сликата 2 е прикажана 10 kV надземна мрежа која што се состои главен напоен вод (фидер) А-1-2-3 со подолжни параметри  $z_1 = (r_1 + jx_1) = (0,7 + j0,4)$   $\Omega$ /km и отцепи (1-4-5 и 2-6) со подолжни параметри  $z_2 = (r_2 + jx_2) = (1,3 + j0,4)$   $\Omega$ /km. Должините на поедините делници (во km) како и моќностите на потрошувачите (во kW) се прикажани на самата слика. Сите потрошувачи имаат ист фактор на моќност  $\cos\phi = 0,9$ . Напонот во напојната точка изнесува  $U_A = 10,3$  kV.



**Слика 2. 10 kV надземна мрежа**

- а) Да се пресметаат приближните вредности на тековите на моќности во гранките од мрежата и напоните во нејзините јазли. Колкава е загубата на напон во мрежата  $\Delta U$  изразена во kV и % ?
- б) Да се пресметаат загубите на активна моќност во мрежата во MW и %.

Поени: **1а)** 20%; **1б)** 25%; **1в)** 25%; **2а)** 15%; **2б)** 15%;

Време: 135 мин.

## РЕШЕНИЈА НА ЗАДАЧИТЕ

## 1. Задача.

а) Параметри на еден трансформатор на 110 kV:

$$R_T = \Delta P_{Cun} \cdot \frac{U_n^2}{S_n^2} = 0,12 \cdot \frac{110^2}{20^2} = 3,63 \, \Omega; \quad Z_T = \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{10}{100} \cdot \frac{110^2}{20} = 60,5 \, \Omega; \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 60,391 \, \Omega.$$

Моќност што тече низ еден од трансформаторите:

$$\underline{S}_2 = (30 + j20) \text{ MVA}; \quad \underline{S}_T = \underline{S}_2 / 2 = P_T + jQ_T = (15 + j10) \text{ MVA}$$

Пад на напон во еден трансформатор:

$$\Delta U_d \approx \frac{P_T \cdot R_T + Q_T \cdot X_T}{U_n} = \frac{15 \cdot 3,63 + 10 \cdot 60,391}{110} = 5,985 \text{ kV}; \quad \Delta U_q \approx \frac{P_T \cdot X_T - Q_T \cdot R_T}{U_n} = \frac{15 \cdot 60,391 - 10 \cdot 3,63}{110} = 7,905 \text{ kV}$$

$$U'_2 = \sqrt{U_1^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 101,725 \text{ kV}; \quad U_2 = U'_2 / k_T = U'_2 \cdot \frac{11}{110} = 10,173 \text{ kV}.$$

Загуби на моќност во еден трансформатор:

$$\alpha = \alpha_{IT} = \frac{S_T}{S_n} = \frac{\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}{S_n} = 0,901; \quad \Delta P_{IT} = \Delta P_{Fe} + \alpha^2 \cdot \Delta P_{Cun} = 0,1225 \text{ MW}; \quad \Delta Q_{IT} = \left( \frac{i_{0\%}}{100} + \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \alpha^2 \right) \cdot S_n = 1,765 \text{ Mvar}$$

Вкупна загуба на моќност во двата TP:  $\Delta \underline{S}_T = (0,245 + j3,530) \text{ MVA}$

б) Параметри на водот:  $R_V = r \cdot l = 3 \, \Omega; \quad X_V = x \cdot l = 12 \, \Omega; \quad B_V / 2 = b \cdot l / 2 = 37,5 \, \mu\text{S}; \quad \underline{S}_3 = (50 + j20) \text{ MVA}$

1) итерација  $\underline{U}_3^{(0)} = U_n = 110 \text{ kV}; \quad Q_{C3} = B_V / 2 \cdot U_3^2 = 0,454 \text{ Mvar}; \quad \underline{S}'' = \underline{S}_3 - jQ_{C3} = (50 + j19,546) \text{ MVA}$

Пад на напон во водот:

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_3} = \frac{50 \cdot 3 + 19,546 \cdot 12}{110} = 3,486 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_3} = \frac{50 \cdot 12 - 19,546 \cdot 3}{110} = 4,921 \text{ kV}$$

$$U_3^{(1)} = \sqrt{U_1^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 104,402 \text{ kV}$$

2) итерација  $Q_{C3} = B_V / 2 \cdot U_3^2 = 0,409 \text{ Mvar}; \quad \underline{S}'' = \underline{S}_3 - jQ_{C3} = (50 + j19,591) \text{ MVA}$

Пад на напон во водот:

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_3} = \frac{50 \cdot 3 + 19,591 \cdot 12}{104,402} = 3,689 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_3} = \frac{50 \cdot 12 - 19,591 \cdot 3}{104,402} = 5,184 \text{ kV}$$

$$U_3^{(2)} = \sqrt{U_1^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 104,187 \text{ kV} \text{ се усвојува оваа вредност.}$$

Пресметка на моќности:

$$Q_{C3} = B_V / 2 \cdot U_3^2 = 0,407 \text{ Mvar}; \quad \underline{S}'' = \underline{S}_3 - jQ_{C3} = (50 + j19,593) \text{ MVA}$$

$$\Delta \underline{S}_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_2^2} \cdot (R_V + jX_V) = (0,798 + j3,191) \text{ MVA}; \quad Q_{C1} = B_V / 2 \cdot U_A^2 = 0,437 \text{ Mvar}$$

Моќност на почетокот на водот 1-2:  $\underline{S}'_{1-3} = \underline{S}_3 + \Delta \underline{S}_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (50,798 + j22,347) \text{ MVA}$

в) Параметри на еден вод:  $R_V = r \cdot l = 5 \, \Omega; \quad X_V = x \cdot l = 20 \, \Omega; \quad B_V / 2 = b \cdot l / 2 = 62,5 \, \mu\text{S}; \quad \underline{U}_1 = 108 \cdot e^{j0^\circ} \text{ kV}$

Моќност на крајот на еден вод  $\underline{S}_{IV} = \frac{1}{2} (\underline{S}'_{1-2} + \underline{S}_3 + \Delta \underline{S}_T) = (40,522 + j22,939) \text{ MVA}$

$$Q_{C2} = B_V / 2 \cdot U_1^2 = 0,729 \text{ Mvar}; \quad \underline{S}'' = \underline{S}_{IV} - jQ_{C2} = (40,522 + j22,210) \text{ MVA}$$

Пад на напон:

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_1} = \frac{40,522 \cdot 5 + 22,210 \cdot 20}{108} = 5,989 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_1} = \frac{40,522 \cdot 20 - 22,210 \cdot 5}{108} = 6,476 \text{ kV}$$

$$U_A = \sqrt{(U_1 + \Delta U_d)^2 + \Delta U_q^2} = 114,137 \text{ kV}$$

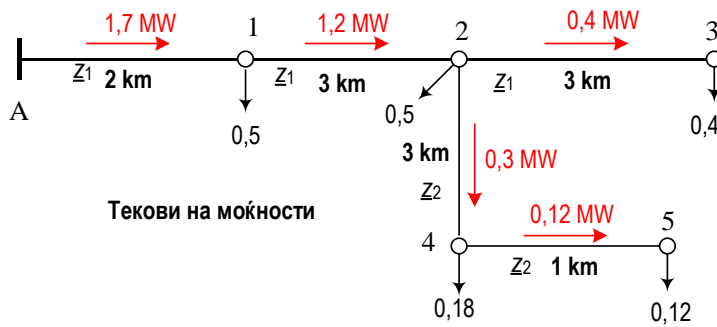
Пресметка на моќности:

$$\Delta \underline{S}_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_1^2} \cdot (R_V + jX_V) = (0,915 + j3,661) \text{ MVA}; \quad Q_{C1} = B_V / 2 \cdot U_A^2 = 0,814 \text{ Mvar}$$

Моќност на почетокот на водот 1-2:  $\underline{S}'_{A-1} = \underline{S}_{IV} + \Delta \underline{S}_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (41,437 + j25,057) \text{ MVA}$

## Задача 2.

$$\cos \varphi = 0,9 \Rightarrow \tan \varphi = 0,484 ; (r_1 + x_1 \cdot \tan \varphi) = (0,6 + 0,3 \cdot 0,484) = 0,7452 ; (r_2 + x_2 \cdot \tan \varphi) = (1,2 + 0,4 \cdot 0,484) = 1,3936$$



а) пресметка на падови на напони:

$$\Delta U_{A-1} = \frac{P_{A-1} \cdot (r_1 + x_1 \cdot \tan \varphi)}{U_n} \cdot l_{A-1} = 0,253 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2} \cdot (r_1 + x_1 \cdot \tan \varphi)}{U_n} \cdot l_{1-2} = 0,268 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{P_{2-3} \cdot (r_1 + x_1 \cdot \tan \varphi)}{U_n} \cdot l_{2-3} = 0,089 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{2-4} = \frac{P_{2-4} \cdot (r_2 + x_2 \cdot \tan \varphi)}{U_n} \cdot l_{2-4} = 0,125 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{4-5} = \frac{P_{4-5} \cdot (r_2 + x_2 \cdot \tan \varphi)}{U_n} \cdot l_{4-5} = 0,017 \text{ kV} ; U_1 = U_A - \Delta U_{A-1} = 10,247 \text{ kV} ; U_2 = U_1 - \Delta U_{1-2} = 9,979 \text{ kV} ;$$

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{2-3} = 9,890 \text{ kV} ; U_4 = U_2 - \Delta U_{2-4} = 9,854 \text{ kV} ; U_5 = U_4 - \Delta U_{4-5} = 9,837 \text{ kV}$$

$$\text{Загуба на напон: } \Delta U = U_A - U_{\min} = U_A - U_5 = 0,663 \text{ kV} ; \Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 = 6,63\%$$

б) Пресметка на загуби на активна моќност:

$$\Delta P = \frac{1}{U_n^2 \cdot \cos^2 \varphi} \left[ (P_{A-1}^2 \cdot l_{A-1} + P_{1-2}^2 \cdot l_{1-2} + P_{2-3}^2 \cdot l_{2-3}) \cdot r_1 + (P_{2-4}^2 \cdot l_{2-4} + P_{4-5}^2 \cdot l_{4-5}) \cdot r_2 \right]$$

$$\Delta P = \frac{1}{10^2 \cdot 0,9^2} \left[ (1,7^2 \cdot 2 + 1,2^2 \cdot 3 + 0,4^2 \cdot 3) \cdot 0,6 + (0,3^2 \cdot 3 + 0,12^2 \cdot 1) \cdot 1,2 \right] = 0,083 \text{ MW}$$

$$\Delta P \% = \frac{\Delta P}{P_\Sigma} \cdot 100 = \frac{0,083}{1,7} \cdot 100 = 4,9\%$$