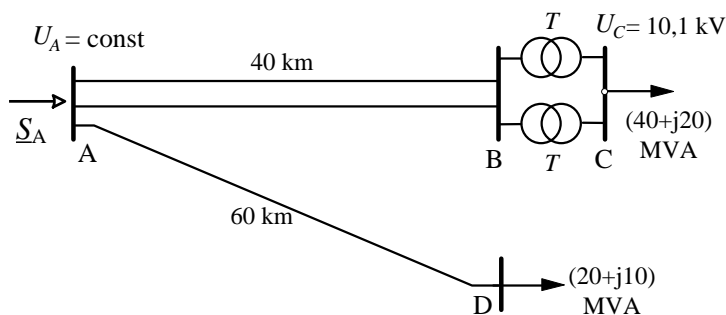


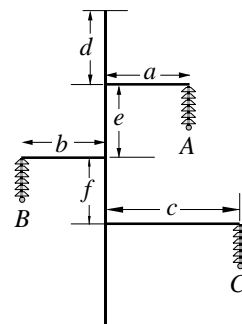
I КОЛОКВИУМ ПО ПРЕДМЕТОТ „ЕЛЕКТРИЧНИ МРЕЖИ“

1. Задача. На сликата 1.1 е дадена една електрична мрежа со номинални напони 110 kV и 10 kV, прикажани се и должините на водовите и моќностите на потрошувачите. Димензиите на главата на столбовите на водовите во мрежата се дадени на сликата 1.2, а спроводниците се од типот Al/Fe 240/40 mm². Познат е напонот кај потрошувачите во јазолот C ($U_C = 10,1$ kV). Да се пресметаат:

- подолжните параметри на преносните водови $\underline{z} = (r + jx)$ и $\underline{y} = jb$;
- напонот во јазолот B – на примарната страна од паралелните трансформатори и вкупните загубите на активна и реактивна моќност во паралелните трансформатори ΔP_T и ΔQ_T ;
- напонот во напојната точка A и моќноста на почетокот на секој од паралелните водови A-B;
- напонот во јазолот D.



Слика 1.1



Слика 1.2

Податоци:

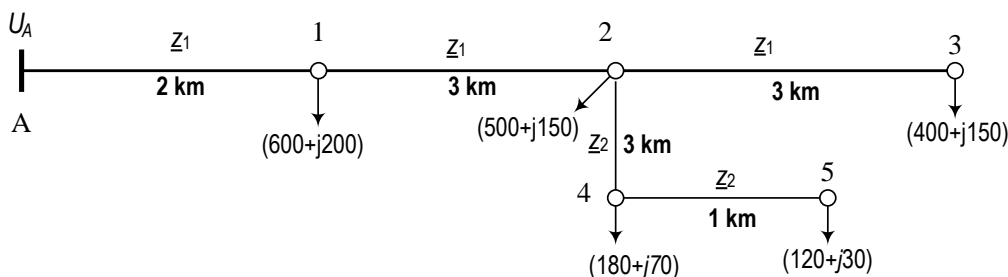
Трансформатори T: (податоците се однесуваат на еден трансформатор):

31,5 MVA 110/10,5 kV/kV; $u_k\% = 12\%$; $i_0\% = 0,8\%$; $\Delta P_{Cim} = 210$ kW; $\Delta P_{Fe} = 30$ kW.

Водови V: спроводници Al/Fe 240/40 mm²; распоред на спроводниците на главата на столбот како на сликата 1.2 ($a = 2,6$ m; $b = 3,2$ m; $c = 3,6$ m; $e = f = 1,5$ m), $D_m = 5,091$ m.

Забелешка: При решавањето на задачата да не се вршат занемарувања на капацитивноста на водовите и попречните компоненти на падот на напонот.

2. Задача. На сликата 2.1 е прикажана 10 kV надземна мрежа која што се состои главен напоен вод (фидер) A-1-2-3 со подолжни параметри $\underline{z}_1 = (r_1 + jx_1) = (0,65 + j0,36) \Omega/\text{km}$ и еден отцеп 2-4-5 со подолжни параметри $\underline{z}_2 = (r_2 + jx_2) = (1,30 + j0,38) \Omega/\text{km}$. Должините на поедините делници (во km) како и моќностите на потрошувачите (во kVA) се прикажани на самата слика. Напонот во напојната точка изнесува $U_A = 10,5$ kV.



Слика 2.1. 10 kV надземна мрежа

- Да се пресметаат приближните вредности на моќностите во гранките од мрежата и напоните во нејзините јазли. Колкава е загубата на напон во мрежата $\Delta U = ?$
- Да се пресметаат загубите на активна моќност во мрежата.

РЕШЕНИЈА НА ЗАДАЧИТЕ

1. Задача.

а) Параметри на водот:

$$D_{AB} = \sqrt{(a+b)^2 + e^2} = 5,991 \text{ m}; D_{AC} = \sqrt{(c-a)^2 + (e+f)^2} = 3,162 \text{ m}; D_{BC} = \sqrt{(b+c)^2 + f^2} = 6,963 \text{ m}$$

$$D_m = \sqrt[3]{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{AC}} = 5,091 \text{ m} \quad (\text{дадено во текстот на задачата})$$

$$\text{спроводници Al/Fe 240/40, } d_p = 21,9 \text{ mm}, r_p = 10,95 \text{ mm}, A = 243 \text{ mm}^2; D_s = 0,81 \cdot r_p = 8,87 \text{ mm}$$

$$r = \frac{1000}{32 \cdot A} = 0,129 \text{ } \Omega/\text{km}; x = 0,1445 \log \frac{D_m}{D_s} = 0,399 \text{ } \Omega/\text{km}; b = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log \frac{D_m}{r_p}} = 2,842 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$$

б) Параметри на еден трансформатор на 110 kV:

$$R_T = \Delta P_{Cun} \cdot \frac{U_n^2}{S_n^2} = 0,21 \cdot \frac{110^2}{31,5^2} = 2,561 \text{ } \Omega; Z_T = \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{12}{100} \cdot \frac{110^2}{31,5} = 46,095 \text{ } \Omega; X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 46,024 \text{ } \Omega$$

$$U'_C = U_C \cdot k_T = 10,1 \cdot \frac{110}{10,5} = 105,810 \text{ kV}; \underline{S}_P = (40 + j20) \text{ MVA}; \underline{S}_T = \underline{S}_P / 2 = P_T + jQ_T = (20 + j10) \text{ MVA}$$

$$\text{Пад на напон во еден трансформатор: } \underline{U}'_C = U'_C \cdot e^{j0} = 105,810 \text{ kV}$$

$$\Delta U_d = \frac{P_T \cdot R_T + Q_T \cdot X_T}{U'_C} = \frac{20 \cdot 2,561 + 10 \cdot 46,024}{105,810} = 4,834 \text{ kV}; \Delta U_q = \frac{P_T \cdot X_T - Q_T \cdot R_T}{U'_C} = \frac{20 \cdot 46,024 - 10 \cdot 2,561}{105,810} = 8,457 \text{ kV}$$

$$\underline{U}_B = \underline{U}_C + \Delta U_d + j\Delta U_q = (110,643 + j8,457) = 110,966 \cdot e^{j4,37^\circ} \text{ kV}$$

Загуби на моќност во еден трансформатор:

$$\alpha = \alpha_{IT} = \frac{S_T}{S_n} = \frac{\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}{S_n} = 0,710; \Delta P_{IT} = \Delta P_{Fe} + \alpha^2 \cdot \Delta P_{Cun} = 0,136 \text{ MW}; \Delta Q_{IT} = \left(\frac{i_{0\%}}{100} + \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \alpha^2 \right) \cdot S_n = 2,157 \text{ Mvar}$$

$$\text{Моќност на примар на еден ТР: } \underline{S}_{B1T} = \underline{S}_T + \Delta P_{IT} + j\Delta Q_{IT} = (20,136 + j12,157) \text{ MVA}$$

$$\text{Моќност во точка В: } \underline{S}_B = 2 \cdot \underline{S}_{B1T} = (40,272 + j24,314) \text{ MVA}$$

$$\text{в) Параметри на водот: } R_V = r \cdot l = 5,16 \text{ } \Omega; X_V = x \cdot l = 15,96 \text{ } \Omega; B_V / 2 = b \cdot l / 2 = 56,84 \text{ } \mu\text{S}; \underline{U}_B = U_B e^{j0} = 110,966 \text{ kV}$$

$$Q_{C2} = B_V / 2 \cdot U_B^2 = 0,700 \text{ Mvar}; \underline{S}_2 = \underline{S}_B / 2 = (20,136 + j12,157) \text{ MVA}; \underline{S}'' = P_2 + j(Q_2 - Q_{C2}) = (20,136 + j11,457) \text{ MVA}$$

$$\text{Пад на напон во водот: } \Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_B} = \frac{20,136 \cdot 5,16 + 11,457 \cdot 15,96}{110,966} = 2,584 \text{ kV};$$

$$\Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_B} = \frac{20,136 \cdot 15,96 - 11,457 \cdot 5,16}{110,966} = 2,363 \text{ kV}$$

$$\text{Напон во јазол А: } \underline{U}_A = \underline{U}_B + \Delta U_d + j\Delta U_q = 113,550 + j2,363 = 113,575 e^{j1,19^\circ} \text{ kV}$$

$$\text{Ако } \underline{U}_A = U_A e^{j0} = 113,575 \text{ kV} \Rightarrow \underline{U}_B = 110,237 e^{-j1,19^\circ} \text{ kV}; \underline{U}_C = 10,1 e^{-j5,56^\circ} \text{ kV}$$

$$\text{Загуба на моќност: } \Delta S_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_B^2} \cdot (R_V + jX_V) = (0,225 + j0,695) \text{ MVA}; Q_{C1} = B_V / 2 \cdot U_A^2 = 0,733 \text{ Mvar}$$

$$\text{Моќност на почетокот на водот А-В: } \underline{S}'_{A-B} = \underline{S}_2 + \Delta S_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (20,361 + j11,420) \text{ MVA}$$

$$\text{г) Параметри на водот: } R_V = r \cdot l = 7,74 \text{ } \Omega; X_V = x \cdot l = 23,94 \text{ } \Omega; B_V / 2 = b \cdot l / 2 = 85,26 \text{ } \mu\text{S}; U_A = 113,575 \text{ kV}$$

Прва итерација:

$$\text{Претпоставуваме: } U_D = U_n = 110 \text{ kV}; Q_{C2} = B_V / 2 \cdot U_D^2 = 1,032 \text{ Mvar}; \underline{S}'' = P_D + j(Q_D - Q_{C2}) = (20 + j8,968) \text{ MVA}$$

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_D} = \frac{20 \cdot 7,74 + 8,968 \cdot 23,94}{110} = 3,359 \text{ kV}; \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_D} = \frac{20 \cdot 23,94 - 8,968 \cdot 7,74}{110} = 3,722 \text{ kV}$$

Со пресметаните падови на напон пресметуваме уточнета вредност на U_D :

$$U_D^{\text{ново}} = \sqrt{U_A^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 110,153 \text{ kV}$$

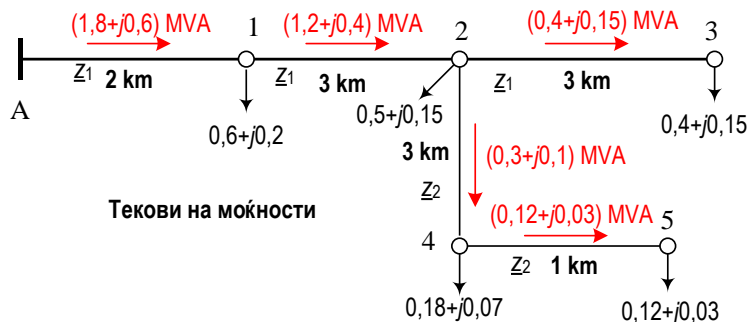
Втора итерација:

$$Q_{C2} = B_V / 2 \cdot U_D^2 = 1,035 \text{ Mvar}; \underline{S}'' = P_D + j(Q_D - Q_{C2}) = (20 + j8,965) \text{ MVA}$$

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_D} = \frac{20 \cdot 7,74 + 8,965 \cdot 23,94}{110,153} = 3,354 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_D} = \frac{20 \cdot 23,94 - 8,965 \cdot 7,74}{110,153} = 3,717 \text{ kV}$$

$$U_D^{\text{ново}} = \sqrt{U_A^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 110,158 \text{ kV} - \text{ја усвојуваме оваа вредност}$$

Задача 2.



а) пресметка на падови на напони:

$$\Delta U_{A-1} = \frac{P_{A-1} \cdot r_1 + Q_{A-1} \cdot x_1}{U_n} \cdot l_{A-1} = 0,277 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2} \cdot r_1 + Q_{1-2} \cdot x_1}{U_n} \cdot l_{1-2} = 0,277 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{P_{2-3} \cdot r_1 + Q_{2-3} \cdot x_1}{U_n} \cdot l_{2-3} = 0,094 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{2-4} = \frac{P_{2-4} \cdot r_2 + Q_{2-4} \cdot x_1}{U_n} \cdot l_{2-4} = 0,128 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{4-5} = \frac{P_{4-5} \cdot r_2 + Q_{4-5} \cdot x_1}{U_n} \cdot l_{4-5} = 0,017 \text{ kV}; \quad U_1 = U_A - \Delta U_{A-1} = 10,223 \text{ kV}; \quad U_2 = U_1 - \Delta U_{1-2} = 9,946 \text{ kV};$$

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{2-3} = 9,852 \text{ kV}; \quad U_4 = U_2 - \Delta U_{2-4} = 9,818 \text{ kV}; \quad U_5 = U_4 - \Delta U_{4-5} = 9,801 \text{ kV}$$

$$\text{Загуба на напон: } \Delta U = U_A - U_{\min} = U_A - U_5 = 0,699 \text{ kV}; \quad \Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 = 7\%$$

б) Пресметка на загуби на активна моќност:

$$\Delta P = \frac{P_{A-1}^2 + Q_{A-1}^2}{U_n^2} \cdot r_1 \cdot l_{A-1} + \frac{P_{1-2}^2 + Q_{1-2}^2}{U_n^2} \cdot r_1 \cdot l_{1-2} + \frac{P_{2-3}^2 + Q_{2-3}^2}{U_n^2} \cdot r_1 \cdot l_{2-3} + \frac{P_{2-4}^2 + Q_{2-4}^2}{U_n^2} \cdot r_2 \cdot l_{2-4} + \frac{P_{4-5}^2 + Q_{4-5}^2}{U_n^2} \cdot r_2 \cdot l_{4-5} = 0,0838 \text{ MW}$$