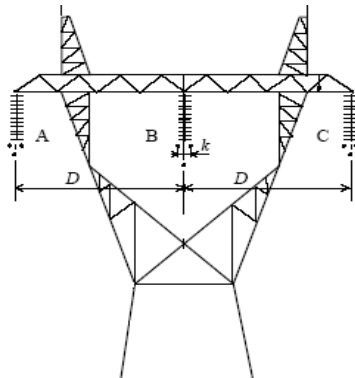


I КОЛОКВИУМ ПО ПРЕДМЕТОТ „ЕЛЕКТРИЧНИ МРЕЖИ“

1. Задача. На сликата 1 е дадена главата на столбовите на еден 400 kV вод. Растојанието помеѓу фазите (A-B и B-C) изнесува $D = 9,5$ m. Секоја фаза е изведена како сноп од по три спроводници тип Al/Fe 360/57 mm², кои се поставени на меѓусебно растојание $k = 50$ cm.

Да се пресметаат подолжните параметри на преносниот вод $\underline{z} = (r + jx)$ и $\underline{y} = jb$.

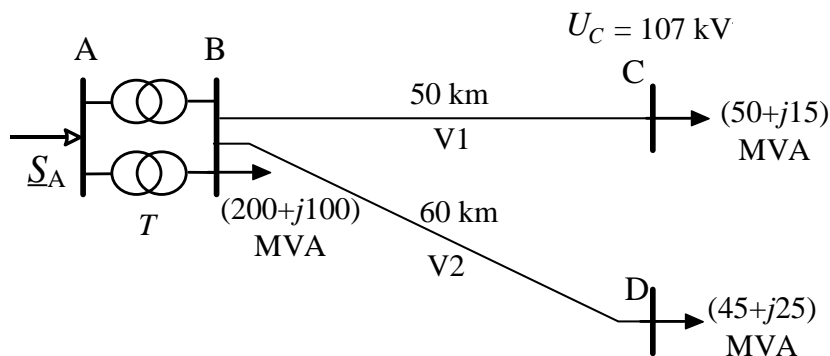
Да се нацрта π -еквивалентната шема и да се пресметаат параметрите ако должината на водот е 400 km.



Слика 1.

2. Задача. На сликата 2 е претставена електрична мрежа со напонски нивоа од 110 kV и 400 kV. На сликата прикажани се и должините на водовите и моќностите на потрошувачите. За 110 kV водови се познати подолжните параметри на заменската шема $r=0,1$ Ω /km, $x=0,4$ Ω /km, $b=2,75$ μ S/km. Познат е и напонот во јазолот C ($U_C = 107$ kV). Да се пресметаат:

- а) напонот во јазолот B и моќноста на почеток на водот B-C (\underline{S}'_{B-C}).
- б) напонот во јазолот D и моќноста на почеток на водот B-D (\underline{S}'_{B-D}), $U_B = 112,33$ kV.
- в) напонот во напојната точка A – на примарната страна од паралелните трансформатори и вкупните загубите на активна и реактивна моќност во паралелните трансформатори ΔP_T и ΔQ_T ;



Слика 2.

Податоци:

Трансформатори T (податоците се однесуваат на еден трансформатор):

300 MVA; 400/115,5 kV/kV; $u_k\% = 12\%$; $i_0\% = 0,7\%$; $\Delta P_{Cim} = 500$ kW; $\Delta P_{Fe} = 80$ kW.

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

Поени: **1а)** 20%; **2а)** 25%; **2б)** 25%; **2в)** 30%;

Време: 120 мин.

РЕШЕНИЈА НА ЗАДАЧИТЕ

Задача 1.

а) Параметри на водот: $D_m = D \cdot \sqrt[3]{2} = 11,97 \text{ m} = 11970 \text{ mm}$

спроводници Al/Fe 360/57, $d_p = 26,6 \text{ mm}$, $r_p = 13,3 \text{ mm}$, $A = 360,2 \text{ mm}^2$; $D_s = \sqrt[3]{r_p \cdot k^2} = \sqrt[3]{13,3 \cdot 500^2} = 149 \text{ mm}$

$$r = \frac{1000}{n \cdot 32 \cdot A} = \frac{1000}{3 \cdot 32 \cdot 360,2} = 0,029 \text{ } \Omega/\text{km}; \quad x = 0,1445 \cdot \log \frac{D_m}{D_s} + \frac{0,0157}{n} = 0,1445 \cdot \log \frac{11970}{149} + \frac{0,0157}{3} = 0,280 \text{ } \Omega/\text{km};$$

$$b = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log \frac{D_m}{D_s}} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log \frac{11970}{149}} = 3,979 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$$

Кенелиеви коефициенти: $b \cdot x \cdot l^2 = 3,979 \cdot 10^{-6} \cdot 0,28 \cdot 400^2 = 0,17826$

$$k_r = 1 - (b \cdot x \cdot l^2) / 3 = 0,9406; \quad k_x = 1 - (b \cdot x \cdot l^2) / 6 = 0,9703; \quad k_b = 1 + (b \cdot x \cdot l^2) / 12 = 1,0149$$

$$R_p = k_r \cdot r \cdot l = 10,911 \text{ } \Omega; \quad X_p = k_x \cdot x \cdot l = 108,674 \text{ } \Omega; \quad B_p / 2 = k_b \cdot b \cdot l / 2 = 807,657 \text{ } \mu\text{S}$$

Задача 2.

а) Параметри на водот: $R_{V1} = r \cdot l_1 = 5 \text{ } \Omega$; $X_{V1} = x \cdot l_1 = 20 \text{ } \Omega$; $B_{V1} / 2 = b \cdot l_1 / 2 = 68,75 \text{ } \mu\text{S}$; $\underline{U}_C = U_C e^{j0} = 107 \text{ kV}$

$$Q_{C2} = B_{V1} / 2 \cdot U_B^2 = 0,787 \text{ Mvar}; \quad \underline{S}_2 = (50 + j15) \text{ MVA} \quad \underline{S}'' = P_2 + j(Q_2 - Q_{C2}) = (50 + j14,213) \text{ MVA}$$

$$\text{Пад на напон во водот: } \Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_{V1} + Q'' \cdot X_{V1}}{U_C} = \frac{50 \cdot 5 + 14,213 \cdot 20}{107} = 4,993 \text{ kV};$$

$$\Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_{V1} - Q'' \cdot R_{V1}}{U_C} = \frac{50 \cdot 20 - 14,213 \cdot 5}{107} = 8,682 \text{ kV}$$

$$\text{Напон во јазол B: } \underline{U}_B = \underline{U}_A + \Delta U_d + j\Delta U_q = 111,993 + j8,682 = 112,33e^{j4,43} \text{ kV}$$

$$\text{Загуба на моќност: } \Delta S_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_C^2} \cdot (R_{V1} + jX_{V1}) = (1,18 + j4,72) \text{ MVA}; \quad Q_{C1} = B_{V1} / 2 \cdot U_B^2 = 0,868 \text{ Mvar}$$

$$\text{Моќност на почетокот на водот B-C: } \underline{S}'_{B-C} = \underline{S}_2 + \Delta S_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (51,180 + j18,065) \text{ MVA}$$

б) Параметри на водот: $R_{V2} = r \cdot l_2 = 6 \text{ } \Omega$; $X_{V2} = x \cdot l_2 = 24 \text{ } \Omega$; $B_{V2} / 2 = b \cdot l_2 / 2 = 82,5 \text{ } \mu\text{S}$; $U_B = 112,33 \text{ kV}$

Прва итерација:

Претпоставуваме: $U_D = U_n = 110 \text{ kV}$; $Q_{C2} = B_{V2} / 2 \cdot U_D^2 = 0,998 \text{ Mvar}$; $\underline{S}'' = P_D + j(Q_D - Q_{C2}) = (45 + j24,002) \text{ MVA}$

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_{V2} + Q'' \cdot X_{V2}}{U_D} = \frac{45 \cdot 6 + 24,002 \cdot 24}{110} = 7,691 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_{V2} - Q'' \cdot R_{V2}}{U_D} = \frac{45 \cdot 24 - 24,002 \cdot 6}{110} = 8,509 \text{ kV}$$

Со пресметаните падови на напон пресметуваме уточнета вредност на U_D :

$$U_D^{\text{ново}} = \sqrt{U_B^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 104,316 \text{ kV}$$

Втора итерација:

$Q_{C2} = B_{V2} / 2 \cdot U_D^2 = 0,898 \text{ Mvar}$; $\underline{S}'' = P_D + j(Q_D - Q_{C2}) = (45 + j24,102) \text{ MVA}$

$$\Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_{V2} + Q'' \cdot X_{V2}}{U_D} = \frac{45 \cdot 6 + 24,102 \cdot 24}{104,316} = 8,133 \text{ kV}; \quad \Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_{V2} - Q'' \cdot R_{V2}}{U_D} = \frac{45 \cdot 24 - 24,102 \cdot 6}{104,316} = 8,967 \text{ kV}$$

$$U_D^{\text{ново}} = \sqrt{U_B^2 - \Delta U_q^2} - \Delta U_d = 103,838 \text{ kV} - \text{ја усвојуваме оваа вредност}$$

$Q_{C2} = B_{V2} / 2 \cdot U_D^2 = 0,890 \text{ Mvar}$; $\underline{S}'' = P_D + j(Q_D - Q_{C2}) = (45 + j24,110) \text{ MVA}$

$$\text{Загуба на моќност: } \Delta S_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_D^2} \cdot (R_{V2} + jX_{V2}) = (1,450 + j5,801) \text{ MVA}; \quad Q_{C1} = B_{V2} / 2 \cdot U_B^2 = 1,041 \text{ Mvar}$$

$$\text{Моќност на почетокот на водот B-D: } \underline{S}'_{B-D} = \underline{S}_2 + \Delta S_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (46,45 + j28,87) \text{ MVA}$$

в) Параметри на еден трансформатор на 400 kV:

$$R_T = \Delta P_{Cun} \cdot \frac{U_n^2}{S_n^2} = 0,5 \cdot \frac{400^2}{300^2} = 0,889 \text{ } \Omega; \quad Z_T = \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{12}{100} \cdot \frac{400^2}{300} = 64 \text{ } \Omega;$$

$$\underline{S}_B = (200 + j100) + \underline{S}'_{B-C} + \underline{S}'_{B-D} = (297,63 + j146,935) \text{ MVA}; \underline{S}_T = \underline{S}_B / 2 = (148,815 + j73,4675) \text{ MVA}$$

$$U'_B = U_B \cdot k_T = 112,33 \cdot \frac{400}{115,5} = 389,022 \text{ kV}; \text{ Пад на напон во еден трансформатор: } \underline{U}'_B = U'_B \cdot e^{j0} = 389,022 \text{ kV}$$

$$\Delta U_d = \frac{P_T \cdot R_T + Q_T \cdot X_T}{U'_B} = \frac{148,815 \cdot 0,889 + 73,468 \cdot 64}{389,022} = 12,427 \text{ kV};$$

$$\Delta U_q = \frac{P_T \cdot X_T - Q_T \cdot R_T}{U'_B} = \frac{148,815 \cdot 64 - 73,468 \cdot 0,889}{389,022} = 24,314 \text{ kV}$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_B + \Delta U_d + j\Delta U_q = (401,449 + j24,314) = 402,185 \cdot e^{j3,47^\circ} \text{ kV}$$

Загуби на моќност во еден трансформатор:

$$\alpha = \alpha_{IT} = \frac{S_T}{S_n} = \frac{\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}{S_n} = 0,553; \Delta P_{IT} = \Delta P_{Fe} + \alpha^2 \cdot \Delta P_{Cim} = 0,233 \text{ MW}; \Delta Q_{IT} = \left(\frac{i_{0\%}}{100} + \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \alpha^2 \right) \cdot S_n = 13,116 \text{ Mvar}$$

Загуба на моќност во паралелни ТР: $\Delta \underline{S}_T = 2 \cdot \Delta \underline{S}_{IT} = (0,466 + j26,232) \text{ MVA}$