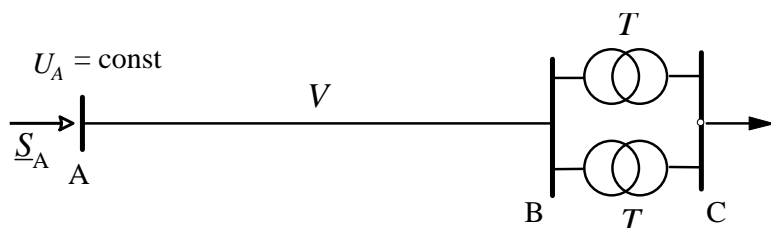


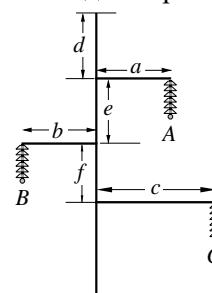
## I КОЛОКВИУМ ПО ПРЕДМЕТОТ „ЕЛЕКТРИЧНИ МРЕЖИ“

**1. Задача.** Потрошувач со моќност  $\underline{S} = P + jQ = (40 + j30)$  MVA се напојува преку два идентични, паралелно врзани трансформатора и еден преносен вод  $V$  (слика 1.1). Напонот при потрошувачот во разгледуваниот режим изнесува  $U_C = 9,8$  kV, а за напонот во напојната точка  $A$  може да се смета дека е константен и независен од оптоварувањето. Да се пресметаат:

- подолжните параметри на преносниот вод  $\underline{z} = (r + jx)$  и  $b$ ;
- напонот на примарната страна од трансформаторите  $U_B = ?$  како и вкупните загуби во обата трансформатора  $\Delta S_T = ?$ . Трансформаторите работат со својот номинален преносен однос.
- напонот во напојната точка  $U_A = ?$  како и моќноста  $\underline{S}_A$  што водот ја влече од изворот во точката „A“.



Слика 1.1



Слика 1.2

Забелешка: При решавањето на задачата да се земе предвид капацитивноста на преносниот вод.

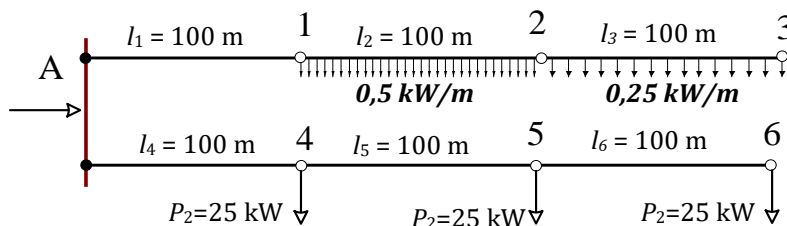
Податоци:

Вод  $V$ :  $l = 40$  km; спроводници Al/Fe 240/40 mm<sup>2</sup>; распоред на спроводниците на главата на столбот како на сликата 1.2 ( $a = b = 2,6$  m;  $c = 3,55$  m;  $d = 3,5$  m;  $e = f = 1,5$  m)

Трансформатор  $T$  (податоците се однесуваат на еден трансформатор):

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

**2. Задача.** На сликата 2. е прикажана нисконапонска дистрибутивна мрежа, напојувана од точката  $A$  со познат напон  $U_A = 410$  V. Водовите во мрежата се надземни, со спроводници Al/Fe 50/8 mm<sup>2</sup> ( $r = 0,6$   $\Omega$ /km;  $x = 0,35$   $\Omega$ /km). Првиот извод (A-3) е долг 300 m и се состои од три делници долги по 100 m. На првата делница (A-1) нема потрошувачи, втората делница 1-2 е оптоварена со рамномерно распределен товар (домаќинства со  $\cos \varphi_D = 0,95$ ), чија подолжна густина изнесува  $p_{1,2} = 0,5$  kW/m, додека на третата делница (2-3) има потрошувачи (домаќинства) со подолжна густина  $p_{2,3} = 0,25$  kW/m. Вториот извод се состои од три делници со еднакви должини од по 100 m и на него се приклучени три идентични индустриски потрошувачи со исти моќности  $P_2 = 25$  kW,  $\cos \varphi_l = 0,85$ .



Слика 2.

- Да се пресметаат напоните во сите јазли од мрежата и загубата на напон во мрежата  $\Delta U\%$ . Колкав ќе биде фазниот напон кај домаќинствата во јазол 3?
- Да се пресметаат вкупните загуби на активна моќност во мрежата  $\Delta P_\Sigma$  (во kW и %).

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

Време: 120

## РЕШЕНИЈА НА ЗАДАЧИТЕ

### 1. Задача.

а) Параметри на водот:

$$D_{AB} = \sqrt{(a+b)^2 + e^2} = 5,412 \text{ m}; D_{AC} = \sqrt{(c-a)^2 + (e+f)^2} = 3,417 \text{ m}; D_{BC} = \sqrt{(b+c)^2 + f^2} = 6,330 \text{ m}$$

$$D_m = \sqrt[3]{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{AC}} = 4,892 \text{ m};$$

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

$$r = \frac{1000}{32 \cdot A} = 0,129 \text{ } \Omega/\text{km}; x = 0,1445 \log \frac{D_m}{D_s} = 0,396 \text{ } \Omega/\text{km}; b = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log \frac{D_m}{r_p}} = 2,86 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$$

б) Параметри на еден трансформатор на 110 kV:

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

$$U'_C = U_C \cdot k_T = 9,8 \cdot \frac{110}{10,5} = 102,667 \text{ kV}; \underline{S}_P = (40 + j30) \text{ MVA}; \underline{S}_T = \frac{\underline{S}_P}{2} = P_T + jQ_T = (20 + j15) \text{ MVA}$$

Пад на напон во еден трансформатор:  $\underline{U}'_C = U'_C \cdot e^{j0} = 102,667 \text{ kV}$

$$\Delta U_d = \frac{P_T \cdot R_T + Q_T \cdot X_T}{U'_C} = \frac{20 \cdot 2,561 + 15 \cdot 46,095}{102,667} = 7,234 \text{ kV}; \Delta U_q = \frac{P_T \cdot X_T - Q_T \cdot R_T}{U'_C} = \frac{20 \cdot 46,095 - 15 \cdot 2,561}{102,667} = 8,605 \text{ kV}$$

$$\underline{U}_B = \underline{U}_C + \Delta U_d + j\Delta U_q = (109,901 + j8,605) = 110,237 \cdot e^{j4,48^\circ} \text{ kV}$$

Загуби на моќност во еден трансформатор:

$$\alpha = \alpha_{1T} = \frac{S_T}{S_n} = \frac{\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}{S_n} = 0,794; \Delta P_{1T} = \Delta P_{Fe} + \alpha^2 \cdot \Delta P_{Cun} = 0,162 \text{ MW}; \Delta Q_{1T} = \left( \frac{i_{0\%}}{100} + \frac{u_{k\%}}{100} \cdot \alpha^2 \right) \cdot S_n = 2,633 \text{ Mvar}$$

Моќност на примар на еден ТР:  $\underline{S}_{B1T} = \underline{S}_T + \Delta P_{1T} + j\Delta Q_{1T} = (20,162 + j17,633) \text{ MVA}$

Моќност во точка В:  $\underline{S}_B = 2 \cdot \underline{S}_{B1T} = (40,324 + j35,266) \text{ MVA}$

в) Параметри на водот:  $R_V = r \cdot l = 5,16 \text{ } \Omega$ ;  $X_V = x \cdot l = 15,84 \text{ } \Omega$ ;  $B_V / 2 = b \cdot l / 2 = 57,2 \text{ } \mu\text{S}$ ;  $\underline{U}_B = U_B e^{j0} = 110,237 \text{ kV}$

$$Q_{C2} = B_V / 2 \cdot U_B^2 = 0,695 \text{ Mvar}; \underline{S}'' = P_B + j(Q_B - Q_{C2}) = (40,324 + j34,571) \text{ MVA}$$

$$\text{Пад на напон во водот: } \Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_B} = \frac{40,324 \cdot 5,16 + 34,571 \cdot 15,84}{110,237} = 6,855 \text{ kV};$$

$$\Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_B} = \frac{40,324 \cdot 15,84 - 34,571 \cdot 5,16}{110,237} = 4,176 \text{ kV}$$

Напон во јазол А:  $\underline{U}_A = \underline{U}_B + \Delta U_d + j\Delta U_q = 117,092 + j4,176 = 117,166 e^{j2,04^\circ} \text{ kV}$

Ако  $\underline{U}_A = U_A e^{j0} = 117,166 \text{ kV} \Rightarrow \underline{U}_B = 110,237 e^{-j2,04^\circ} \text{ kV}$ ;  $\underline{U}_C = 9,8 e^{-j6,52^\circ} \text{ kV}$

Загуба на моќност:  $\Delta \underline{S}_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_B^2} \cdot (R_V + jX_V) = (1,198 + j3,677) \text{ MVA}$ ;  $Q_{C1} = B_V / 2 \cdot U_A^2 = 0,785 \text{ Mvar}$

Моќност на почетокот на водот А-В:  $\underline{S}_{A-A-B} = \underline{S}_B + \Delta \underline{S}_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (41,522 + j37,463) \text{ MVA}$

### Задача 2.

Загуба на напон

Дел А-3:  $\cos \varphi_D = 0,95 \Rightarrow \tan \varphi_D = 0,3287$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{1}{2} \Delta U_{\text{conc}} = \frac{1}{2} \frac{P_{2-3} (r + x \cdot \tan \varphi_D)}{U_n} l_{2-3} = \frac{1}{2} \frac{25 \cdot (0,6 + 0,35 \cdot 0,3287)}{0,4} 0,1 = 2,23 \text{ V};$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{1}{2} \Delta U_{konc1-2} + \Delta U_{konc2-3} = \frac{1}{2} \frac{P_{1-2}(r+x \cdot \tan \varphi_D)}{U_n} l_{1-2} + \frac{P_{2-3}(r+x \cdot \tan \varphi_D)}{U_n} l_{1-2} = 8,94 \text{ V};$$

$$\Delta U_{A-1} = \frac{(P_{1-2} + P_{2-3}) \cdot (r+x \cdot \tan \varphi_D)}{U_n} l_{A-1} = \frac{75 \cdot (0,6 + 0,35 \cdot 0,329)}{0,4} \cdot 0,1 = 13,41 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{A-3} = \Delta U_{A-1} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3} = 24,58 \text{ V (6,14\%)}$$

$$U_A = 410 \text{ V}; U_1 = 396,59 \text{ V}; U_2 = 387,65 \text{ V}; U_3 = 385,42 \text{ V}; U_{3f} = 222,52 \text{ V}$$

$$\text{дел A-6 } \cos \varphi_I = 0,85 \Rightarrow \tan \varphi_I = 0,6197$$

$$n = 3; P_{\Sigma A-5} = n \cdot P_I = 75 \text{ kW}; \Delta U_{A-6} = \frac{n+1}{2n} \Delta U_{konc} = \frac{n+1}{2n} \frac{P_{A-6}(r+x \cdot \tan \varphi_I)}{U_n} l_{A-6} = 30,63 \text{ V (7,66\%)}$$

$$U_A = 410 \text{ V}; U_i = U_A - \Delta U_{A-6} \cdot \left[ 1 - \frac{(n-i) \cdot (n+1-i)}{n \cdot (n+1)} \right]; U_4 = U_A - \Delta U_{A-6} \cdot \left[ 1 - \frac{2 \cdot 3}{3 \cdot 4} \right] = 394,68 \text{ V};$$

$$U_5 = U_A - \Delta U_{A-6} \cdot \left[ 1 - \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 4} \right] = 384,48 \text{ V}; U_6 = U_A - \Delta U_{A-6} = 379,37 \text{ V}$$

Загуби на активна моќност:

$$\text{дел 2-3: } \Delta P_{2-3} = \frac{1}{3} \Delta P_{konc} = \frac{1}{3} \frac{P_{2-3}^2 \cdot r}{\cos^2 \varphi_D \cdot U_n^2} l_{2-3} = \frac{1}{3} \frac{25^2 \cdot 0,6}{0,95^2 \cdot 0,4^2} \cdot 0,1 = 87 \text{ W}$$

$$\text{дел 1-2: } \Delta P_{1-2} = \frac{P_{2-3}^2 \cdot r}{\cos^2 \varphi_D \cdot U_n^2} l_{1-2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{1-2}^2 \cdot r}{\cos^2 \varphi_D \cdot U_n^2} l_{1-2} + \frac{P_{1-2} \cdot P_{2-3} \cdot r}{\cos^2 \varphi_D \cdot U_n^2} l_{1-2} = 1125 \text{ W}$$

$$\text{дел A-1 } \Delta P_{A-1} = \frac{(P_{1-2} + P_{2-3})^2 \cdot r}{\cos^2 \varphi_D \cdot U_n^2} l_{A-1} = \frac{75^2 \cdot 0,6}{0,95^2 \cdot 0,4^2} \cdot 0,1 = 2337 \text{ W}$$

$$\text{дел 1-6: } \Delta P_{A-6} = \frac{(n+1)(2n+1)}{6n^2} \Delta P_{konc} = \frac{4 \cdot 7}{6 \cdot 9} \cdot \frac{P_{A-6}^2 \cdot r}{\cos^2 \varphi_I \cdot U_n^2} l_{1-6} = \frac{4 \cdot 7}{6 \cdot 9} \cdot \frac{75^2 \cdot 0,6}{0,85^2 \cdot 0,4^2} \cdot 0,3 = 4542 \text{ W}$$

$$\Delta P_{\Sigma} = 8,091 \text{ kW}; \Delta P\% = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} \cdot 100 = 5,4\%$$