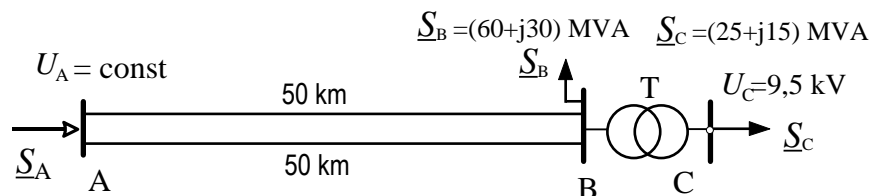


Писмен испит по предметот „ЕЛЕКТРИЧНИ МРЕЖИ“

1. Задача. На сликата 1 е прикажан дел од еден ЕЕС којшо се состои од два преносни вода и енергетски регулационен трансформатор за снижување на напонот. На самата слика се прикажани должините на водовите (km) и моќностите на потрошувачите во (MW). Во набљудуваниот режим напонот кај потрошувачите во јазолот С изнесува $U_C = 9,5 \text{ kV}$ и притоа трансформаторот Т работи со својот номинален преносен однос. Параметрите на водовите се: $z = (r+jx) = (0,13+j0,4) \Omega/\text{km}$, $b = 2,75 \mu\text{S}/\text{km}$. Да се пресметаат:

- напонот во јазолот В – на примарната страна трансформаторот и загубите на активна и реактивна моќност во трансформаторот ΔP_T и ΔQ_T ;
- напонот во напојната точка А и моќноста S_A што се инјектира во собирницата „А“;

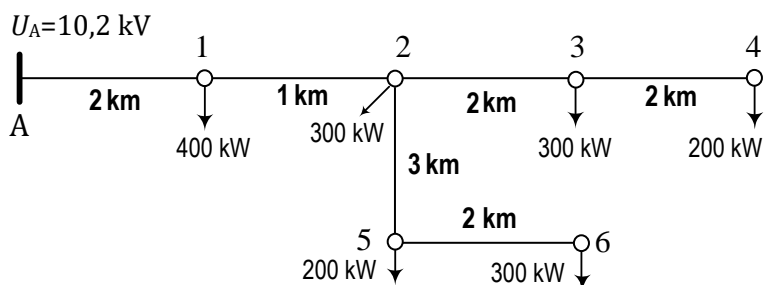


Слика 1.

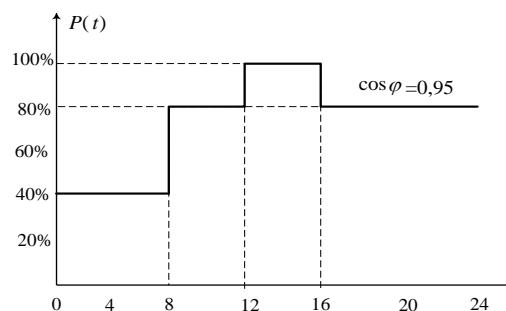
Податоци за трансформаторот Т: $S_n = 31,5 \text{ MVA}$; $110/10,5 \text{ kV/kV}$; $u_k\% = 10\%$; $i_0\% = 0,5\%$; $\Delta P_{\text{Cun}} = 350 \text{ kW}$; $\Delta P_{\text{Fe}} = 70 \text{ kW}$.

Забелешка: При решавањето на задачата да не се вршат занемарувања (падовите на напон да се пресметуваат со актуелниот напон и да се уважат капацитивноста на водовите и попречните компоненти на падот на напонот).

2. Задача. На сликата 2.1 е прикажан 10 kV извод од радијална надземна дистрибутивна мрежа. На самата слика се дадени должините на водовите и максималните активни моќности на потрошувачите. Сите потрошувачи се од ист тип и имаат ист фактор на моќност $\cos \varphi = 0,95 = \text{const}$. преку целиот ден како и ист облик на дневниот дијаграм на оптоварување, прикажан на сликата 2.2. Податоците за расположливите пресеци на спроводниците, заедно со нивните надолжни параметри се дадени во табела 2.1.



Слика 2.1.



Слика 2.2.

- Да се одреди главната магистрала на мрежата и да се изврши нејзино димензионирање според критериумот на константна густина на струја, ако дозволената загуба на напон во мрежата изнесува $\Delta U_{\text{доз}} = 5\%$.
- За така димензионираната главната магистрала да се димензионира отцепот во мрежата со критериумот на константен пресек.
- За режимот на работа со максимално оптоварување да се пресметаат загубите на моќност во мрежата ΔP_M .
- Да се пресметаат дневните и годишните загуби на енергија во мрежата ΔW . Притоа да се смета дека максималната моќност како и обликот на дијаграмот на оптоварување се исти во секој ден од годината.

Табела 2.1. Податоци за подолжните параметри на СН надземни водови

Al/Fe	16/2.5	25/4	35/6	50/8	70/12	95/15
$r, (\Omega/\text{km})$	2,042	1,313	0,911	0,647	0,447	0,331
$x, (\Omega/\text{km})$	0.406	0,391	0,380	0,370	0,357	0,348
$I_d, (\text{A})$	90	125	145	170	235	290
$S_d, (\text{kVA})$	1559	2165	2511	2944	4070	5023

Поени: **1а)** 20%; **1б)**20%; **2.а)** 20 %; **2.б)** 15 %; **2.в)** 10 %; **2.г)** 15 %

Време: 120 мин.

РЕШЕНИЈА НА ЗАДАЧИТЕ

1. Задача.

а) Параметри на еден трансформатор: $Z_T^{110} = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{11}{100} \cdot \frac{110^2}{31,5} = 42,254 \Omega$;

$$R_T^{110} = \Delta P_{Cum} \cdot \frac{U_n^2}{S_n^2} = 0,3 \cdot \frac{110^2}{31,5^2} = 3,658 \Omega; X_T^{110} = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 42,095 \Omega; \underline{U}_C = U_C e^{j0} = 9,8 \text{ kV};$$

$$U'_C = U_C \frac{110}{10,5} = 102,667 \text{ kV}. \text{ Пад на напон во TR: } \Delta U_{dT} = \frac{P_C \cdot R_T + Q_C \cdot X_T}{U'_C} = \frac{25 \cdot 3,658 + 15 \cdot 42,095}{102,667} = 7,041 \text{ kV};$$

$$\Delta U_{qT} = \frac{P_C \cdot X_T - Q_C \cdot R_T}{U'_C} = \frac{25 \cdot 42,095 - 15 \cdot 3,658}{102,667} = 9,716 \text{ kV};$$

$$\text{Напон во јазол B: } \underline{U}'_B = \underline{U}_C + \Delta U_d + j \Delta U_q = 109,708 + j9,716 = 110,137 e^{j5,06^\circ} \text{ kV}$$

$$\text{Загуби на моќност во TR: } \alpha = \frac{S_P}{S_n} = \frac{\sqrt{25^2 + 15^2}}{31,5} = 0,9255; \Delta P_T = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cum} \cdot \alpha^2 = 317 \text{ kW} = 0,317 \text{ MW};$$

$$\Delta Q_T = S_n \cdot \left(\frac{i_o \%}{100} + \frac{u_k \%}{100} \cdot \alpha^2 \right) = 3,125 \text{ Mvar}$$

б) Моќност на крајот од водот А-В: $P_{B\Sigma} = P_B + P_C + \Delta P_T = 85,317 \text{ MW}; Q_{B\Sigma} = Q_B + Q_C + \Delta Q_T = 48,125 \text{ Mvar};$

Моќност на крајот од секој од водовите: $P_{B\Sigma} / 2 = 42,659 \text{ MW}; Q_B / 2 = 24,063 \text{ Mvar}$

Параметри на еден вод: $R_V = r \cdot l = 5,2 \Omega; X_V = x \cdot l = 16 \Omega; B_V / 2 = b \cdot l / 2 = 55 \mu S;$

$$\underline{U}_B = U_B e^{j0} = 110,137 \text{ kV}; Q_{C2} = B_V / 2 \cdot U_B^2 = 0,667 \text{ Mvar}; \underline{S}'' = P_{B\Sigma} / 2 + j(Q_{B\Sigma} / 2 - Q_{C2}) = (42,659 + j23,396) \text{ MVA}$$

$$\text{Пад на напон во водот: } \Delta U_d = \frac{P'' \cdot R_V + Q'' \cdot X_V}{U_B} = \frac{42,659 \cdot 5,2 + 23,396 \cdot 16}{110,137} = 5,413 \text{ kV};$$

$$\Delta U_q = \frac{P'' \cdot X_V - Q'' \cdot R_V}{U_B} = \frac{42,659 \cdot 16 - 23,396 \cdot 5,2}{110,137} = 5,093 \text{ kV}$$

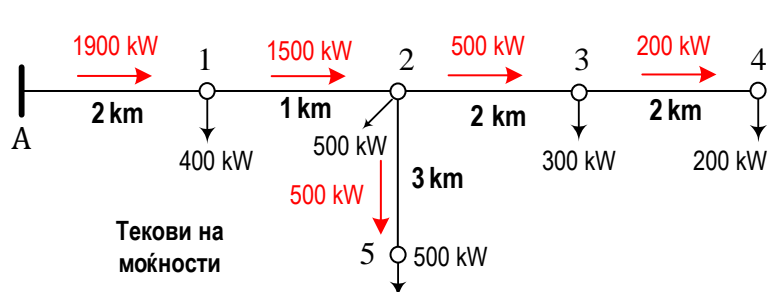
$$\text{Напон во јазол A: } \underline{U}_A = \underline{U}_B + \Delta U_d + j \Delta U_q = 115,550 + j5,093 = 115,662 e^{j2,52^\circ} \text{ kV}$$

$$\text{Ако } \underline{U}_A = U_A e^{j0} = 115,662 \text{ kV} \Rightarrow \underline{U}_B = 110,137 e^{-j2,52^\circ} \text{ kV}; \underline{U}_C = 9,8 e^{-j7,58^\circ} \text{ kV}$$

$$\text{Загуба на моќност: } \Delta S_{ZV} = \frac{P''^2 + Q''^2}{U_B^2} \cdot (R_V + jX_V) = (1,015 + j3,122) \text{ MVA}; Q_{C1} = B_V / 2 \cdot U_A^2 = 0,736 \text{ Mvar}$$

$$\text{Моќност на почетокот на еден вод А-В; } \underline{S}_{A-A-B} = \underline{S}_B + \Delta S_{ZV} - jQ_{C2} - jQ_{C1} = (43,674 + j25,782) \text{ MVA}$$

2. Задача.



а) Одредување на главна магистрала:

$$\omega_4 = \{1,2,3,4\}, \omega_5 = \{1,2,5\}$$

$$\sum_{i \in \omega_4} P_{\Sigma i} l_i = 1900 \cdot 2 + 1500 \cdot 1 + 500 \cdot 2 + 200 \cdot 2 = 6700 \text{ kW} \cdot \text{km}$$

$$\sum_{i \in \omega_5} P_{\Sigma i} l_i = 1900 \cdot 2 + 1500 \cdot 1 + 500 \cdot 3 = 6800 \text{ kW} \cdot \text{km}$$

Главна магистрала е А-1-2-5

Димензионирање на главна магистрала:

$$\Delta U_r = \frac{x_{sr}}{U_n} \sum_{i \in \omega_3} Q_{\Sigma i} l_i = \frac{x_{sr}}{U_n} \tan \varphi \cdot \sum_{i \in \omega_3} P_{\Sigma i} l_i = \frac{0,375}{10} \cdot 0,329 \cdot 6800 = 83,9 \text{ V};$$

$$\Delta U_{a \text{ doz}} = \Delta U_{\text{doz}} - \Delta U_r = 500 - 83,9 = 416,1 \text{ V}; \sum l_i \cdot \cos \varphi_i = \cos \varphi \cdot \sum l_i = 0,95 \cdot (2+1+3) = 5,7 \text{ km}$$

$$J_{const} = \frac{\kappa \cdot \Delta U_{a \text{ doz}}}{\sqrt{3} \cdot \sum l_i \cdot \cos \varphi_i} = \frac{32 \cdot 0,416}{\sqrt{3} \cdot 5,6} = 1,372 \text{ A/mm}^2;$$

$$A_{A-1} = \frac{P_{\Sigma A-1}}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot J_{const}} = 84 \text{ mm}^2 \text{ се избира } 95 \text{ mm}^2.$$

$$A_{1-2} = \frac{P_{\Sigma 1-3}}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot J_{const}} = 66 \text{ mm}^2 \text{ се избира } 70 \text{ mm}^2.$$

$$A_{2-5} = \frac{P_{\Sigma 3-5}}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot J_{const}} = 22 \text{ mm}^2 \text{ се избира } 25 \text{ mm}^2;$$

Проверка:

$$\Delta U_{A-1} = \frac{P_{\Sigma A-1} \cdot (r_{95} + \tan \varphi \cdot x_{95})}{U_n} \cdot l_{A-1} = \frac{1900 \cdot (0,331 + 0,329 \cdot 0,348)}{10} \cdot 2 = 169 \text{ V}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{\Sigma 1-2} \cdot (r_{70} + \tan \varphi \cdot x_{70})}{U_n} \cdot l_{1-2} = \frac{1500 \cdot (0,447 + 0,329 \cdot 0,357)}{10} \cdot 1 = 85 \text{ V}$$

$$\Delta U_{2-5} = \frac{P_{\Sigma 2-5} \cdot (r_{25} + \tan \varphi \cdot x_{25})}{U_n} \cdot l_{2-5} = \frac{400 \cdot (1,313 + 0,329 \cdot 0,391)}{10} \cdot 3 = 173 \text{ V}$$

$$\Delta U_{A-5} = 427 \text{ V} < \Delta U_{doz}; I_{A-1} = \frac{P_{\Sigma A-1}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = 115,5 \text{ A} < I_{d95}$$

б) Димензионирање на отцеп 2-5:

$$\Delta U_{locr} = \Delta U_{doz} - \Delta U_{A-2} = 500 - 169 - 85 = 246 \text{ V}; \Delta U_r = \frac{x_{sr}}{U_n} \tan \varphi \cdot (P_{2-4} \cdot l_{2-4} + P_{4-5} \cdot l_{4-5}) = 17,3 \text{ V};$$

$$\Delta U_{adoz} = \Delta U_{locr} - \Delta U_r = 246 - 17,3 = 228,7 \text{ V}$$

$$A_{2-3-4} \geq \frac{1000 \cdot (P_{2-3} \cdot l_{2-3} + P_{3-4} \cdot l_{3-4})}{\kappa \cdot U_n \cdot \Delta U_{adoz}} = \frac{1000 \cdot 1400}{32 \cdot 10 \cdot 228,7} = 19 \text{ mm}^2 \text{ се избира пресек од } 25 \text{ mm}^2.$$

Проверка:

$$\Delta U_{2-4} < \Delta U_{locr}$$

в) Пресметка на загуби на моќност:

$$\Delta P_M = \frac{P_{\Sigma A-1}^2}{\cos^2 \varphi \cdot U_n^2} \cdot r_{95} \cdot l_{A-1} + \frac{P_{\Sigma 1-2}^2}{\cos^2 \varphi \cdot U_n^2} \cdot r_{70} \cdot l_{1-2} + \frac{P_{\Sigma 2-5}^2}{\cos^2 \varphi \cdot U_n^2} \cdot r_{25} \cdot l_{2-5} + \frac{P_{\Sigma 2-3}^2}{\cos^2 \varphi \cdot U_n^2} \cdot r_{25} \cdot l_{2-3} + \frac{P_{\Sigma 3-4}^2}{\cos^2 \varphi \cdot U_n^2} \cdot r_{25} \cdot l_{3-4} = 44,9 \text{ kW}$$

г) Пресметка на време на загуби:

$$\tau = \sum_{i=1}^n \frac{S_i^2}{S_M^2} \Delta t_i; \cos \varphi = \text{const}; \Rightarrow \tau = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2}{P_M^2} \Delta t_i = \frac{1}{100^2} \sum_{i=1}^n p_i^2 \% \Delta t_i$$

$$\tau = \frac{1}{100^2} \sum_{i=1}^n p_i^2 \% \Delta t_i = \frac{1}{100^2} (20^2 \cdot 8 + 80^2 \cdot 4 + 100^2 \cdot 4 + 60^2 \cdot 4 + 40^2 \cdot 4) = 8,96 \text{ h}$$

Загуби на енергија:

$$\Delta W_d = \Delta P_M \cdot \tau = 44,9 \cdot 8,96 = 402 \text{ kWh}$$

$$\Delta W_g = \Delta W_d \cdot 365 = 402 \cdot 365 = 146,7 \text{ MWh}$$