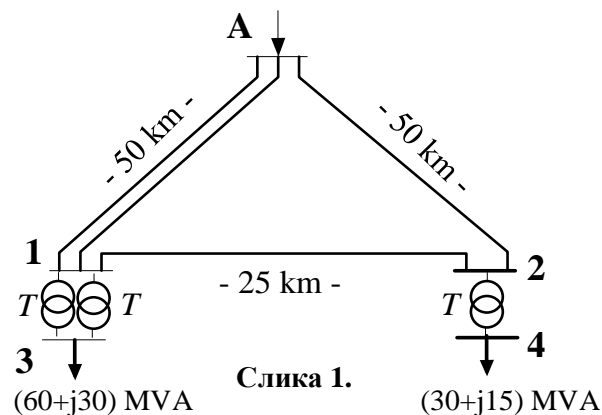


## ШКОЛОКВИУМ ПО ПРЕДМЕТОТ „ЕЛЕКТРИЧНИ МРЕЖИ“

**1. Задача.** На сликата 1 е прикажана 110 kV мрежа која се состои од три делници: „А-1“, „А-2“ и „1-2“ чиишто должини, изразени во km, се прикажани на самата слика и три трансформатори. Сите водови од мрежата се со исти подолжни параметри  $\underline{z} = (r+jx) = (0,1+j0,4) \Omega/\text{km}$ . На сликата се прикажани и оптоварувањата на потрошувачите. Напонот во напојната точка се држи на константна вредност  $U_A = 113\text{kV}$ . Потребно е:

- Да се пресметаат приближно тековите на моќности во мрежата.
- Со користење на приближните текови на моќности во мрежата да се пресметаат загубите на активна моќност во мрежата и напоните во јазлите 1 и 2.
- При колкава привидна моќност на потрошувачот во јазлот 3 треба да се исклучи еден од паралелните трансформатори поврзани меѓу јазлите 1 и 3 за да се минимизираат загубите на моќност и енергија во трансформаторите.

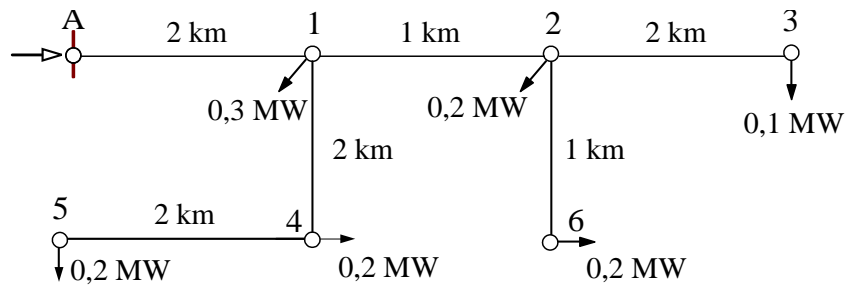


**Податоци за T:** 40 MVA, 110/21 kV/kV,  $u_k\% = 11\%$ ,  $i_0\% = 0,7\%$ ,  $\Delta P_{Cim} = 180 \text{ kW}$ ,  $\Delta P_{Fe} = 36 \text{ kW}$

**Забелешка:** При решавањето на задачата да се занемари капацитивноста на водовите, при пресметката на приближните текови на моќност да се земат во предвид загубите на моќност во трансформаторите, при пресметка на напоните да се занемари попречната компонента на падот на напон.

**2. Задача.** На сликата 2 е прикажан 10 kV извод од една радијална дистрибутивна мрежа. Должините на водовите (km) и максималните активните на потрошувачите во режимот на максимално оптоварување (MW) се дадени на самата слика. Сите потрошувачи се од ист тип и имаат фактор на моќност  $\cos \varphi = 0,9$ . Водовите на главната магистрала 1-2-3 се со спроводник тип Al/Fe 95/15 ( $r=0,33\Omega/\text{km}$ ,  $x=0,35\Omega/\text{km}$ ), а на отцепите Al/Fe 25/14 ( $r=1,31\Omega/\text{km}$ ,  $x=0,39\Omega/\text{km}$ ),

- Да се пресмета еквивалентната импеданција на мрежата.
- Да се пресметаат загубите на активна и реактивна моќност во мрежата во режимот на максимално оптоварување. Колкави ќе бидат загубите на активна и реактивна моќност во мрежата во режим во кој моќностите на потрошувачите се 60% од моќностите во режимот на максимално оптоварување.



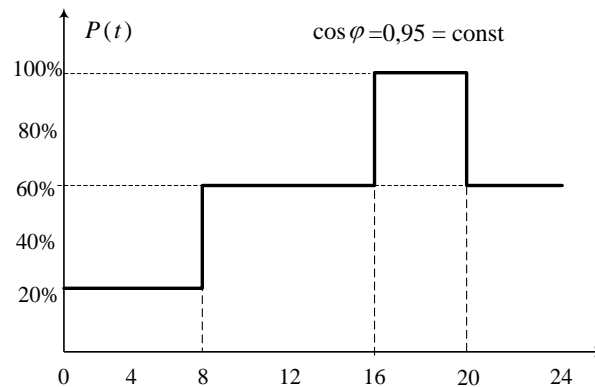
Слика 2.

**3. Задача.** На трансформаторска станица 10/0,4 се приклучени:

- индустриски потрошувачкој работи со константна моќност  $P_I = 400 \text{ kW}$  во текот на целото деноноќие и фактор на моќност  $\cos \varphi_I = 0,8$  и
- група на домаќинствачијшто дијаграм на оптоварување е претставен на слика 3. и имаат максимална моќност  $P_{DM} = 180 \text{ kW}$  и фактор на моќност  $\cos \varphi_D = 0,95$  кој е константен преку целиот ден.

Да се пресметаат дневните загуби на електрична енергија во трансформаторот во kWh и % во однос на вкупната испорачана енергија.

Податоци за TR: 630 kVA; 10/0,4 kV/kV;  $u_k\% = 4\%$ ;  $\Delta P_{Cun} = 6,5 \text{ kW}$ ;  $i_0\% = 1,8\%$ ;  $\Delta P_{Fe} = 1,3 \text{ kW}$



Слика 3.

Поени: 1.а)20%; 1.б)15%. 1.в)10%. 2.а)20%; 2.б)10%; 3.25%;

Време: 120 мин.

## РЕШЕНИЈА НА ЗАДАЧИТЕ

## 1. Задача.

а) Пресметка на загуби на моќност во трансформатори:

$$\Delta P_{1-3} = n \cdot \Delta P_{Fe} + \frac{1}{n} \cdot \alpha_{1-3}^2 \cdot \Delta P_{Cun}; \Delta Q_{1-3} = \left( n \cdot \frac{i_o \%}{100} + \frac{1}{n} \cdot \frac{u_k \%}{100} \cdot \alpha_{1-3}^2 \right) \cdot S_n$$

$$\alpha_{1-3}^2 = \frac{\sqrt{P_3^2 + Q_3^2}}{S_n} = \frac{\sqrt{60^2 + 30^2}}{40} = 1,667; \Delta P_{1-3} = 2 \cdot 36 + \frac{1}{2} \cdot 1,667^2 \cdot 180 = 325 \text{ kW} = 0,325 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{1-3} = \left( 2 \cdot \frac{0,7}{100} + \frac{1}{2} \cdot \frac{11}{100} \cdot 1,667^2 \right) \cdot 40 = 6,748 \text{ Mvar}$$

$$\alpha_{2-4}^2 = \frac{\sqrt{P_4^2 + Q_4^2}}{S_n} = \frac{\sqrt{30^2 + 15^2}}{40} = 0,838; \Delta P_{2-4} = 36 + 0,838^2 \cdot 180 = 163 \text{ kW} = 0,163 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{2-4} = \left( \frac{0,7}{100} + \frac{11}{100} \cdot 0,838^2 \right) \cdot 40 = 3,374 \text{ Mvar}$$

$$\underline{S}'_1 = \underline{S}_{P3} + \Delta \underline{S}_{1-3} = (60,325 + j36,748) \text{ MVA}; \underline{S}'_2 = \underline{S}_{P4} + \Delta \underline{S}_{2-4} = (30,163 + j18,374) \text{ MVA}$$

Двата паралелни вода А-1 можат да се еквивалентираат со еден вод со должина од 25 km.

Пресметка на приближни текови на моќност:

$$\underline{S}_{A-1} = \underline{S}'_1 \frac{l_{1B}}{l_{AB}} + \underline{S}'_2 \frac{l_{2B}}{l_{AB}} = (60,325 + j36,748) \frac{75}{100} + (30,163 + j18,374) \frac{50}{100} = (60,326 + j36,748) \text{ MVA}$$

$$\underline{S}_{1-2} = \underline{S}_{A-1} - \underline{S}'_1 = (0 + j0) \text{ MVA}; \underline{S}_{A-2} = \underline{S}_2 - \underline{S}'_2 = (30,163 + j18,374) \text{ MVA}$$

б) Напоните во јазлите се:

$$U_1 \approx U_A - \frac{P_{A-1} \cdot r + Q_{A-1} \cdot x}{U_A} \cdot l_{A1} = 113 - \frac{60,326 \cdot 0,1 + 36,748 \cdot 0,4}{113} \cdot 25 = 108,413 \text{ kV}$$

$$U_2 \approx U_A - \frac{P_{A-2} \cdot r + Q_{A-2} \cdot x}{U_A} \cdot l_{A1} = 113 - \frac{30,163 \cdot 0,1 + 18,372 \cdot 0,4}{113} \cdot 50 = 108,413 \text{ kV}$$

$$\Delta \underline{S}_{A-1} = \frac{P_{A-1}^2 + Q_{A-1}^2}{U_1^2} \cdot (r + jx) \cdot l_{A1} = \frac{60,326^2 + 36,748^2}{108,413^2} \cdot (0,1 + j0,4) \cdot 25 = (1,061 + j4,245) \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{1-2} = \frac{P_{1-2}^2 + Q_{1-2}^2}{U_1^2} \cdot (r + jx) \cdot l_{12} = (0 + j0) \text{ MVA}$$

$$\Delta \underline{S}_{A-2} = \frac{P_{A-2}^2 + Q_{A-2}^2}{U_2^2} \cdot (r + jx) \cdot l_{12} = \frac{30,163^2 + 18,374^2}{108,413^2} \cdot (0,1 + j0,4) \cdot 50 = (0,531 + j2,123) \text{ MVA}$$

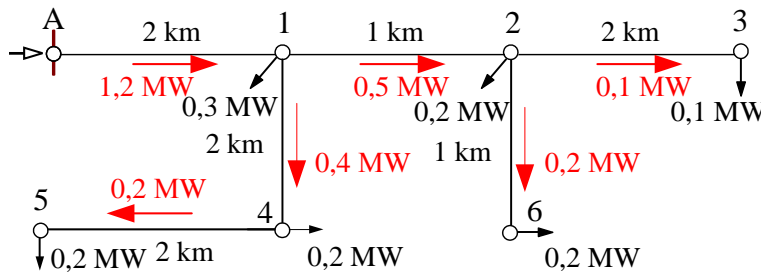
вкупни загуби:  $\Delta P = 2,08 \text{ MW}$ ,  $\Delta Q = 6,368 \text{ Mvar}$

в) Пресметка на моќност при која се преминува од 1 во 2 трансформатори и обратно:

$$S_{n \rightarrow n+1} = S_n \sqrt{\frac{\Delta P_{Fe}}{\Delta P_{Cun}} \cdot n \cdot (n+1)}; S_{1 \rightarrow 2} = S_n \sqrt{\frac{\Delta P_{Fe}}{\Delta P_{Cun}} \cdot 1 \cdot 2} = 40 \cdot \sqrt{\frac{36}{180}} \cdot 2 = 25,3 \text{ MVA}$$

При привидна моќност на потрошувачот во јазол 3 помала од 25,3 MVA се исплаќа да се исклучи еден од паралелните трансформатори за да се намалат загубите на енергија.

## 2. Задача.



а) пресметка на коефициенти на учество

$$\underline{k}_i = \frac{S_{\Sigma}(i)}{S_A} = \frac{P_{\Sigma}(i) + jP_{\Sigma}(i) \cdot \tan \varphi}{P_A + jP_A \cdot \tan \varphi} = \frac{P_{\Sigma}(i)}{P_A}$$

$$\underline{k}_1 = \frac{P_{\Sigma A-1}}{P_A} = \frac{1,2}{1,2} = 1 \Rightarrow k_1^2 = 1$$

$$\underline{k}_2 = \frac{P_{\Sigma 1-2}}{P_A} = \frac{0,5}{1,2} = 0,417 \Rightarrow k_2^2 = 0,174$$

$$\underline{k}_3 = \frac{P_{\Sigma 2-3}}{P_A} = \frac{0,1}{1,2} = 0,083 \Rightarrow k_3^2 = 0,007$$

$$\underline{k}_4 = \frac{P_{\Sigma 1-4}}{P_A} = \frac{0,4}{1,2} = 0,333 \Rightarrow k_4^2 = 0,111; \underline{k}_5 = \underline{k}_6 = \frac{P_{\Sigma 4-5}}{P_A} = \frac{0,2}{1,2} = 0,167 \Rightarrow k_4^2 = 0,028$$

$$\underline{Z}_{ek} = \sum_{i=1}^5 k_i^2 \cdot R(i) = k_1^2 \cdot l_{A-1} \cdot z_1 + k_2^2 \cdot l_{1-2} \cdot z_1 + k_3^2 \cdot l_{2-3} \cdot z_1 + k_4^2 \cdot l_{1-4} \cdot z_2 + k_5^2 \cdot l_{4-5} \cdot z_2 + k_6^2 \cdot l_{2-6} \cdot z_2$$

$$\underline{Z}_{ek} = (0,33 + j0,35) \cdot (2 \cdot 1 + 1 \cdot 0,174 + 2 \cdot 0,007) + (1,31 + j0,39) \cdot (2 \cdot 0,11 + 2 \cdot 0,028 + 1 \cdot 0,028)$$

$$\underline{Z}_{ek} = (1,123 + j0,885) \Omega$$

$$\text{б) } \Delta S_M = \frac{P_{\Sigma}^2}{U_n^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot (R_{ek} + jX_{ek}) = \frac{1,2^2}{10^2 \cdot 0,9^2} \cdot (1,123 + j0,885) = (19,96 + j15,73) \text{ kVA}$$

$$\Delta S_{60\%} = 0,36 \cdot \Delta S_M = 0,36 \cdot (19,96 + j15,73) = (7,19 + j5,66) \text{ kVA}$$

## 3. Задача.

време	$P_D$ (kW)	$Q_D$ (kvar)	$P_I$ (kW)	$Q_I$ (kvar)	$P$ (kW)	$Q$ (kvar)	$S$ (kVA)	$\tau$ (h)
0-8	36	11.8	400	300	436	311.8	536.0	18.50
8-16, 20-24	108	35.5	400	300	508	335.5	608.8	
16-20	180	59.2	400	300	580	359.2	682.2	

Пресметка на време на загуби:

$$\tau = \sum_{i=1}^n \frac{S_i^2}{S_M^2} \cdot \Delta t_i = \left( \frac{536,0^2}{682,2^2} \cdot 8 + \frac{608,8^2}{682,2^2} \cdot 12 + \frac{682,2^2}{682,2^2} \cdot 4 \right) = 18,5 \text{ h}$$

Пресметка на загуби на моќност и енергија:

$$\Delta W_T = \Delta P_{Fe} \cdot T + \Delta P_{Cun} \cdot \left( \frac{S_M}{S_{nT}} \right)^2 \cdot \tau = 1,3 \cdot 24 + 6,5 \cdot \left( \frac{682,2}{630} \right)^2 \cdot 18,5 = 172 \text{ kWh/ден};$$

Пресметка на вкупна енергија:

$$W = P_I \cdot T + P_{DM} (0,2 \cdot 8 + 0,6 \cdot 12 + 1 \cdot 4) = 11904 \text{ kWh/ден}$$

Пресметка на загуби на енергија во %:

$$\Delta W\% = \frac{\Delta W}{W} \cdot 100 = 1,44\%$$