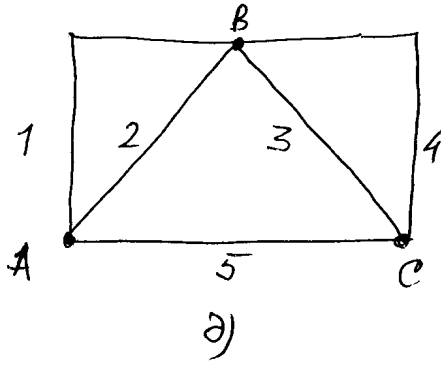


Задача 1 Вар 5 (АСУ)

Граф: ∂ ; ∂AC : 5, 1; UT : 4; R : 1, 2, 3, 4, 5.



АСУ $\Rightarrow N=6$; Вар 05 $\Rightarrow M=0+5=5$; $M=5$.

Короткие ветви

$$R_1 = R_3 = R_5 = N + 0,1M = 6 + 0,1 \cdot 5 = 6,5 \text{ Ом};$$

Длинные ветви

$$R_2 = R_4 = 1,2N + 0,2 \cdot M = 1,2 \cdot 6 + 0,2 \cdot 5 = 8,2 \text{ Ом}.$$

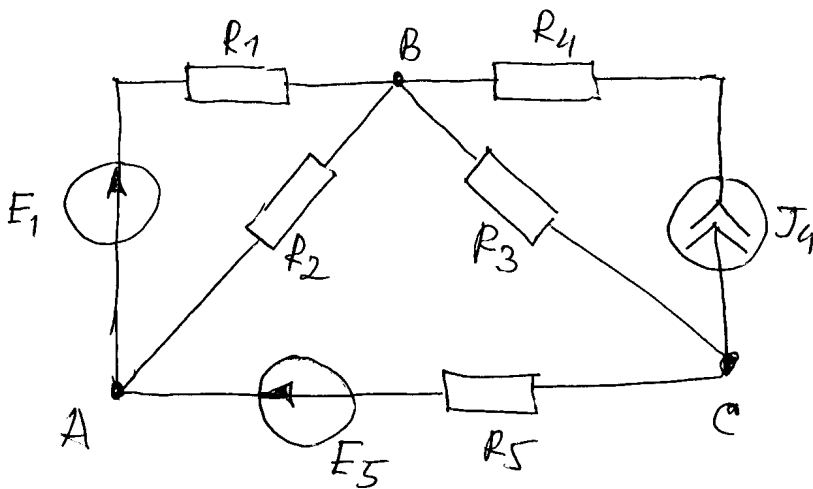
∂AC

$$E_1 = 45 \text{ В}; E_5 = 25 \text{ В}.$$

UT

$$J_4 = 6 \text{ А}.$$

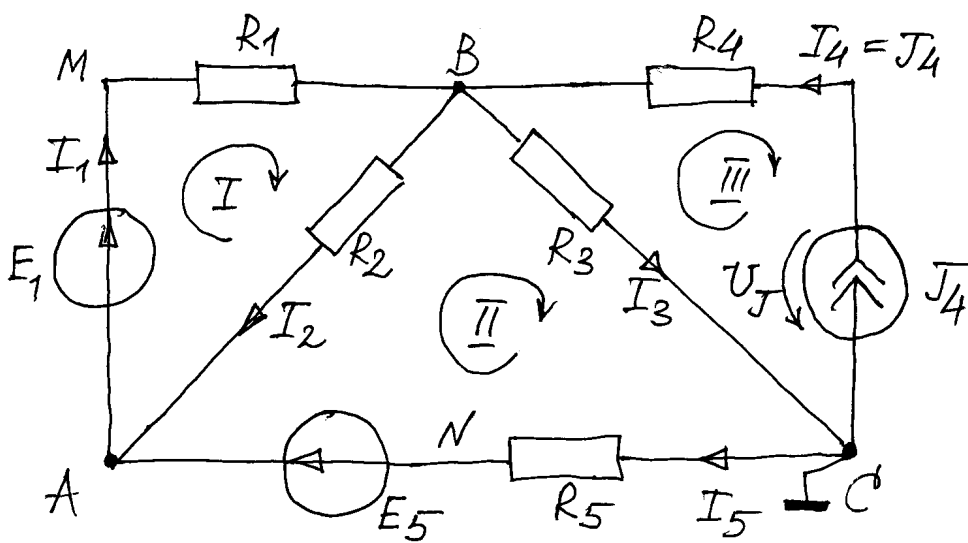
Схема цепи



Задача 1 вар 5 (АСУ)

①

1. Расчетная цепь (рис. 1)



Дано:

$$E_1 = 45 \text{ В}$$

$$E_5 = 25 \text{ В}$$

$$J_4 = 6 \text{ А}$$

$$R_1 = R_3 = R_5 = 6,5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = R_4 = 8,2 \text{ Ом}$$

Рис. 1

2. Составление уравнений Кирхгофа (рис. 1)

уравнения по первому закону Кирхгофа:

для узла А: $-I_1 + I_2 + I_5 = 0;$

для узла В: $I_1 - I_2 - I_3 + J_4 = 0$

уравнение по второму закону Кирхгофа:

для контура I: $I_1 R_1 + I_2 R_2 = E_1$

для контура II: $-I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_5 R_5 = E_5$

для контура III: $U_J - I_3 R_3 - J_4 R_4 = 0$

После подстановки численных значений получаем разную систему уравнений (шесть уравнений с шестью неизвестными I_1, I_2, I_3, I_5, U_J)

$$\begin{cases} -I_1 + I_2 + I_5 = 0 \\ I_1 - I_2 - I_3 = -J_4 \\ I_1 \cdot 6,5 + I_2 \cdot 8,2 = 45 \\ -I_2 \cdot 8,2 + I_3 \cdot 6,5 + I_5 \cdot 6,5 = 25 \\ U_J = I_3 \cdot 6,5 + 49,2 \end{cases} \quad (1)$$

3. Метод контурных токов

(2)

Система уравнений относительно контурных токов имеет вид (рис. 2)

$$\begin{cases} I_{11} \cdot (R_1 + R_2) - I_{22} \cdot R_2 = E_1 \\ I_{22} \cdot (R_2 + R_3 + R_5) - I_{11} \cdot R_2 + J_4 \cdot R_3 = E_5 \end{cases}$$

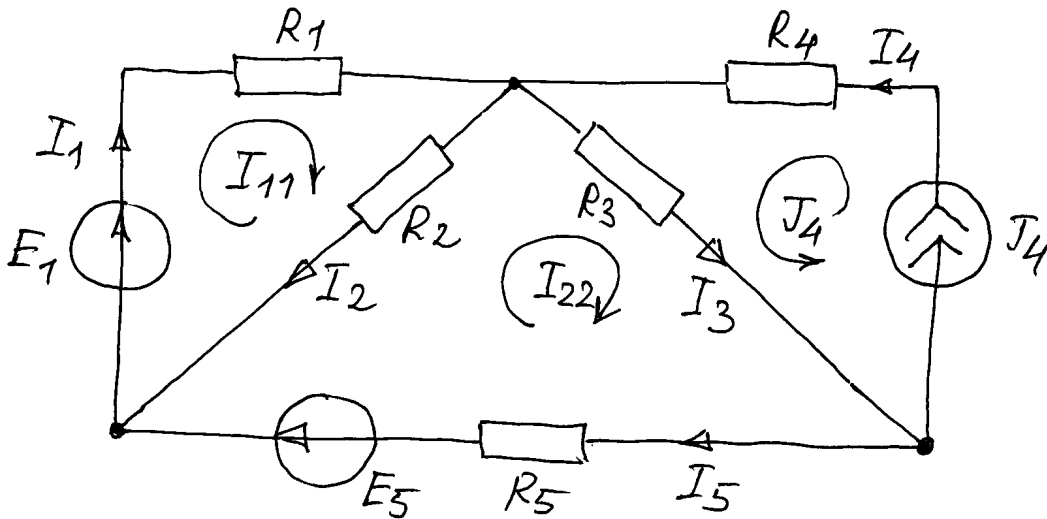


Рис. 2

Перепишем систему уравнений МКТ в виде

$$\begin{cases} I_{11} \cdot (R_1 + R_2) - I_{22} \cdot R_2 = E_1 \\ -I_{11} \cdot R_2 + I_{22} \cdot (R_2 + R_3 + R_5) = E_5 - J_4 \cdot R_3 \end{cases} \quad (2)$$

Подставим в (2) численные значения

$$\begin{cases} I_{11} \cdot 14,7 - I_{22} \cdot 8,2 = 45 \\ -I_{11} \cdot 8,2 + I_{22} \cdot 21,2 = -14 \end{cases} \quad (3)$$

Систему (3) решаем с помощью определителей:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 14,7 & -8,2 \\ -8,2 & 21,2 \end{vmatrix} = 14,7 \cdot 21,2 - (-8,2)^2 = 244,4;$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} 45 & -8,2 \\ -14 & 21,2 \end{vmatrix} = 45 \cdot 21,2 - (-14) \cdot (-8,2) = 839,2;$$

3

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} 14,7 & 45 \\ -8,2 & -14 \end{vmatrix} = 14,7 \cdot (-14) - (-8,2) \cdot 45 = 163,2;$$

$$I_{11} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = \frac{839,2}{244,4} = 3,4337 \text{ A};$$

$$I_{22} = \frac{\Delta_{22}}{\Delta} = \frac{163,2}{244,4} = 0,6678 \text{ A}.$$

Выразим токи в ветвях через контурные токи

$$I_1 = I_{11} = 3,434 \text{ A};$$

$$I_2 = I_{11} - I_{22} = 3,4337 - 0,6678 = 2,766 \text{ A};$$

$$I_3 = I_{22} + J_4 = 6,668 \text{ A};$$

$$I_4 = J_4 = 6 \text{ A};$$

$$I_5 = I_{22} = 0,668 \text{ A}.$$

4. Баланс мощностей

Мощность источников. Найдем напряжение на ИТ:

$$U_J = I_3 \cdot 6,5 + 49,2 = 6,668 \cdot 6,5 + 49,2 = 92,54 \text{ В}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sum P_{ист} &= E_1 \cdot I_1 + E_5 \cdot I_5 + U_J \cdot J = \\ &= 45 \cdot 3,434 + 25 \cdot 0,668 + 92,54 \cdot 6 = \\ &= 154,95 + 16,7 + 555,24 = \underline{727 \text{ Вт}}. \end{aligned}$$

Мощность потребителей энергии

$$\begin{aligned} \sum P_{потр} &= I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = \\ &= 3,434^2 \cdot 6,5 + 2,766^2 \cdot 8,2 + 6,668^2 \cdot 6,5 + 6^2 \cdot 8,2 + 0,668^2 \cdot 6,5 = \underline{726 \text{ Вт}} \end{aligned}$$

Процент потерь мощности:

$$\sigma_{\%} = \left| \frac{\sum P_{ист} - \sum P_{потр}}{\sum P_{ист}} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{727} \cdot 100\% = 0,1\%.$$

5. Построение потенциальной диаграммы

Строим потенциальную диаграмму для контура "АМВСНА" (рис.1).

Примем $\varphi_A = 0$. Находим

$$\varphi_M = \varphi_A + E_1 = 0 + 45 = 45 \text{ В};$$

$$\varphi_B = \varphi_M - I_1 R_1 = 45 - 3,434 \cdot 6,5 = 22,68 \text{ В};$$

$$\varphi_C = \varphi_B - I_3 R_3 = 22,68 - 6,668 \cdot 6,5 = -20,66 \text{ В};$$

$$\varphi_N = \varphi_C - I_5 R_5 = -20,66 - 0,668 \cdot 6,5 = -25,00 \text{ В};$$

$$\varphi'_A = \varphi_N + E_5 = -25 + 25 = 0.$$

Потенциальная диаграмма изображена на рис.3

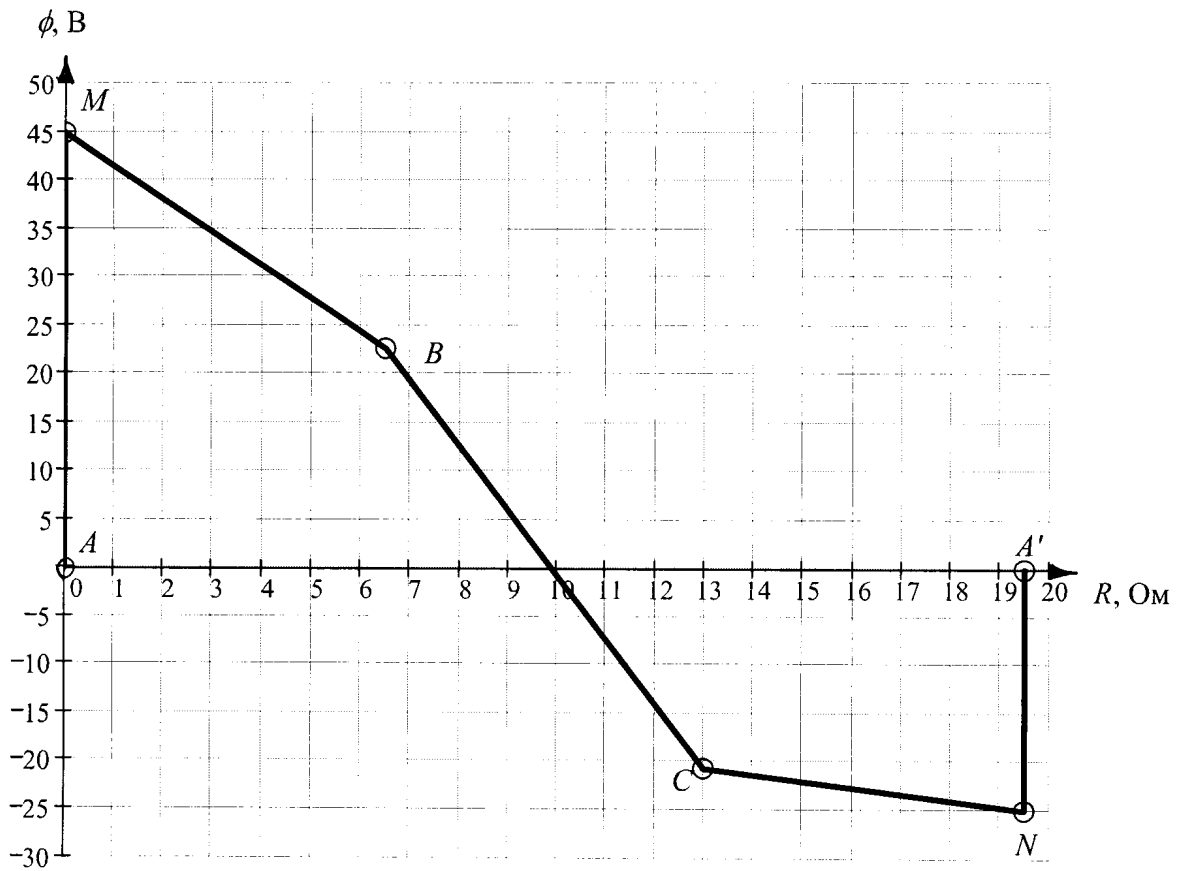


Рис.3

6. Метод узловых потенциалов

(5)

Примем потенциал узла С равным нулю (рис. 1). Составим систему уравнений по методу узловых потенциалов:

$$\varphi_C = 0;$$

$$\begin{cases} \varphi_A \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5} \right) - \varphi_B \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{E_5}{R_5} - \frac{E_1}{R_1} \\ \varphi_B \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \varphi_A \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{E_1}{R_1} + J_4 \end{cases}$$

Перепишем систему МУП

$$\begin{cases} \varphi_A \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5} \right) - \varphi_B \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{E_5}{R_5} - \frac{E_1}{R_1} \\ -\varphi_A \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + \varphi_B \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{E_1}{R_1} + J_4 \end{cases} \quad (4)$$

Подставим численные значения в (4)

$$\begin{cases} 0,42964 \cdot \varphi_A - 0,2758 \cdot \varphi_B = -3,0769 \\ -0,2758 \cdot \varphi_A + 0,42964 \cdot \varphi_B = 12,923 \end{cases} \quad (5)$$

Систему уравнений (5) решаем методом определителей

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0,42964 & -0,2758 \\ -0,2758 & 0,42964 \end{vmatrix} = 0,10853;$$

$$\Delta_A = \begin{vmatrix} -3,0769 & -0,2758 \\ 12,923 & 0,42964 \end{vmatrix} = 2,2422;$$

$$\Delta_B = \begin{vmatrix} 0,42964 & -3,0769 \\ -0,2758 & 12,923 \end{vmatrix} = 4,7037;$$

6

Потенциалы узлов

$$\varphi_A = \frac{\Delta A}{\Delta} = \frac{2,2422}{0,10853} = 20,66 \text{ В};$$

$$\varphi_B = \frac{\Delta B}{\Delta} = \frac{4,7037}{0,10853} = 43,34 \text{ В};$$

$$\varphi_C = 0.$$

Токи в ветвях цепи по закону Ома для

участка цепи с ЭДС:

$$I_1 = \frac{\varphi_A - \varphi_B + E_1}{R_1} = \frac{20,66 - 43,34 + 45}{6,5} = 3,434 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{\varphi_B - \varphi_A}{R_2} = \frac{43,34 - 20,66}{8,2} = 2,766 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{\varphi_B - \varphi_C}{R_3} = \frac{43,34 - 0}{6,5} = 6,668 \text{ А};$$

$$I_4 = I_4 = 6 \text{ А};$$

$$I_5 = \frac{\varphi_C - \varphi_A + E_5}{R_5} = \frac{0 - 20,66 + 25}{6,5} = 0,668 \text{ А}.$$

7. Метод эквивалентного источника напряжения 7

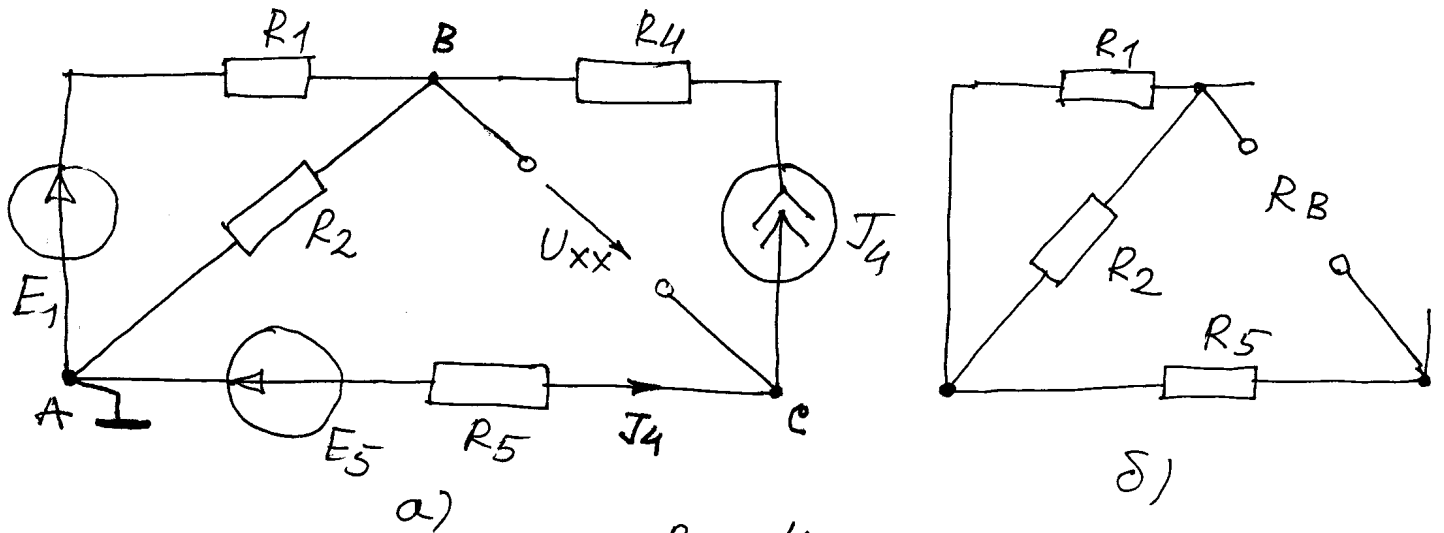


рис. 4

Напряжение холостого хода по МЭП (рис. 4, а)

$$\varphi_A = 0;$$

$$\varphi_B \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{E_1}{R_1} + J_4;$$

$$\varphi_C = \varphi_A - E_5 - J_4 R_5;$$

$$U_{xx} = \varphi_B - \varphi_C = \frac{E_1 + J_4 R_1}{\frac{R_1 + R_2}{R_2}} + E_5 + J_4 R_5 =$$

$$= \frac{45 + 6 \cdot 6,5}{14,7} \cdot 8,2 + 25 + 6 \cdot 6,5 = 110,86 \text{ В.}$$

Внутреннее сопротивление генератора (эквивалентного источника) (рис. 4, б)

$$R_B = R_5 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6,5 + \frac{6,5 \cdot 8,2}{14,7} = 10,126 \text{ Ом.}$$

Тогда ток в третьей ветви

$$I_3 = \frac{U_{xx}}{R_3 + R_B} = \frac{110,86}{6,5 + 10,126} = 6,668 \text{ А.}$$

8. метод наложения

Ток в третьей ветви от ЭДС E_1 (рис. 5)

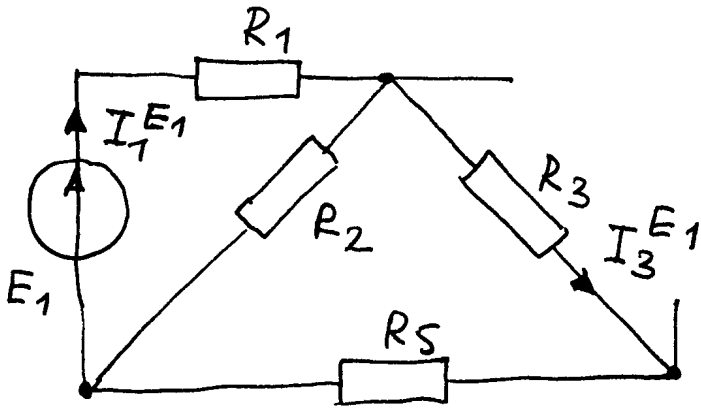


Рис. 5

общее сопротивление

$$R = R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_5)}{R_2 + (R_3 + R_5)} = 6,5 + 5,028 = 11,528 \text{ Ом};$$

Ток

$$I_1^{E_1} = \frac{E_1}{R} = \frac{45}{11,528} = 3,9034 \text{ А.}$$

По формуле разброса токов

$$I_3^{E_1} = I_1^{E_1} \frac{R_2}{R_2 + (R_3 + R_5)} = 3,9034 \frac{8,2}{21,2} = \underline{1,510 \text{ А.}}$$

Ток в третьей ветви от ЭДС E_5 (рис. 6)

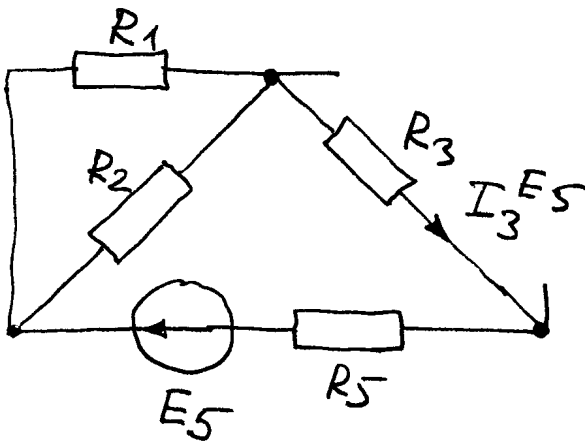


Рис. 6

$$I_3^{E_5} = \frac{E_5}{R_3 + R_5 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{25}{16,626} = \underline{1,504 \text{ А.}}$$

Ток в третьей ветви от ИТ J_4 (рис. 7)

9

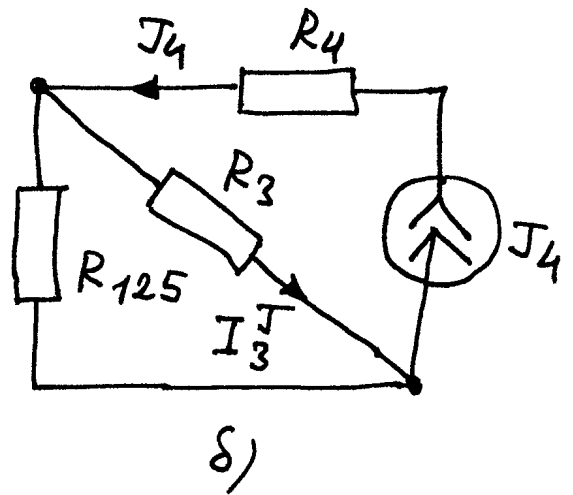
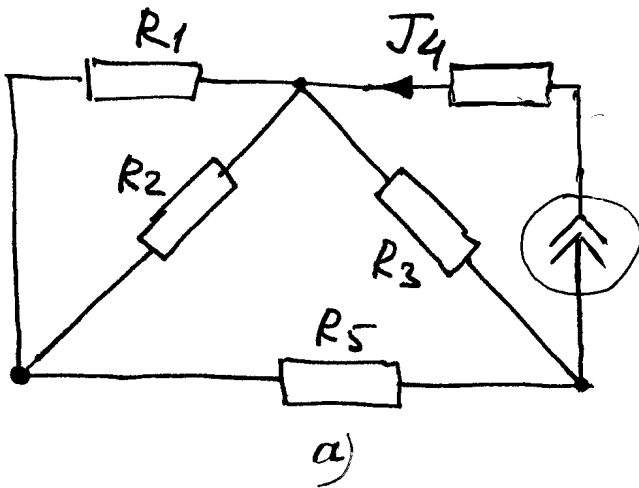


Рис. 7

$$R_{125} = R_5 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 10,126 \text{ Ом};$$

$$I_3^J = J_4 \frac{R_{125}}{R_3 + R_{125}} = 6 \frac{10,126}{16,626} = \underline{3,654 \text{ А.}}$$

По методу наложения

$$I_3 = I_3^{E_1} + I_3^{E_5} + I_3^J =$$

$$= 1,510 + 1,504 + 3,654 = 6,668 \text{ А.}$$

9. Определим передаточные функции между E_1, E_5, J_4 и третьей ветвью:
для E_1

$$K_{UI} = \frac{I_3^{E_1}}{E_1} = \frac{1,510}{45} = 0,0335 \text{ см};$$

для E_5

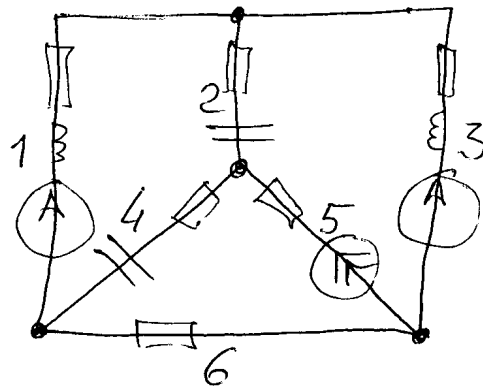
$$K_{UI} = \frac{I_3^{E_5}}{E_5} = \frac{1,504}{25} = 0,0602 \text{ см};$$

для J_4

$$I_{JI} = \frac{I_3^J}{J_4} = \frac{3,654}{6} = 0,609.$$

Задача 2 Вар 5 (АСУ)

Граф: $\alphaЭДС: 1, 3; ИТ: 5; R: 1, 2, 3, 4, 5, 6; L: 1, 3; C: 2, 4.$



a)

АСУ: $R_0 = 40 \text{ Ом}$; $L_0 = 80 \text{ мГн}$; $C_0 = 120 \text{ мкФ}$.

$$\underline{A_r = A_L = A_c = 0 + 5 = 5}$$

$$C_2 = C_4 = C_0 + A_c = 120 + 5 = 125 \text{ мкФ};$$

резные ветви:

$$R_2 = R_4 = R_6 = R_0 + A_r = 40 + 5 = 45 \text{ Ом};$$

шарнирные ветви:

$$R_1 = R_3 = R_5 = R_0 + 2,5 A_r = 40 + 2,5 \cdot 5 = 52,5 \text{ Ом};$$

$$L_1 = L_3 = L_0 + 2,5 A_L = 80 + 2,5 \cdot 5 = 92,5 \text{ мГн}.$$

$$\underline{\text{ЭДС}}: \dot{E}_1 = 141 e^{-j60^\circ} \text{ В}; \dot{E}_3 = 150 e^{j30^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{\text{ИТ}}: \dot{J}_5 = 4 e^{-j30^\circ} \text{ А}.$$

Задача 2 вар 5 (АсУ)

(1)

1. На рис. 1 изображена цепь, подлежащая расчету.

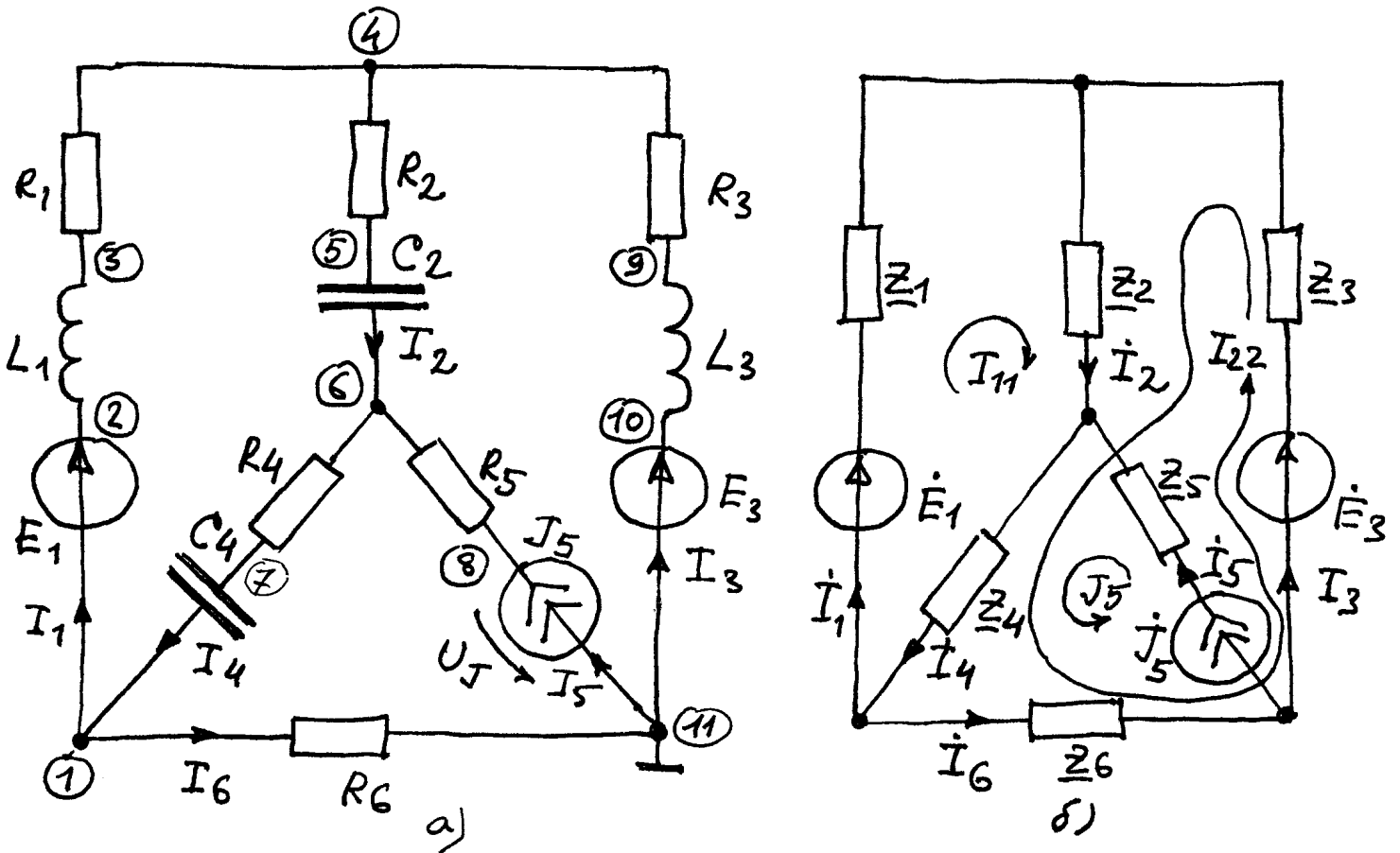


Рис. 1

Численные значения параметров элементов

$$R_1 = R_3 = R_5 = 52,5 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_4 = R_6 = 45 \text{ Ом};$$

$$L_1 = L_3 = 92,5 \text{ мГн} = 0,0925 \text{ Гн};$$

$$C_2 = C_4 = 125 \text{ мкФ} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}$$

$$\dot{E}_1 = 141 e^{-j60^\circ} \text{ В}; \quad \dot{E}_3 = 150 e^{j30^\circ} \text{ В},$$

$$\dot{J}_5 = 4 e^{-j30^\circ} \text{ А}; \quad f = 50 \text{ Гц}.$$

2. Сопротивление реактивных элементов схемы

$$X_{L1} = \omega L_1 = 2\pi f \cdot L_1 = 2\pi f \cdot 0,0925 = 29,06 \text{ Ом};$$

$$X_{L3} = X_{L1};$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{2\pi f \cdot C_2} = \frac{10^4}{2\pi \cdot 50 \cdot 1,25} = 25,46 \text{ Ом};$$

$$X_{C4} = X_{C2}.$$

3. Комплексное сопротивление ветвей

$$\underline{Z}_1 = R_1 + jX_{L1} = 52,5 + j29,06 = 60e^{j28,97^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_2 = R_2 - jX_{C2} = 45 - j25,46 = 51,71e^{-j29,5^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_3 = \underline{Z}_1;$$

$$\underline{Z}_4 = \underline{Z}_2;$$

$$\underline{Z}_5 = R_5 = 52,5 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_6 = R_6 = 45 \text{ Ом}.$$

4. Произведем расчеты токов в ветвях методом контурных токов (МКТ) рис. 1, б).

(3)

Запишем систему МКТ в общем виде

$$\begin{cases} \dot{I}_{11} \cdot (\underline{z}_1 + \underline{z}_2 + \underline{z}_4) + \dot{I}_{22} \cdot (\underline{z}_2 + \underline{z}_4) + \dot{J}_5 \cdot \underline{z}_4 = \dot{E}_1 \\ \dot{I}_{22} \cdot (\underline{z}_2 + \underline{z}_3 + \underline{z}_4 + \underline{z}_6) + \dot{I}_{11} \cdot (\underline{z}_2 + \underline{z}_4) + \dot{J}_5 \cdot (\underline{z}_4 + \underline{z}_6) = \dot{E}_3 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} \dot{I}_{11} \cdot (\underline{z}_1 + \underline{z}_2 + \underline{z}_4) + \dot{I}_{22} \cdot (\underline{z}_2 + \underline{z}_4) = \dot{E}_1 - \dot{J}_5 \cdot \underline{z}_4 \\ \dot{I}_{11} \cdot (\underline{z}_2 + \underline{z}_4) + \dot{I}_{22} \cdot (\underline{z}_2 + \underline{z}_3 + \underline{z}_4 + \underline{z}_6) = \dot{E}_3 - \dot{J}_5 \cdot (\underline{z}_4 + \underline{z}_6) \end{cases} \quad (1)$$

Подставим в (1) численные значения

$$\begin{cases} \dot{I}_{11} \cdot 144,2 e^{-j8,73^\circ} + \dot{I}_{22} \cdot 103,4 e^{-j29,5^\circ} = 65,84 e^{j121,56^\circ} \\ \dot{I}_{11} \cdot 103,4 e^{-j29,5^\circ} + \dot{I}_{22} \cdot 188,8 e^{-j6,65^\circ} = 367,3 e^{j110,88^\circ} \end{cases}$$

Решаем попарно систему методом определителей

$$\Delta = \begin{vmatrix} 144,2 e^{-j8,73^\circ} & 103,4 e^{-j29,5^\circ} \\ 103,4 e^{-j29,5^\circ} & 188,8 e^{-j6,65^\circ} \end{vmatrix} = 2,083 \cdot 10^4 e^{j5,37^\circ};$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} 65,84 e^{j121,56^\circ} & 103,4 e^{-j29,5^\circ} \\ 367,3 e^{j110,86^\circ} & 188,8 e^{-j6,65^\circ} \end{vmatrix} = 2,847 \cdot 10^4 e^{-j112,58^\circ};$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} 144,2 e^{-j8,73^\circ} & 65,84 e^{j121,56^\circ} \\ 103,4 e^{-j29,5^\circ} & 367,3 e^{j110,88^\circ} \end{vmatrix} = 4,627 \cdot 10^4 e^{j103,64^\circ};$$

(4)

Комплексы конъюрированных токов

$$\dot{I}_{11} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = 1,367 e^{-j117,95^\circ} = -0,641 - j1,207 \text{ A};$$

$$\dot{I}_{22} = \frac{\Delta_{22}}{\Delta} = 2,222 e^{j98,26^\circ} = -0,319 + j2,199 \text{ A}.$$

Токи в ветвях

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{11} = 1,367 e^{-j117,95^\circ} = -0,641 - j1,207 \text{ A};$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{11} + \dot{I}_{22} = 1,380 e^{j134,08^\circ} = -0,960 + j0,991 \text{ A};$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{22} = 2,222 e^{j98,26^\circ} = -0,319 + j2,199 \text{ A};$$

$$\dot{I}_4 = \dot{I}_{11} + \dot{I}_{22} + \dot{I}_5 = 2,700 e^{-j21,94^\circ} = 2,504 - j1,009 \text{ A};$$

$$\dot{I}_5 = \dot{I}_5 = 4 e^{-j30^\circ} = 3,464 - j2 \text{ A};$$

$$\dot{I}_6 = \dot{I}_{22} + \dot{I}_5 = 3,151 e^{j3,62^\circ} = 3,145 + j0,199 \text{ A}.$$

Комплекс напряжения на источнике тока

$$\begin{aligned} \dot{U}_7 &= \dot{I}_4 \underline{Z}_4 + \dot{I}_5 \underline{Z}_5 + \dot{I}_6 \underline{Z}_6 = 410,4 - j205,2 = \\ &= 458,8 e^{-j26,57^\circ} \text{ В}. \end{aligned}$$

5. Составим баланс активных и реактивных мощностей

(5)

Комплексы полной мощности и фазы

$$\begin{aligned}\tilde{S}_{\text{ист}} &= P_{\text{ист}} + j Q_{\text{ист}} = \dot{E}_1 \cdot \dot{I}_1^* + \dot{E}_3 \cdot \dot{I}_3^* + \dot{U}_T \cdot \dot{I}_5^* = \\ &= 141 e^{-j60^\circ} \cdot 1,367 e^{+j117,95^\circ} + 150 e^{j30^\circ} \cdot 2,222 e^{-j98,26^\circ} + \\ &+ 458,8 e^{-j26,57^\circ} \cdot 4 e^{+j30^\circ} = 192,7 e^{j57,95^\circ} + \\ &+ 333,3 e^{-j68,26^\circ} + 1835 e^{j3,43^\circ} = \\ &= (102,3 + j163,4) + (123,4 - j309,6) + (1832 + j109,9) = \\ &= 2058 - j36,3 \text{ ВА},\end{aligned}$$

$$P_{\text{ист}} = 2058 \text{ Вт}; \quad Q_{\text{ист}} = -36,3 \text{ Вар}.$$

Мощность приемников (потребителей)

$$\begin{aligned}P_{\text{потр}} &= \sum I^2 R = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 R_6 = \\ &= 1,367^2 \cdot 52,5 + 1,38^2 \cdot 45 + 2,222^2 \cdot 52,5 + 2,7^2 \cdot 45 + 4^2 \cdot 52,5 + \\ &+ 3,151^2 \cdot 45 = 98,11 + 85,70 + 259,21 + 328,05 + 840 + 446,80 = \\ &= 2058 \text{ Вт};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{потр}} &= I_1^2 \cdot X_{L1} + I_3^2 \cdot X_{L3} - I_2^2 \cdot X_{C2} - I_4^2 \cdot X_{C4} = \\ &= 1,367^2 \cdot 29,06 + 2,222^2 \cdot 29,06 - 1,38^2 \cdot 25,46 - 2,7^2 \cdot 25,46 = \\ &= 84,30 + 143,48 - 48,49 - 185,60 = -36,3 \text{ Вар}.\end{aligned}$$

$$\text{Тогда имеем: } P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}} = 2,058 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{потр}} = -36,3 \text{ Вар}.$$

6. Мгновенные значения токов в ветвях и на приемнике нагрузки тока

$$i_1(t) = 1,367\sqrt{2} \sin(\omega t - 117,95^\circ) \text{ A};$$

$$i_2(t) = 1,380\sqrt{2} \sin(\omega t + 134,08^\circ) \text{ A};$$

$$i_3(t) = 2,222\sqrt{2} \sin(\omega t + 98,26^\circ) \text{ A};$$

$$i_4(t) = 2,700\sqrt{2} \sin(\omega t - 21,94^\circ) \text{ A};$$

$$i_5(t) = 4\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) \text{ A};$$

$$i_6(t) = 3,151\sqrt{2} \sin(\omega t + 3,62^\circ) \text{ A};$$

$$i_J(t) = 458,8\sqrt{2} \sin(\omega t - 26,57^\circ) \text{ B}.$$

7. Определим ток в первой ветви методом эквивалентного генератора (МЭГ) рис. 2

(7)

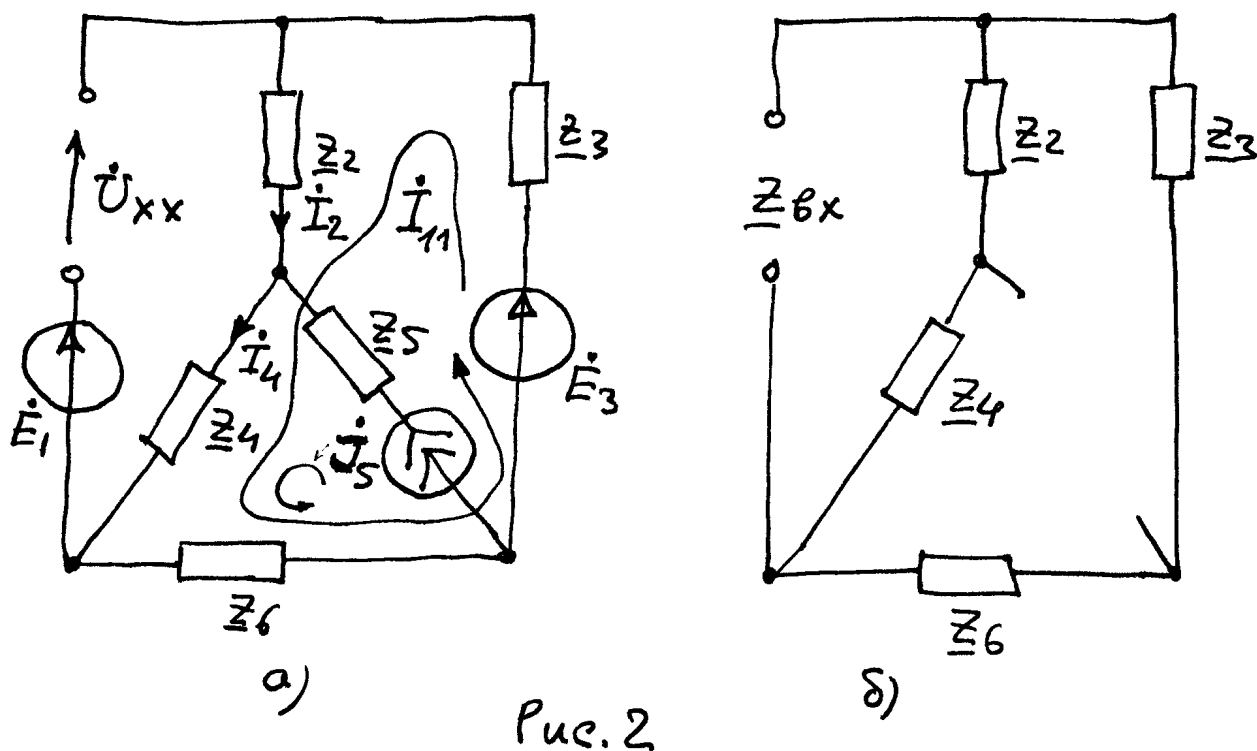


Рис. 2

Напряжение холостого хода \dot{U}_{xx} определим МКТ (рис. 2, а)

$$\dot{I}_{11}(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4 + \underline{Z}_6) + \dot{J}_5(\underline{Z}_4 + \underline{Z}_6) = \dot{E}_3$$

$$\dot{I}_{11} = \frac{\dot{E}_3 - \dot{J}_5(\underline{Z}_4 + \underline{Z}_6)}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4 + \underline{Z}_6} = \frac{367,3 e^{j110,88^\circ}}{188,8 e^{-j6,65^\circ}} = 1,946 e^{j117,53^\circ} \text{ A,}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{11} = 1,946 e^{j117,53^\circ} = -0,9 + j1,726 \text{ A,}$$

$$\dot{I}_4 = \dot{I}_{11} + \dot{J}_5 = 2,579 e^{-j6,11^\circ} = 2,565 - j0,274 \text{ A.}$$

По второму закону Кирхгофа

$$\dot{U}_{xx} + \dot{I}_2 \underline{Z}_2 + \dot{I}_4 \underline{Z}_4 = \dot{E}_1.$$

откуда

$$\dot{U}_{xx} = \dot{E}_1 - \dot{I}_2 \underline{Z}_2 - \dot{I}_4 \underline{Z}_4 = -41,4 - j145 = 150,8 e^{-j105,92^\circ} \text{ B.}$$

Сопротивление эквивалентного генератора (рис. 2, б) 8)

$$\underline{z_{\theta x}} = \frac{(\underline{z}_2 + \underline{z}_4) \cdot (\underline{z}_3 + \underline{z}_6)}{(\underline{z}_2 + \underline{z}_4) + (\underline{z}_3 + \underline{z}_6)} = \frac{103,4 e^{-j29,5^\circ} \cdot 101,7 e^{j16,6^\circ}}{188,8 e^{-j6,65^\circ}} =$$
$$= 55,4 - j6,1 \text{ Ом.}$$

По методу эквивалентного генератора находим

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{xx}}{\underline{z}_1 + \underline{z}_{\theta x}} = \frac{150,8 e^{-j105,92^\circ}}{110,3 e^{j12,03^\circ}} = 1,367 e^{-j117,95^\circ} \text{ А.}$$

8. Определим потенциалы точек схемы (рис. 3)

$$\dot{\varphi}_{11} = 0;$$

$$\dot{\varphi}_7 = \dot{\varphi}_{11} + \dot{I}_6 R_6 = 142 + j9 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_7 + \dot{E}_1 = 212 - j113 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_2 - \dot{I}_1 \cdot jX_{L1} = 177 - j95 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_4 = \dot{\varphi}_3 - \dot{I}_1 \cdot R_1 = 217 - j31 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_5 = \dot{\varphi}_4 - \dot{I}_2 \cdot R_2 = 254 - j76 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_7 = \dot{\varphi}_1 + \dot{I}_4 \cdot (-jX_{C4}) = 116 - j558 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_6 = \dot{\varphi}_7 + \dot{I}_4 \cdot R_4 = 229 - j100 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_8 = \dot{\varphi}_6 + \dot{I}_5 \cdot R_5 = 410 - j205 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_{10} = \dot{\varphi}_{11} + \dot{E}_3 = 730 + j75 \text{ В.};$$

$$\dot{\varphi}_9 = \dot{\varphi}_{10} - \dot{I}_3 \cdot jX_{L3} = 194 + j84 \text{ В.}$$

потенциальная
Топографическая диаграмма цепи, совмещенная с векторной диаграммой токов приведена на рис. 3.

9. Составим систему уравнений в символической форме по второму закону Кирхгофа с учетом индуктивных связей (рис. 4) (9)

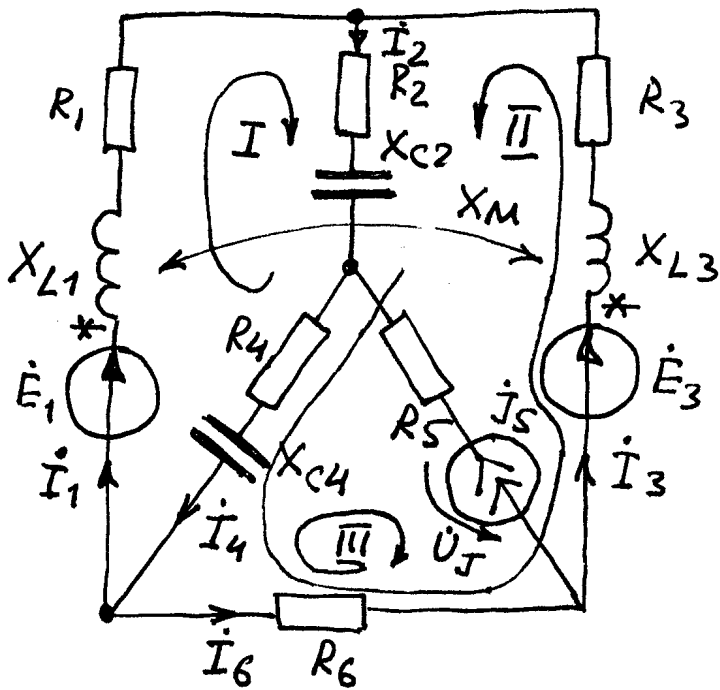


Рис. 4

$$\text{I: } \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) + \dot{I}_3 \cdot jX_M + \dot{I}_2 \cdot (R_2 - jX_{C2}) + \dot{I}_4 \cdot (R_4 - jX_{C4}) = \dot{E}_1;$$

$$\text{II: } \dot{I}_3(R_3 + jX_{L3}) + \dot{I}_1 \cdot jX_M + \dot{I}_2 \cdot (R_2 - jX_{C2}) + \dot{I}_4 \cdot (R_4 - jX_{C4}) + \dot{I}_6 R_6 = \dot{E}_3;$$

$$\text{III: } \dot{U}_J - \dot{I}_6 R_6 - \dot{I}_4 \cdot (R_4 - jX_{C4}) - \dot{I}_5 R_5 = 0.$$

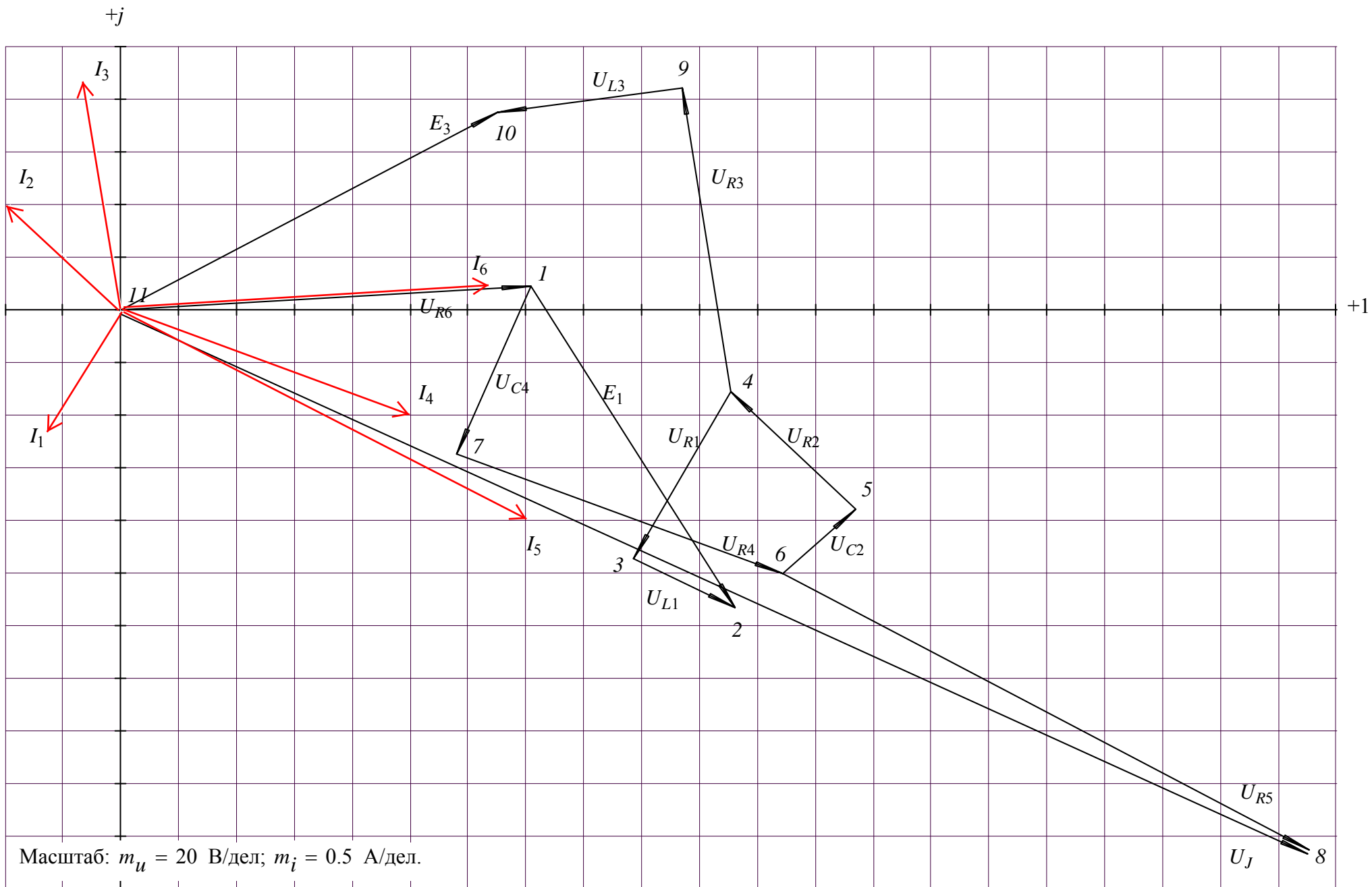


Рис. 3