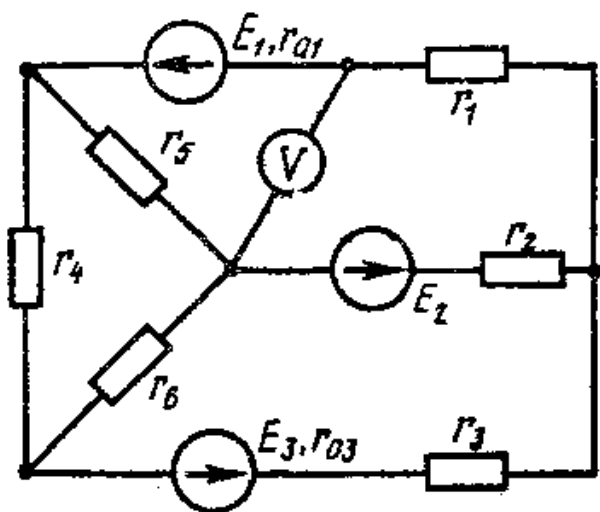


Задача 1 (11)

Для электрической схемы, изображенной на **рис.1–11** по заданным сопротивлениям и ЭДС выполнить следующее:

- 1) составить систему уравнений, необходимых для определения токов по первому и второму законам Кирхгофа;
- 2) найти все токи, пользуясь методом контурных токов;
- 3) проверить правильность решения, применив метод узлового напряжения. Предварительно упростить схему, заменив треугольник сопротивлений R_4 , R_5 и R_6 эквивалентной звездой; Начертить расчетную схему с эквивалентной звездой и показать на ней токи;
- 4) определить ток в резисторе R_6 методом эквивалентного генератора;
- 5) определить показание вольтметра и составить баланс мощностей для заданной схемы;
- 6) построить в масштабе потенциальную диаграмму для внешнего контура.



Дано:

$$E_1 = 4 \text{ В}; E_2 = 24 \text{ В}; E_3 = 6 \text{ В};$$

$$R_1 = 9 \text{ Ом}; R_{01} = 0.9 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 8 \text{ Ом}; R_{02} = 0 \text{ Ом};$$

$$R_3 = 1 \text{ Ом}; R_{03} = 0.5 \text{ Ом};$$

$$R_4 = 6 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 10 \text{ Ом};$$

$$R_6 = 4 \text{ Ом};$$

Рис. 1–11

1. Составим на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчета токов во всех ветвях схемы (рис. 2)

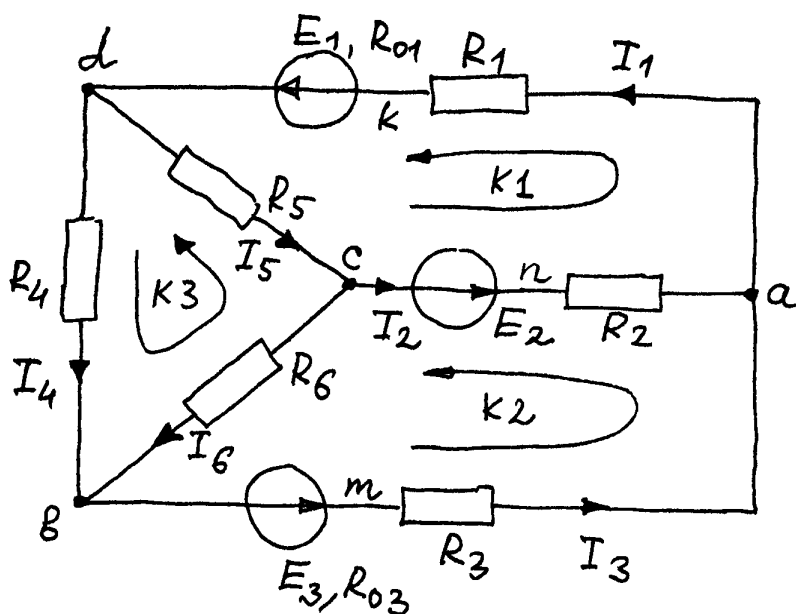


Рис. 2

$$\begin{aligned}
 y &= 4 && \text{— число узлов;} \\
 v &= 6 && \text{— число ветвей;} \\
 v_{um} &= 0 && \text{— число ветвей с источником тока.}
 \end{aligned}$$

Количество уравнений по первому закону Кирхгофа $n_1 = y - 1 = 3$

Количество уравнений по второму закону Кирхгофа $n_2 = v - v_{um} - (y - 1) = 3$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 a: \quad -I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\
 b: \quad -I_3 + I_4 + I_6 = 0 \\
 c: \quad -I_2 + I_5 - I_6 = 0 \\
 \\
 K_1: \quad I_1 \cdot (R_1 + R_{01}) + I_5 \cdot R_5 + I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) = E_1 + E_2 \\
 K_2: \quad -I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) + I_6 \cdot R_6 + I_3 \cdot (R_3 + R_{03}) = E_3 - E_2 \\
 K_3: \quad I_4 \cdot R_4 - I_5 \cdot R_5 - I_6 \cdot R_6 = 0
 \end{array} \right.$$

2. Определим токи во всех ветвях схемы методом контурных токов (рис. 2)

*

Система уравнений МКТ

$$\left\{ \begin{array}{l}
 I_{K1}(R_1 + R_{01} + R_2 + R_{02} + R_5) - I_{K2}(R_3 + R_{03}) - I_{K3}R_5 = E_1 + E_2 \\
 I_{K2}(R_2 + R_{02} + R_3 + R_{03} + R_6) - I_{K1}(R_3 + R_{03}) - I_{K3}R_6 = E_3 - E_2 \\
 I_{K3}(R_4 + R_5 + R_6) - I_{K1}R_5 - I_{K2}R_6 = 0
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{llll}
 (R_1 + R_{01} + R_2 + R_{02} + R_5)I_{K1} & & -(R_3 + R_{03})I_{K2} & -R_5I_{K3} = E_1 + E_2 \\
 & -(R_3 + R_{03})I_{K1} & +(R_2 + R_{02} + R_3 + R_{03} + R_6)I_{K2} & -R_6I_{K3} = E_3 - E_2 \\
 & & -R_5I_{K1} & -R_6I_{K2} + (R_4 + R_5 + R_6)I_{K3} = 0
 \end{array} \right. \quad (1)$$

Решение системы уравнений (1) методом определителей

$$\Delta = \begin{vmatrix} 27.9 & -8 & -10 \\ -8 & 13.5 & -4 \\ -10 & -4 & 20 \end{vmatrix} = 3816.6$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 28 & -8 & -10 \\ -18 & 13.5 & -4 \\ 0 & -4 & 20 \end{vmatrix} = 3512$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 27.9 & 28 & -10 \\ -8 & -18 & -4 \\ -10 & 0 & 20 \end{vmatrix} = -2644$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 27.9 & -8 & 28 \\ -8 & 13.5 & -18 \\ -10 & -4 & 0 \end{vmatrix} = 1227.2$$

Контурные токи:

$$I_{K1} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{3512}{3816.6} = 0.9202 \text{ A}$$

$$I_{K2} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-2644}{3816.6} = -0.6928 \text{ A}$$

$$I_{K3} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{1227.2}{3816.6} = 0.3215 \text{ A}$$

Токи в ветвях

$$I_1 = I_{K1} = 0.920 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{K1} - I_{K2} = 0.9202 - (-0.6928) = 1.613 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{K2} = -0.693 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{K3} = 0.3215 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{K1} - I_{K3} = 0.9202 - 0.3215 = 0.599 \text{ A}$$

$$I_6 = I_{K2} - I_{K3} = -0.6928 - 0.3215 = -1.014 \text{ A}$$

3. Определим токи в ветвях схемы методом узлового напряжения,

Заменяем треугольник сопротивлений R_4 , R_5 и R_6 эквивалентной звездой (рис. 3).

$$R = R_4 + R_5 + R_6 = 6 + 10 + 4 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R} = \frac{6 \cdot 10}{20} = 3 \text{ Ом}$$

$$R_{46} = \frac{R_4 \cdot R_6}{R} = \frac{6 \cdot 4}{20} = 1.2 \text{ Ом}$$

$$R_{56} = \frac{R_5 \cdot R_6}{R} = \frac{10 \cdot 4}{20} = 2 \text{ Ом}$$

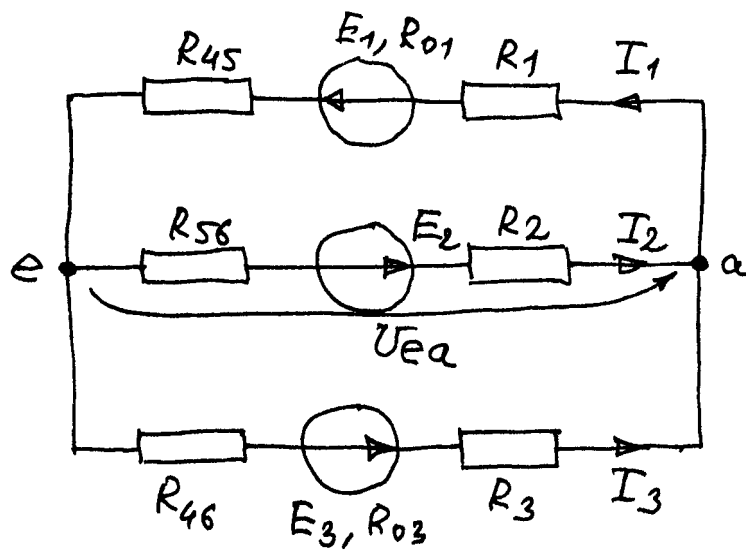


Рис. 3

Узловое напряжение

$$U_{ea} = \frac{\frac{E_1}{R_1 + R_{45}} + \frac{-E_2}{R_2 + R_{02} + R_{56}} + \frac{-E_3}{R_3 + R_{03} + R_{46}}}{\frac{1}{R_1 + R_{45}} + \frac{1}{R_2 + R_{02} + R_{56}} + \frac{1}{R_3 + R_{03} + R_{46}}} = \frac{\frac{4}{12.9} + \frac{-24}{10} + \frac{-6}{2.7}}{\frac{1}{12.9} + \frac{1}{10} + \frac{1}{2.7}} = -7.87 \text{ В.}$$

Токи в ветвях

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ea}}{R_1 + R_{45}} = \frac{4 - (-7.87)}{12.9} = 0.92 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{E_2 + U_{ea}}{R_2 + R_{02} + R_{56}} = \frac{24 + (-7.87)}{10} = 1.613 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{E_3 + U_{ea}}{R_3 + R_{03} + R_{46}} = \frac{6 + (-7.87)}{2.7} = -0.693 \text{ А}$$

Сравним результаты расчета токов, проведенного двумя методами (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение результатов расчетов МКТ и МУП

Метод	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
Метод контурных токов	0,920	1,613	-0,693	0,322	0,599	-1,014
Метод узлового напряжения	0,920	1,613	-0,693	-	-	-

4. Определим ток I_6 , в заданной по условию схеме (рис. 1), методом эквивалентного генератора
Напряжение холостого хода (рис. 4)

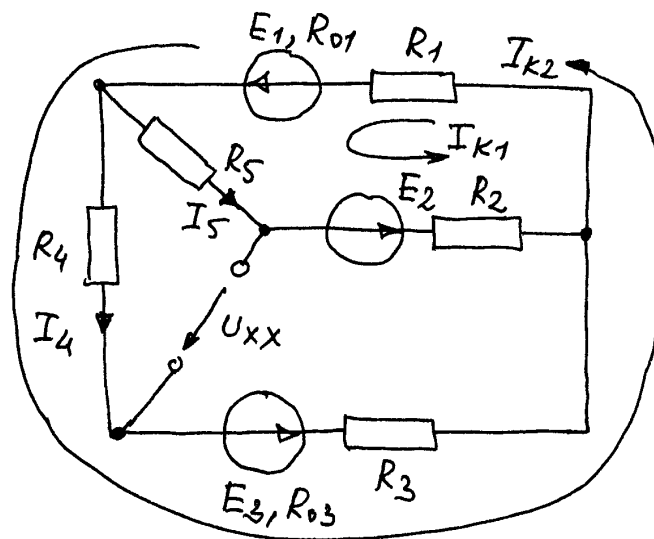


Рис. 4

*

Составим систему уравнений для цепи (рис. 4) по методу контурных токов

$$\begin{cases} (R_1 + R_{01} + R_2 + R_{02} + R_5) \cdot I_{K1} & (R_1 + R_{01}) \cdot I_{K2} = E_1 + E_2 \\ (R_1 + R_{01}) \cdot I_{K1} & + (R_1 + R_{01} + R_3 + R_{03} + R_4) \cdot I_{K2} = E_3 + E_1 \end{cases}$$

Систему уравнений решаем методом определителей:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 27.9 & 9.9 \\ 9.9 & 17.4 \end{vmatrix} = 387.45$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 28 & 9.9 \\ 10 & 17.4 \end{vmatrix} = 388.2$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 27.9 & 28 \\ 9.9 & 10 \end{vmatrix} = 1.8$$

Контурные токи:

$$I_{K1} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{388.2}{387.45} = 1.0019 \text{ A}$$

$$I_{K2} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{1.8}{387.45} = 0.0046 \text{ A}$$

Токи в ветвях:

$$I_4 = I_{K2} = 0.0046 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{K1} = 1.0019 \text{ A}$$

ЭДС эквивалентного генератора

$$E_{\Gamma} = U_{XX} = I_4 \cdot R_4 - I_5 \cdot R_5 = 0.0046 \cdot 6 - 1.0019 \cdot 10 = -9.991 \text{ В.}$$

Сопротивление эквивалентного генератора определим через сопротивление цепи (рис. 5).

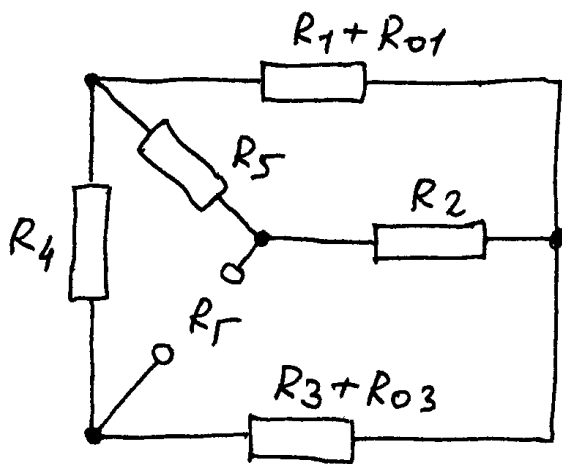


Рис. 5

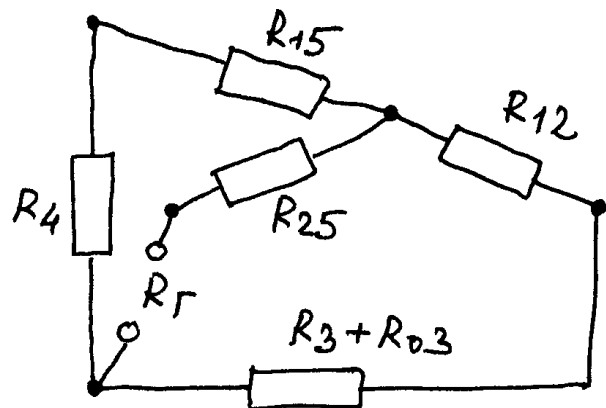


Рис. 6

Преобразуем "треугольник" $R_1R_2R_5$ в эквивалентную "звезду" $R_{12}R_{15}R_{25}$ (рис. 6).

$$R = (R_1 + R_{01}) + (R_2 + R_{02}) + R_5 = 9.9 + 8 + 10 = 27.9 \text{ Ом}$$

$$R_{12} = \frac{(R_1 + R_{01}) \cdot (R_2 + R_{02})}{R} = \frac{9.9 \cdot 8}{27.9} = 2.8387 \text{ Ом}$$

$$R_{15} = \frac{(R_1 + R_{01}) \cdot R_5}{R} = \frac{9.9 \cdot 10}{27.9} = 3.5484 \text{ Ом}$$

$$R_{25} = \frac{(R_2 + R_{02}) \cdot R_5}{R} = \frac{8 \cdot 10}{27.9} = 2.8674 \text{ Ом}$$

Сопротивление эквивалентного генератора:

$$R_r = R_{25} + \frac{(R_3 + R_{03} + R_{12}) \cdot (R_{15} + R_4)}{(R_3 + R_{03} + R_{12}) + (R_{15} + R_4)} = 2.867 + \frac{4.339 \cdot 9.548}{4.339 + 9.548} = 5.85 \text{ Ом.}$$

Ток I_6 по методу эквивалентного генератора (рис. 7):

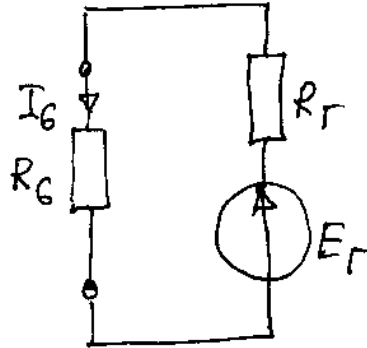


Рис. 7

$$I_6 = \frac{E_r}{R_6 + R_r} = \frac{-9.991}{4 + 5.85} = -1.014 \text{ А.}$$

5. Составим баланс мощностей в исходной схеме (рис. 1).

Мощность источников энергии

$$\begin{aligned} P_{ист} &= E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3 = \\ &= 4 \cdot 0.92 + 24 \cdot 1.613 + 6 \cdot (-0.693) = 38.23 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Мощность приемников энергии

$$\begin{aligned} P_{пр} &= I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot (R_2 + R_{02}) + I_3^2 \cdot (R_3 + R_{03}) + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6 = \\ &= 0.92^2 \cdot 9.9 + 1.613^2 \cdot 8 + (-0.693)^2 \cdot 1.5 + 0.322^2 \cdot 6 + 0.599^2 \cdot 10 + (-1.014)^2 \cdot 4 = 38.24 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Погрешность расчета

$$\delta_{\%} = \frac{|P_{ист} - P_{пр}|}{P_{ист}} \cdot 100\% = \frac{|38.23 - 38.24|}{38.23} \cdot 100 = 0.03 \%$$

Показание вольтметра

По второму закону Кирхгофа

$$U_{ck} + I_1 \cdot R_{01} + I_5 \cdot R_5 = E_1$$

Находим

$$U_V = -U_{ck} = -(E_1 - I_5 \cdot R_5 - I_1 \cdot R_{01}) = -(4 - 0.599 \cdot 10 - 0.92 \cdot 0.9) = 2.8 \text{ В.}$$

*

6. Строим потенциальную диаграмму (рис. 8) для замкнутого контура "ambcdka'" схемы рис. 1

$$\phi_a = 0;$$

$$\phi_m = \phi_a + I_3 R_3 = 0 + (-0.693) \cdot 1 = -0.69 \text{ В}$$

$$\phi_b = \phi_m - E_3 + I_3 R_{03} = -0.69 - 6 + (-0.693) \cdot 0.5 = -7.04 \text{ В}$$

$$\phi_c = \phi_b + I_6 R_6 = -7.04 + (-1.014) \cdot 4 = -11.1 \text{ В}$$

$$\phi_d = \phi_c + I_5 R_5 = -11.1 + 0.599 \cdot 10 = -5.11 \text{ В}$$

$$\phi_k = \phi_d - E_1 + I_1 R_{01} = -5.11 - 4 + 0.92 \cdot 0.9 = -8.28 \text{ В}$$

$$\phi_{a'} = \phi_k + I_1 R_1 = -8.28 + 0.92 \cdot 9 = 0 \text{ В}$$

$\phi, \text{ В}$

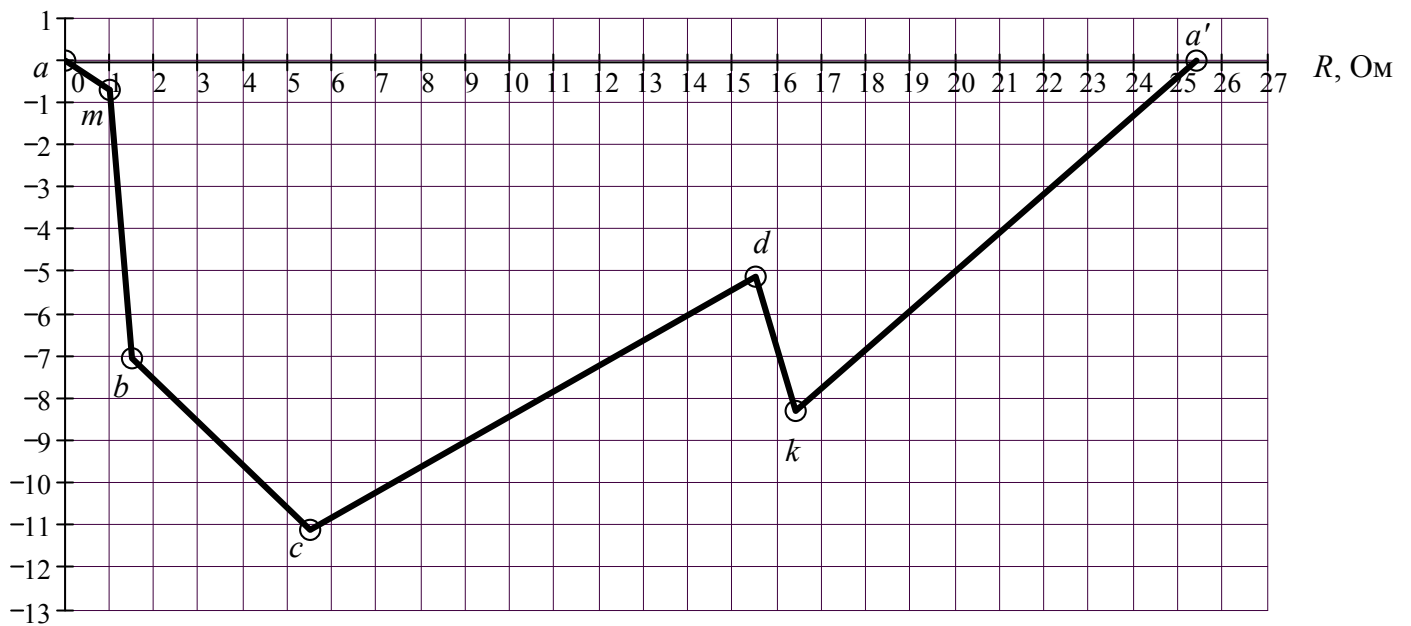


Рис. 8

Задача 2 (11). Для электрической цепи, схема которой изображена на рис. 1, по заданным параметрам и э. д. с. источника определить токи во всех ветвях цепи и напряжения на отдельных участках. Составить баланс активной и реактивной мощностей. Построить в масштабе на комплексной плоскости векторную диаграмму токов и потенциальную диаграмму напряжений по внешнему контуру. Определить показание вольтметра и активную мощность, измеряемую ваттметром.

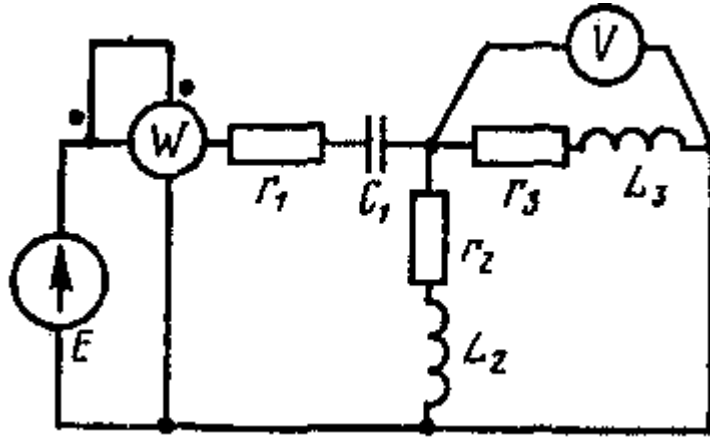


Рис. 1

Дано: $E = 100 \text{ В}$; $f = 50 \text{ Гц}$;
 $C_1 = 637 \text{ мкФ}$; $L_2 = 15.9 \text{ мГн}$; $L_3 = 6.37 \text{ мГн}$;
 $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = 10 \text{ Ом}$; $R_3 = 8 \text{ Ом}$.

1. Рассчитаем токи во всех ветвях электрической цепи символическим методом.

Для исходной цепи (рис. 1) найдем комплексные сопротивления (рис. 2).

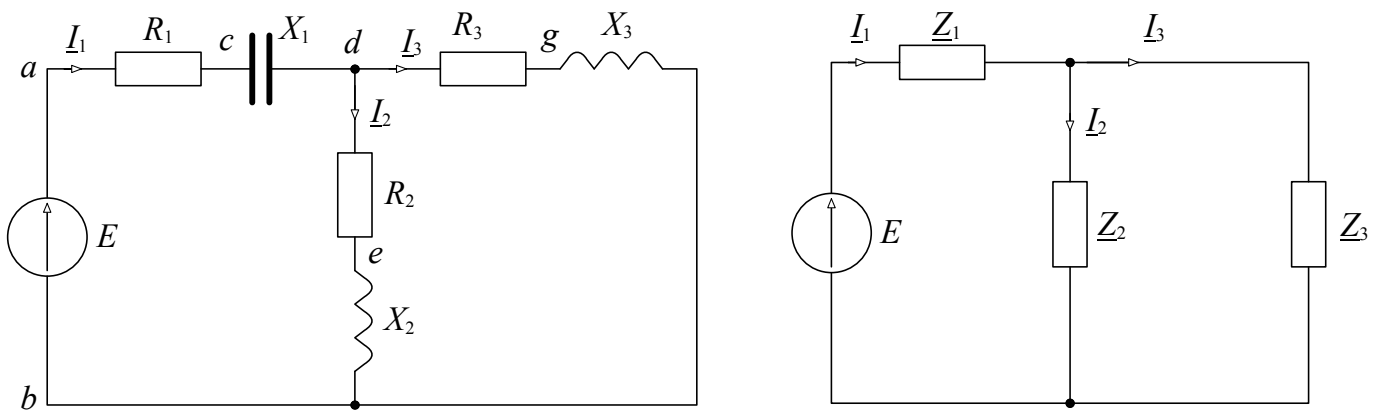


Рис. 2

$$X_1 = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 6.37 \times 10^{-4}} = 5 \text{ Ом};$$

$$X_2 = 2\pi f L_2 = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.0159 = 5 \text{ Ом};$$

$$X_3 = 2\pi f L_3 = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.00637 = 2 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_1 = R_1 - jX_1 = 5 - j5 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_2 = R_2 + jX_2 = 10 + j5 = 11.178 \cdot e^{j 26.543^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_3 = R_3 + jX_3 = 8 + j2 = 8.247 \cdot e^{j 14.044^\circ} \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление цепи:

$$\begin{aligned} \underline{Z} &= \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = \\ &= 5 - j5 + \frac{11.178 \cdot e^{j 26.543^\circ} \cdot 8.247 \cdot e^{j 14.044^\circ}}{19.312 \cdot e^{j 21.24^\circ}} = 9.5 - 3.42j = 10.1 \cdot e^{-j 19.77^\circ} \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Токи в ветвях цепи:

$$\underline{I}_1 = \frac{U}{\underline{Z}} = \frac{100 \cdot e^{j 0^\circ}}{10.1 \cdot e^{-j 19.77^\circ}} = 9.9 \cdot e^{j 19.77^\circ} = 9.32 + 3.35j \text{ А};$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_1 \cdot \frac{\underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = 9.9 \cdot e^{j 19.77^\circ} \cdot \frac{8.247 \cdot e^{j 14.044^\circ}}{19.312 \cdot e^{j 21.24^\circ}} = 4.23 \cdot e^{j 12.57^\circ} = 4.13 + 0.92j \text{ А};$$

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_1 - \underline{I}_2 = 9.32 + 3.35j - (4.13 + 0.92j) = 5.19 + 2.43j = 5.73 \cdot e^{j 25.07^\circ} \text{ А};$$

Выражения для мгновенных значений токов в ветвях

$$i_1(t) = 9,9\sqrt{2} \sin(\omega t + 19.77^\circ) \text{ А};$$

$$i_2(t) = 4,23\sqrt{2} \sin(\omega t + 12.57^\circ) \text{ А};$$

$$i_3(t) = 5,73\sqrt{2} \sin(\omega t + 25.07^\circ) \text{ А}.$$

2. Строим векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную лучевую диаграмму токов (рис. 3).

Полагаем $\phi_b = 0$. Тогда

$$\phi_a = \phi_b + \underline{E} = 0 + 100 = 100 \text{ В};$$

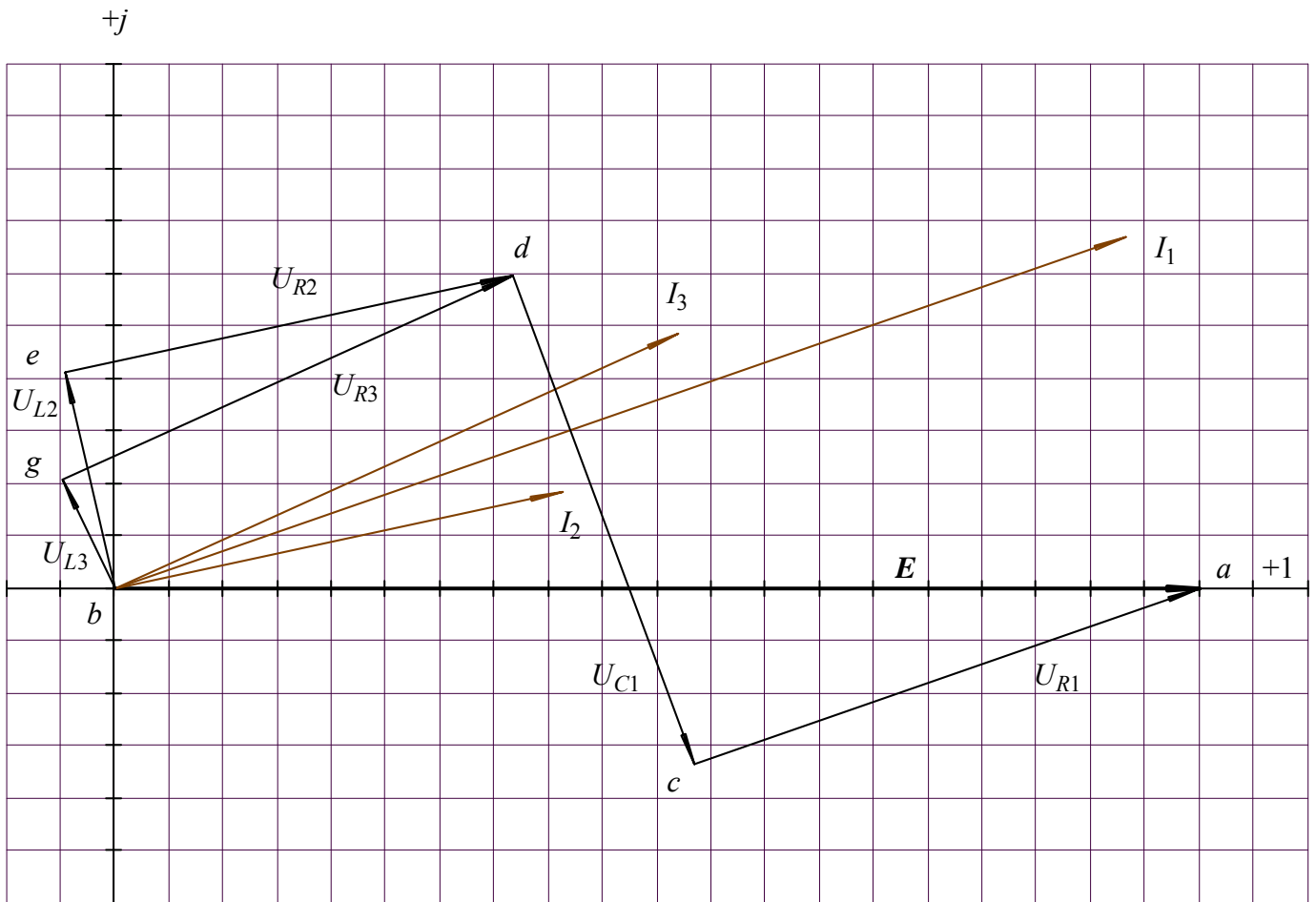
$$\phi_c = \phi_a - \underline{I}_1 \cdot R_1 = 100 - (9.32 + 3.35j) \cdot 5 = 53.4 - 16.8j \text{ В};$$

$$\phi_d = \phi_c - \underline{I}_1 \cdot (-jX_1) = 53.4 - 16.8j - (9.32 + 3.35j) \cdot (-j \cdot 5) = 36.6 + 29.8j \text{ В};$$

$$\phi_g = \phi_b + \underline{I}_3 \cdot (jX_3) = 0 + (5.19 + 2.43j) \cdot (j \cdot 2) = -4.9 + 10.4j \text{ В};$$

$$\phi_e = \phi_b + \underline{I}_2 \cdot (jX_2) = 0 + (4.13 + 0.92j) \cdot (j \cdot 5) = -4.6 + 20.6j \text{ В};$$

+



Масштаб: $m_u = 5$ В/дел; $m_i = 0.5$ А/дел.

Рис. 3

3. Баланс активных и реактивных мощностей. Относительные погрешности расчета.

Мощность источника

$$\tilde{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}_1^* = 100 \cdot (9.32 - 3.35j) = 932 - 335j \text{ В}\cdot\text{А.}$$

+

Активная мощность приемников

$$\begin{aligned} P &= I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 = \\ &= 9.9^2 \cdot 5 + 4.23^2 \cdot 10 + 5.73^2 \cdot 8 = 931.6 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

+

Реактивная мощность приемников

$$\begin{aligned} Q &= -I_1^2 \cdot X_1 + I_2^2 \cdot X_2 + I_3^2 \cdot X_3 = \\ &= -9.9^2 \cdot 5 + 4.23^2 \cdot 5 + 5.73^2 \cdot 2 = -334.9 \text{ Вар (емкостная)}. \end{aligned}$$

Погрешность расчета

$$\delta_{P\%} = \frac{|P_{\text{ист}} - P_{\text{пр}}|}{P_{\text{ист}}} \cdot 100\% = \frac{|932 - 931.6|}{932} \cdot 100 = 0.04 \%$$

$$\delta_{Q\%} = \frac{|Q_{\text{ист}} - Q_{\text{пр}}|}{Q_{\text{ист}}} \cdot 100\% = \frac{|335 - 334.9|}{335} \cdot 100 = 0.03 \%$$

4. Показания приборов

Показание ваттметра

$$\underline{U}_W = \underline{E} = 100 \cdot e^{j 0^\circ} \text{ В;}$$

$$\underline{I}_W = \underline{I}_1 = 9.9 \cdot e^{j 19.77^\circ} \text{ А;}$$

$$\begin{aligned} P_W &= U_W \cdot I_W \cdot \cos(\varphi_{U_W} - \varphi_{I_W}) = \\ &= 100 \cdot 9.9 \cdot \cos(0^\circ - 19.77^\circ) = 932 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Показание вольтметра

$$U_V = U_{db} = I_3 \cdot Z_3 = 5.73 \cdot 8.25 = 47.3 \text{ В.}$$

Задача 3 (11). Для электрической схемы изображенной на **рис. 3.4**, по заданным параметрам и линейному напряжению определить фазные и линейные токи, ток в нейтральном проводе, активную мощность всей цепи и каждой фазы отдельно. Построить векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости.

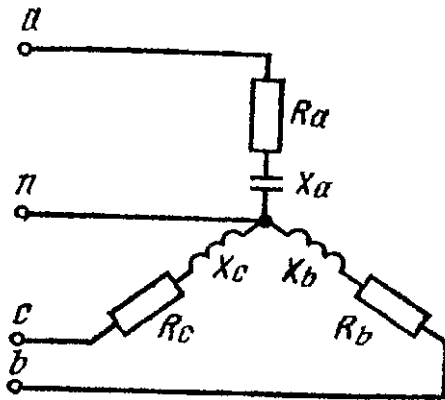


Рис. 3.4

Дано:

$$U_{\text{Л}} = 380 \text{ В}$$

$$R_a = 16.8 \text{ Ом}; \quad X_a = 8 \text{ Ом};$$

$$R_b = 8 \text{ Ом}; \quad X_b = 6 \text{ Ом};$$

$$R_c = 8 \text{ Ом}; \quad X_c = 4 \text{ Ом};$$

$$I_A, I_B, I_C, I_N, P, Q, S - ?$$

Решение

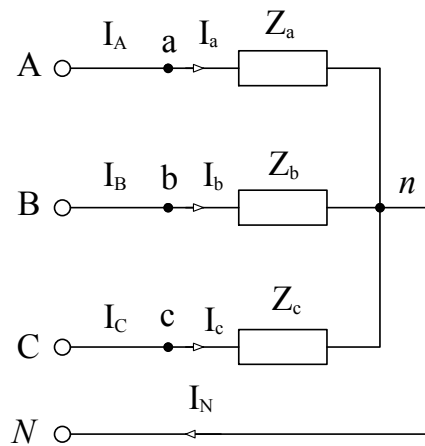


Рис. 1

1. Расчет токов в цепи (рис. 1).

Комплексы фазных напряжений

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В};$$

$$\dot{U}_A = 220 \cdot e^{j0^\circ} = 220 \text{ В};$$

$$\dot{U}_B = 220 \cdot e^{-j120^\circ} = -110 - 190.5j \text{ В};$$

$$\dot{U}_C = 220 \cdot e^{j120^\circ} = -110 + 190.5j \text{ В}.$$

Комплексы сопротивлений

$$\underline{Z}_a = R_a - jX_a = 16.8 - j8 = 18.61 \cdot e^{-j 25.46^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_b = R_b + jX_b = 8 + j6 = 10 \cdot e^{j 36.87^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_c = R_c + jX_c = 8 + j4 = 8.94 \cdot e^{j 26.565^\circ} \text{ Ом}.$$

Линейные токи

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{U}_{an}}{\underline{Z}_a} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_a} = \frac{220}{18.61 \cdot e^{-j 25.46^\circ}} = 11.8 \cdot e^{j 25.46^\circ} = 10.7 + 5.1j \text{ А};$$

$$\dot{I}_b = \frac{\dot{U}_{bn}}{\underline{Z}_b} = \frac{\dot{U}_B}{\underline{Z}_b} = \frac{220 \cdot e^{-j 120^\circ}}{10 \cdot e^{j 36.87^\circ}} = 21.9 \cdot e^{-j 156.87^\circ} = -20.1 - 8.6j \text{ А};$$

$$\dot{I}_c = \frac{\dot{U}_{cn}}{\underline{Z}_c} = \frac{\dot{U}_C}{\underline{Z}_c} = \frac{220 \cdot e^{j 120^\circ}}{8.94 \cdot e^{j 26.565^\circ}} = 24.5 \cdot e^{j 93.43^\circ} = -1.5 + 24.5j \text{ А}.$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 10.7 + 5.1j + (-20.1 - 8.6j) + (-1.5 + 24.5j) = -10.9 + 21j = 23.7 \cdot e^{j 117.72^\circ} \text{ А}.$$

2. Мощность трехфазной системы

Полная мощность источников

$$\begin{aligned} \underline{S} &= \underline{S}_A + \underline{S}_B + \underline{S}_C = \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^* + \dot{U}_B \cdot \dot{I}_B^* + \dot{U}_C \cdot \dot{I}_C^* = \\ &= 220 \cdot 11.8 \cdot e^{-j 25.46^\circ} + 220 \cdot e^{-j 120^\circ} \cdot 21.9 \cdot e^{j 156.87^\circ} + 220 \cdot e^{j 120^\circ} \cdot 24.5 \cdot e^{-j 93.43^\circ} = \\ &= (2340 - 1120j) + (3850 + 2890j) + (4820 + 2410j) = 11010 + 4180j \text{ ВА} \end{aligned}$$

Активная мощность источников

$$P_{\text{ист}} = 11.01 \text{ кВт}$$

+

Активная мощность приемников

$$\begin{aligned} P_{\text{пр}} &= P_a + P_b + P_c = I_a^2 \cdot R_a + I_b^2 \cdot R_b + I_c^2 \cdot R_c = \\ &= 11.8^2 \cdot 16.8 + 21.9^2 \cdot 8 + 24.5^2 \cdot 8 = \\ &= 2339 + 3837 + 4802 = 10978 \text{ Вт} = 10.98 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Погрешность расчета

$$\delta_{P\%} = \left| \frac{P_{\text{пр}} - P_{\text{ист}}}{P_{\text{ист}}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{11.01 - 10.98}{11.01} \right| \cdot 100 = 0.3 \%$$

*

3. Векторная диаграмма

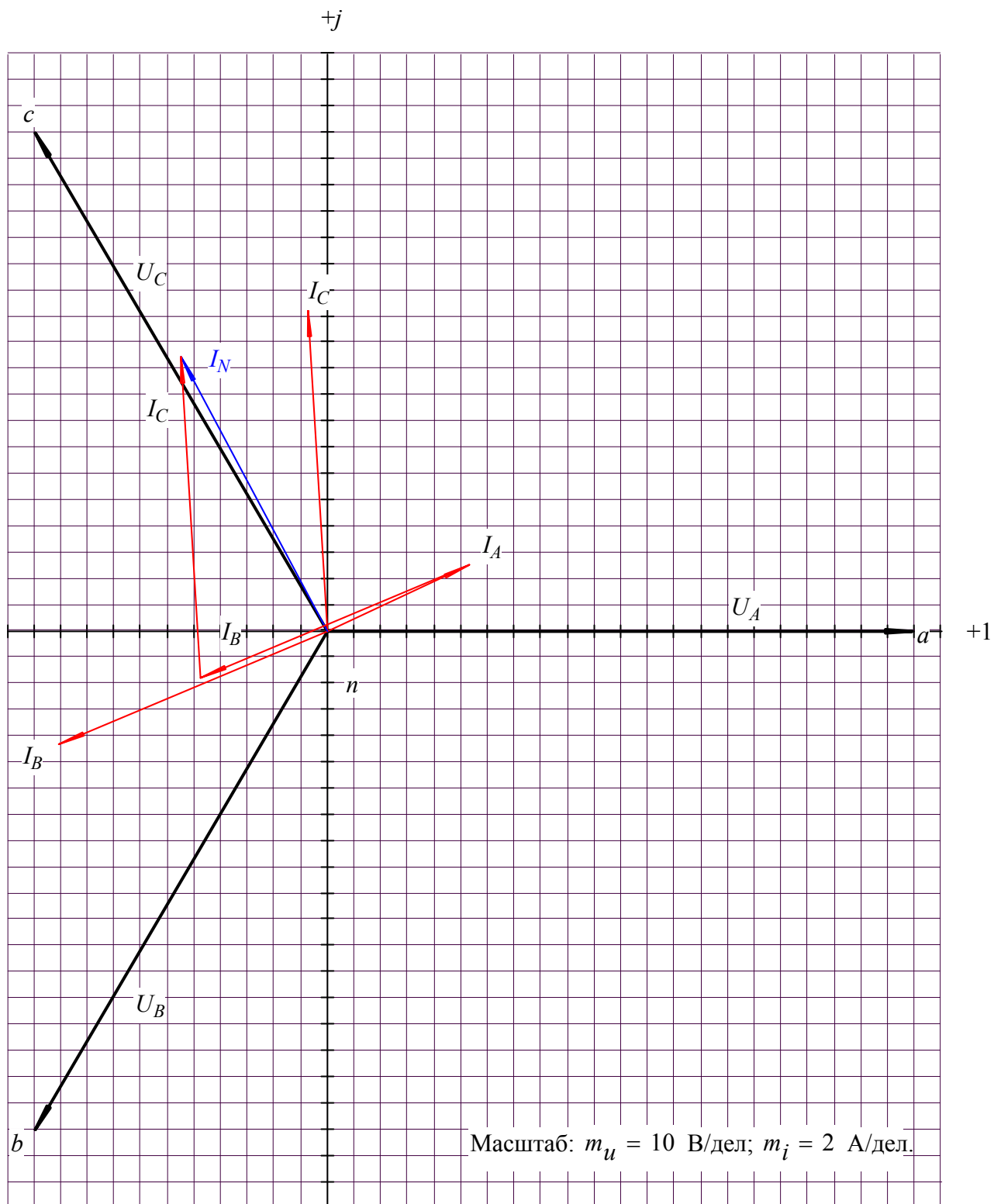


Рис. 2