

Задача 2.2 (22)

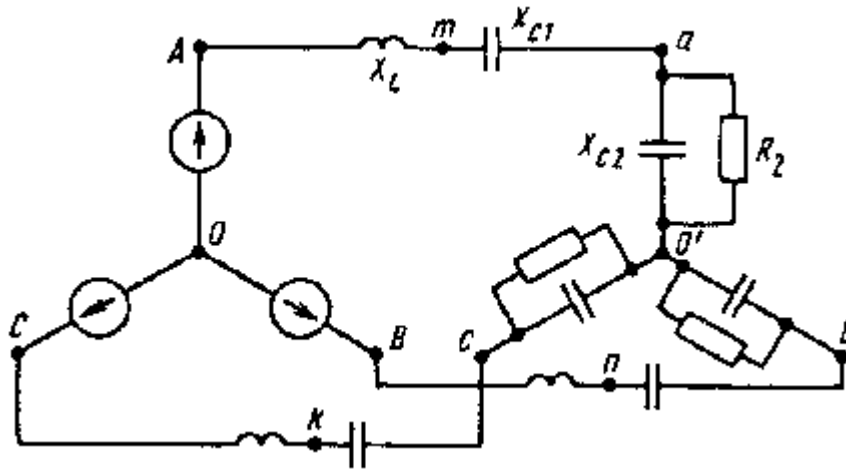


Рис. 2.3

Дано:

$$E_A = 80 \text{ В}$$

$$T = 0.02 \text{ с}$$

$$L = 24.39 \text{ мГн}$$

$$C_1 = 796.2 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 183.8 \text{ мкФ}$$

$$R_2 = 17.32 \text{ Ом}$$

$u_{ca} - ?$

Решение

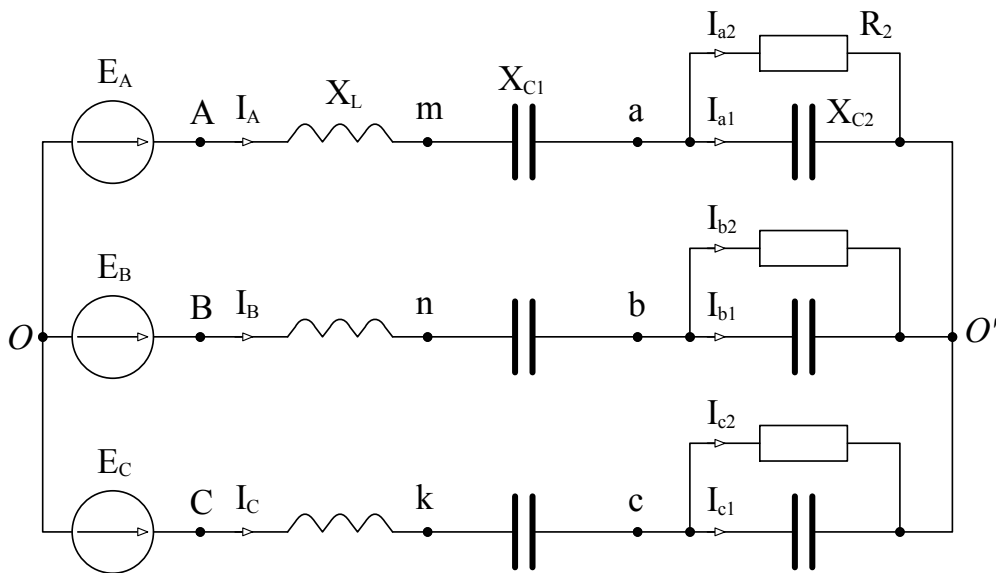


Рис. 1

1. Расчет токов в цепи (рис. 1).

Комплексы действующих значений ЭДС генератора трехфазной симметричной системы

$$\dot{E}_A = E_A \cdot e^{j0^\circ} = 80 \text{ В}$$

$$\dot{E}_B = 80 \cdot e^{-j120^\circ} = -40 - 69.3j \text{ В}$$

$$\dot{E}_C = 80 \cdot e^{j120^\circ} = -40 + 69.3j \text{ В}$$

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$

Реактивные сопротивления

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{0.02} = 314.16 \text{ 1/c}$$

$$X_L = \omega L = 314.16 \cdot 0.02439 = 7.66 \text{ Ом}$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{314.16 \cdot 7.962 \times 10^{-4}} = 4 \text{ Ом}$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{314.16 \cdot 1.838 \times 10^{-4}} = 17.32 \text{ Ом}$$

Комплексы сопротивлений линейных проводов

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{Aa} = \underline{Z}_{Bb} = \underline{Z}_{Cc} &= j(X_L - X_{C1}) = \\ &= j(7.66 - 4) = 3.66 \cdot e^{j90^\circ} \text{ Ом} \end{aligned}$$

Комплексы сопротивлений фаз нагрузки

$$\begin{aligned} \underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c &= \frac{R_2 \cdot (-jX_{C2})}{R_2 + (-jX_{C2})} = \\ &= \frac{17.32 \cdot (-j 17.32)}{17.32 + (-j 17.32)} = 12.25 \cdot e^{-j45^\circ} = 8.66 - 8.66j \text{ Ом} \end{aligned}$$

Преобразуем исходную цепь (рис. 2)

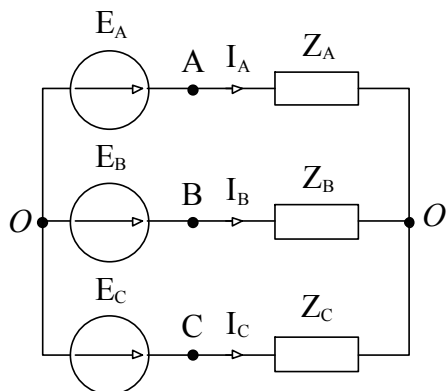


Рис. 2

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_{Aa} + \underline{Z}_a = 3.66j + (8.66 - 8.66j) = 8.66 - 5j = 10 \cdot e^{-j 30^\circ} \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_B = \underline{Z}_{Bb} + \underline{Z}_b = 3.66j + (8.66 - 8.66j) = 8.66 - 5j = 10 \cdot e^{-j 30^\circ} \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_C = \underline{Z}_{Cc} + \underline{Z}_c = 3.66j + (8.66 - 8.66j) = 8.66 - 5j = 10 \cdot e^{-j 30^\circ} \text{ Ом}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{O'O} &= \frac{\frac{\dot{E}_A}{\underline{Z}_A} + \frac{\dot{E}_B}{\underline{Z}_B} + \frac{\dot{E}_C}{\underline{Z}_C}}{\frac{1}{\underline{Z}_A} + \frac{1}{\underline{Z}_B} + \frac{1}{\underline{Z}_C}} = \frac{\frac{80}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} + \frac{80 \cdot e^{-j 120^\circ}}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} + \frac{80 \cdot e^{j 120^\circ}}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}}}{\frac{1}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} + \frac{1}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} + \frac{1}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}}} = \\ &= \frac{80 + 80 \cdot e^{-j 120^\circ} + 80 \cdot e^{j 120^\circ}}{3} = 0 \end{aligned}$$

Комплексы действующих линейных токов

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_{O'O}}{\underline{Z}_A} = \frac{80 - 0}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} = 8 \cdot e^{j 30^\circ} = 6.93 + 4j \text{ А}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_{O'O}}{\underline{Z}_B} = \frac{80 \cdot e^{-j 120^\circ} - 0}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} = 8 \cdot e^{-j 90^\circ} = -8j \text{ А}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_{O'O}}{\underline{Z}_C} = \frac{80 \cdot e^{j 120^\circ} - 0}{10 \cdot e^{-j 30^\circ}} = 8 \cdot e^{-j 150^\circ} = -6.93 - 4j \text{ А}$$

Токи в нагрузке (рис. 1)

При включении нагрузки по схеме "звезда" фазные токи нагрузки равны линейным токам

$$\dot{I}_a = \dot{I}_A = 8 \cdot e^{j30^\circ} = 6.93 + 4j \text{ A}$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_B = 8 \cdot e^{-j90^\circ} = -8j \text{ A}$$

$$\dot{I}_c = \dot{I}_C = 8 \cdot e^{-j150^\circ} = -6.93 - 4j \text{ A}$$

Комплексы действующих токов в ветвях фаз нагрузки (рис. 1)

$$\dot{I}_{a1} = \dot{I}_a \frac{R_2}{R_2 + (-jX_{C2})} = 8 \cdot e^{j30^\circ} \cdot \frac{17.32}{24.5 \cdot e^{-j45^\circ}} = 5.66 \cdot e^{j75^\circ} = 1.46 + 5.47j \text{ A}$$

$$\dot{I}_{a2} = \dot{I}_a \frac{-jX_{C2}}{R_2 + (-jX_{C2})} = 8 \cdot e^{j30^\circ} \cdot \frac{17.3 \cdot e^{-j90^\circ}}{24.5 \cdot e^{-j45^\circ}} = 5.66 \cdot e^{-j15^\circ} = 5.47 - 1.46j \text{ A}$$

$$\dot{I}_{b1} = \dot{I}_b \frac{R_2}{R_2 + (-jX_{C2})} = 8 \cdot e^{-j90^\circ} \cdot \frac{17.32}{24.5 \cdot e^{-j45^\circ}} = 5.66 \cdot e^{-j45^\circ} = 4 - 4j \text{ A}$$

$$\dot{I}_{b2} = \dot{I}_b \frac{-jX_{C2}}{R_2 + (-jX_{C2})} = 8 \cdot e^{-j90^\circ} \cdot \frac{17.3 \cdot e^{-j90^\circ}}{24.5 \cdot e^{-j45^\circ}} = 5.66 \cdot e^{-j135^\circ} = -4 - 4j \text{ A}$$

$$\dot{I}_{c1} = \dot{I}_c \frac{R_2}{R_2 + (-jX_{C2})} = 8 \cdot e^{-j150^\circ} \cdot \frac{17.32}{24.5 \cdot e^{-j45^\circ}} = 5.66 \cdot e^{-j165^\circ} = -5.47 - 1.46j \text{ A}$$

$$\dot{I}_{c2} = \dot{I}_c \frac{-jX_{C2}}{R_2 + (-jX_{C2})} = 8 \cdot e^{-j150^\circ} \cdot \frac{17.3 \cdot e^{-j90^\circ}}{24.5 \cdot e^{-j44.98^\circ}} = 5.66 \cdot e^{j105^\circ} = -1.46 + 5.47j \text{ A}$$

2. Для построения векторной диаграммы (рис. 4) рассчитаем потенциалы точек цепи (рис. 1)

$$\dot{\phi}_A = \dot{E}_A = 80 \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_B = \dot{E}_B = -40 - 69.3j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_C = \dot{E}_C = -40 + 69.3j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_m = \dot{E}_A - \dot{I}_A \cdot \underline{Z}_{Am} = 80 - (6.93 + 4j) \cdot 7.66j = 111 - 53j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_n = \dot{E}_B - \dot{I}_B \cdot \underline{Z}_{Bn} = -40 - 69.3j - (-8j) \cdot 7.66j = -101 - 69j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_k = \dot{E}_C - \dot{I}_C \cdot \underline{Z}_{Ck} = -40 + 69.3j - (-6.93 + 4j) \cdot 7.66j = -9 + 122j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_a = \dot{E}_A - \dot{I}_A \cdot \underline{Z}_{Aa} = 80 - (6.93 + 4j) \cdot 3.66j = 95 - 25j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_b = \dot{E}_B - \dot{I}_B \cdot \underline{Z}_{Bb} = -40 - 69.3j - (-8j) \cdot 3.66j = -69 - 69j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_c = \dot{E}_C - \dot{I}_C \cdot \underline{Z}_{Cc} = -40 + 69.3j - (-6.93 + 4j) \cdot 3.66j = -25 + 95j \text{ В}$$

$$\dot{\phi}_O = \dot{U}_{OO} = 0 \text{ В}$$

3. Мгновенное значение напряжения (рис. 3).

$$\dot{U}_{ca} = \dot{\phi}_c - \dot{\phi}_a = (-25 + 95j) - (95 - 25j) = -120 + 120j = 170 \cdot e^{j 135^\circ} \text{ В}$$

$$u_{ca}(t) = U_{ca} \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \phi_{U_{ca}}) = 170 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 135^\circ) \text{ В}$$

$u(\omega t)$, В

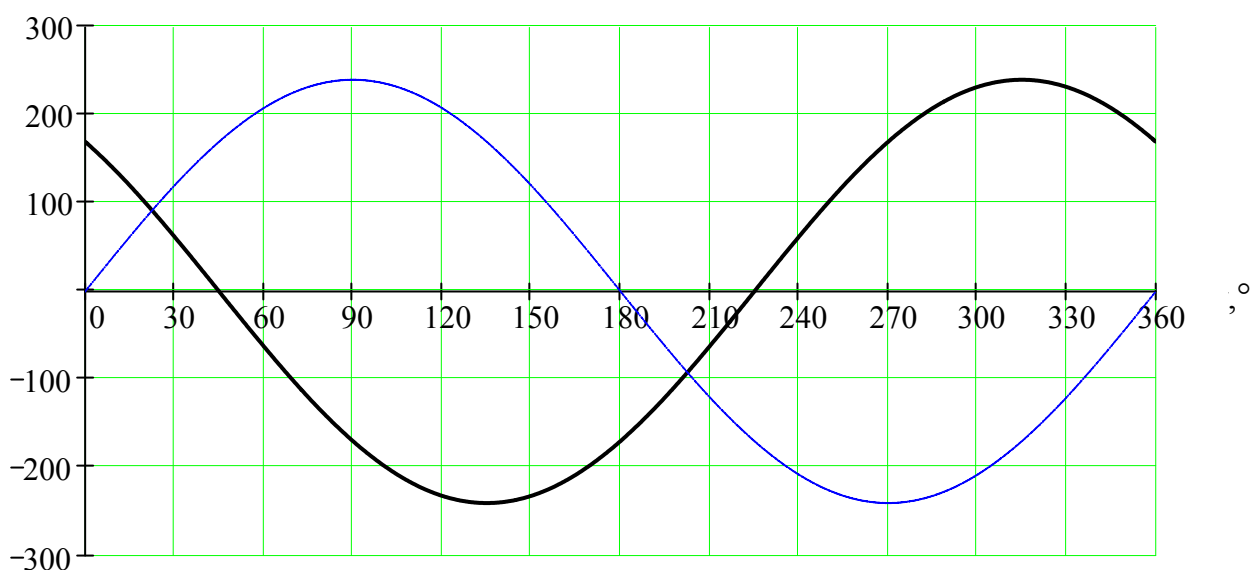


Рис. 3

4. Активная мощность трехфазной системы

Комплекс полной мощности источников (генератора)

$$\begin{aligned}\tilde{S} &= P_{уст} + jQ_{уст} = \dot{E}_A \cdot I_A^* + \dot{E}_B \cdot I_B^* + \dot{E}_C \cdot I_C^* = \\ &= 80 \cdot 8 \cdot e^{-j30^\circ} + 80 \cdot e^{-j120^\circ} \cdot 8 \cdot e^{j90^\circ} + 80 \cdot e^{j120^\circ} \cdot 8 \cdot e^{-j150^\circ} = 1663 - 960j \text{ ВА}\end{aligned}$$

Активная мощность потребителей

$$\begin{aligned}P_{ном} &= I_{a2}^2 \cdot R_2 + I_{b2}^2 \cdot R_2 + I_{c2}^2 \cdot R_2 = \\ &= (5.66^2 + 5.66^2 + 5.66^2) \cdot 17.32 = 1665 \text{ Вт}\end{aligned}$$

Погрешность расчета

$$\delta_{P\%} = \left| \frac{P_{ном} - P_{уст}}{P_{уст}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{1665 - 1663}{1663} \right| \cdot 100 = 0.1 \%$$

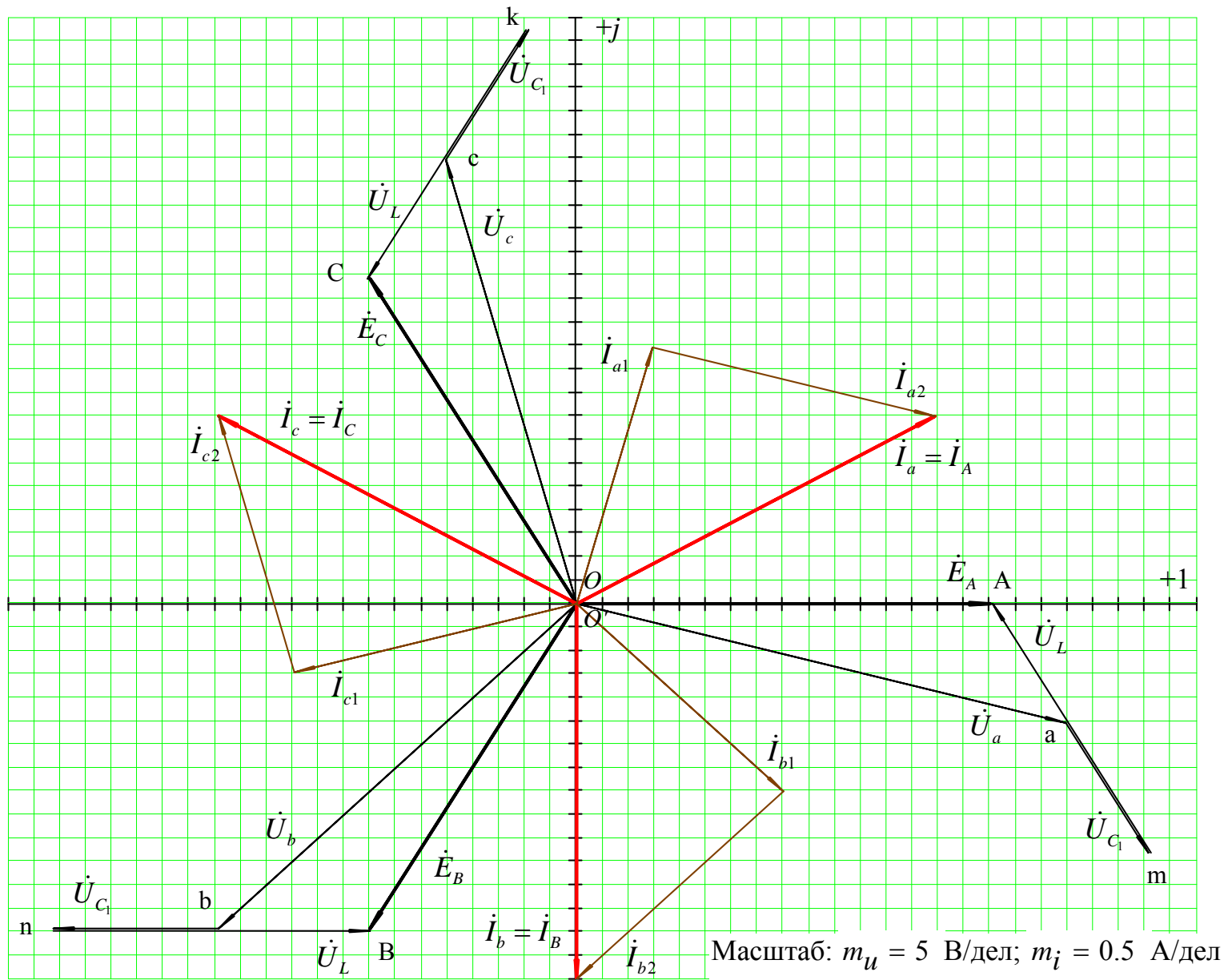


Рис. 4