

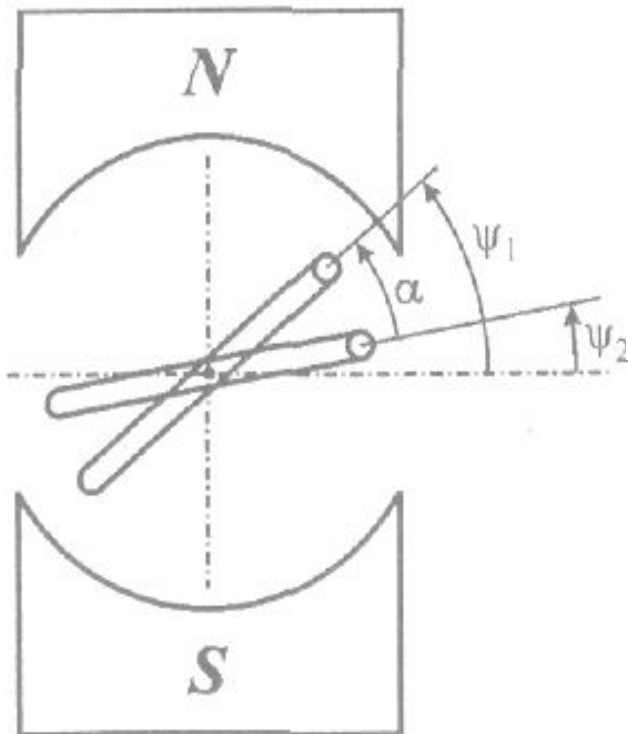
Электротехника и электроника

Доцент Габриелян Ш.Ж.

Трехфазные электрические цепи

**Понятие о многофазных цепях и
системах**

Принцип получения источника многофазной ЭДС



$$e_1 = E_{m1} \sin(\omega t + \psi_1),$$

$$e_2 = E_{m2} \sin(\omega t + \psi_1 - \alpha),$$

Многофазный источник ЭДС и многофазная система электрических цепей

- *Многофазный источник ЭДС - один источник, который создает несколько синусоидальных ЭДС, имеющих одну и ту же частоту, но сдвинутых между собой по фазе на некоторые постоянные углы.*
- *Многофазная система электрических цепей - совокупность электрических цепей, в которой действует многофазный источник ЭДС .*

Многофазная система токов

- Совокупность синусоидальных токов (напряжений, ЭДС) одной частоты, сдвинутых относительно друг друга по фазе, действующих в многофазной системе электрических цепей, называют многофазной системой токов.
- Часть многофазной системы электрических цепей, в которой может протекать один из токов многофазной системы, называется фазой.

Симметричная многофазная система

- Многофазную систему электрических цепей, в которой отдельные фазы электрически соединены друг с другом, называют многофазной цепью, а многофазную систему электрических токов, в которой отдельные токи равны по амплитуде и отстают по фазе друг относительно друга на углы $2\pi/m$ (m — число фаз) — симметричной многофазной системой электрических токов (напряжений, ЭДС).

Трехфазные электрические цепи

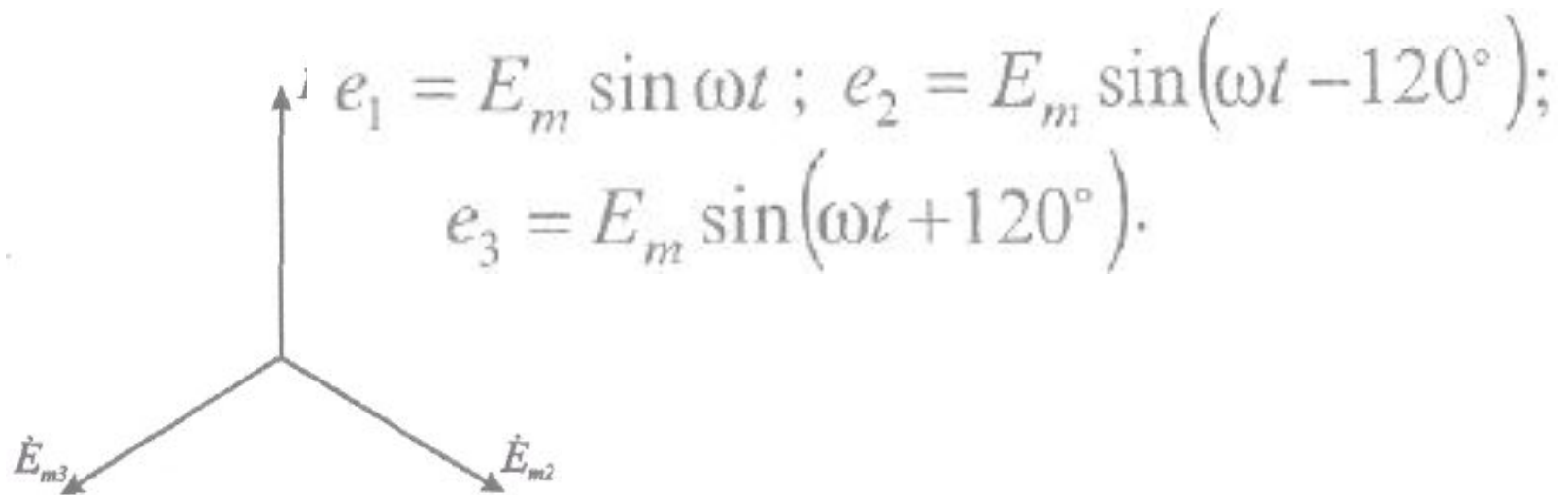
**Линейные и фазные величины в
трехфазных электрических цепях**

Симметричная система ЭДС

- Источниками электрической энергии в трехфазных цепях являются трехфазные генераторы, создающие симметричную систему ЭДС:

$$\begin{aligned} e_1 &= E_m \sin \omega t ; \quad e_2 = E_m \sin(\omega t - 120^\circ) ; \\ e_3 &= E_m \sin(\omega t + 120^\circ) . \end{aligned}$$

Векторная диаграмма ЭДС трехфазного генератора



Комплексные амплитуды ЭДС фаз генератора

$$\dot{E}_A = E; \quad \dot{E}_B = E e^{-j\frac{2\pi}{3}}; \quad \dot{E}_C = E e^{-j\frac{4\pi}{3}} = E e^{j\frac{2\pi}{3}}.$$

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0; \quad e_A + e_B + e_C = 0.$$

Фазные и линейные напряжения симметричного трехфазного генератора

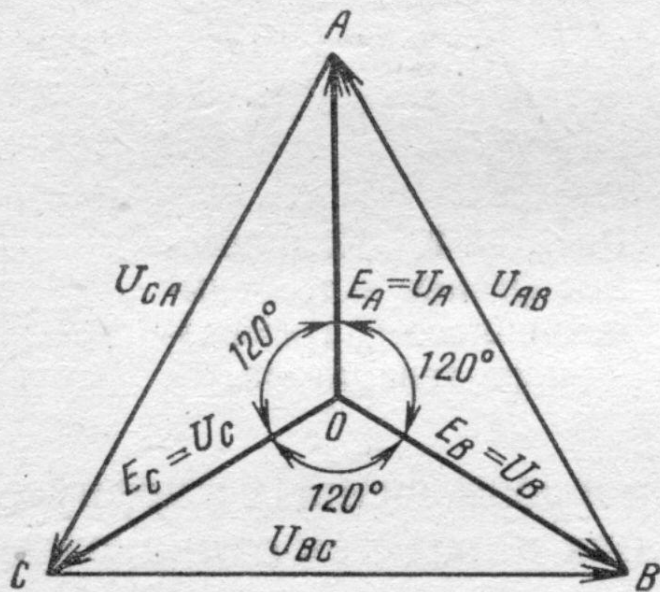


Рис. 14-5. Фазные и линейные напряжения симметричного трехфазного генератора.

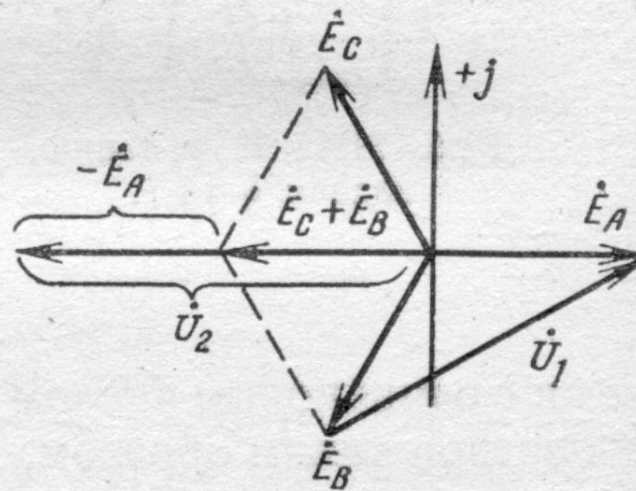


Рис. 14-6. Векторная диаграмма цепи рис. 14-1.

Соединение обмоток генератора звездой и треугольником

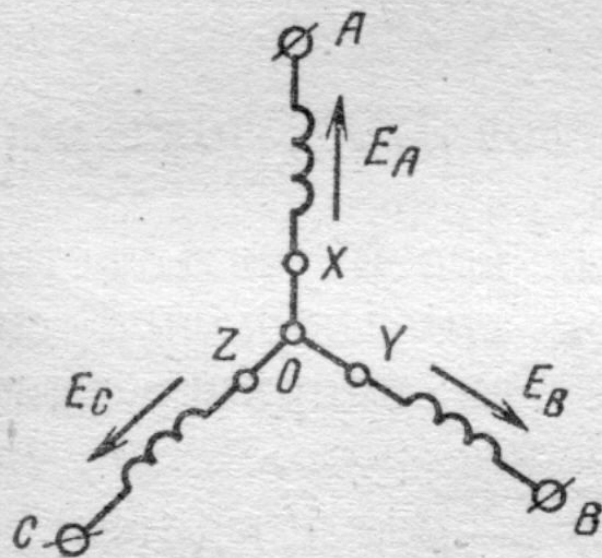


Рис. 14-3. Соединение обмоток генератора звездой.

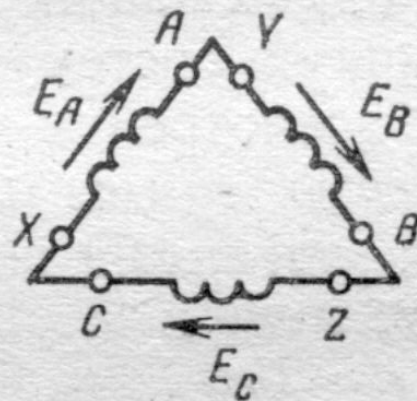
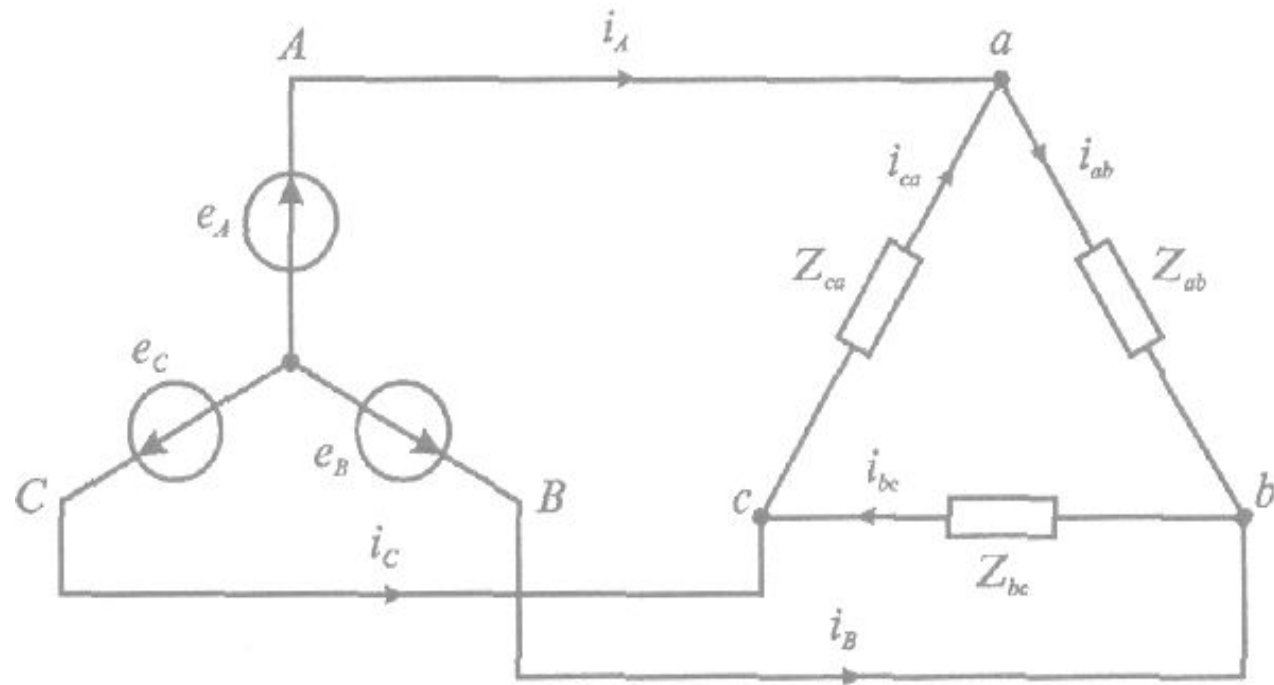


Рис. 14-4. Соединение обмоток генератора треугольником.

Трехфазная цепь при соединении генератора и нагрузки по схеме «звезда—треугольник»



Соединение генератора с нагрузкой

- Трехфазный генератор соединяется с нагрузкой четырьмя линейными проводами либо тремя.
- Общие точки генератора O и потребителя O' называют нулевыми (нейтральными).
- Провод OO' — нулевой (O) или нейтральный (N) провод.

ЧЕТЫРЕХПРОВОДНАЯ ЦЕПЬ

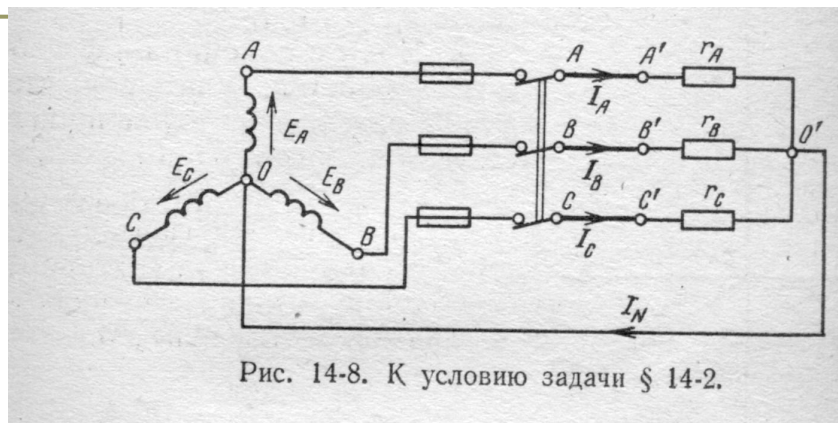


Рис. 14-8. К условию задачи § 14-2.

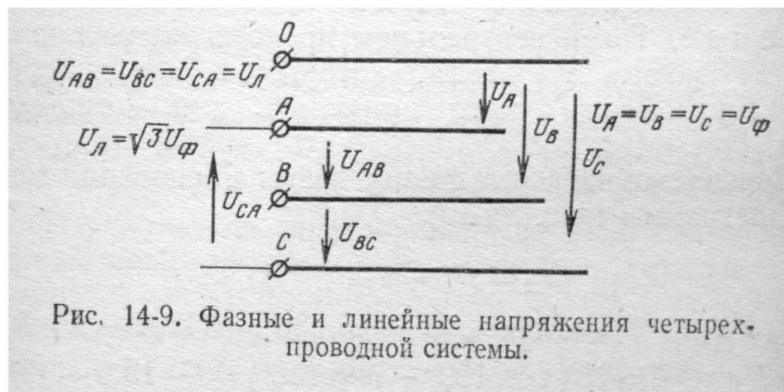


Рис. 14-9. Фазные и линейные напряжения четырехпроводной системы.

Значения фазных и линейных напряжений

- В четырехпроводной трехфазной цепи возможно дать потребителю два различных напряжения — линейное или фазное.
- Для цепей низкого напряжения ГОСТом предусмотрены следующие пары напряжений U_l/U_ϕ : 660/380, 380/220 и 220/127 В.

Фазные и линейные напряжения

- *Напряжения между зажимами фаз и нейтральными точками, а также токи в фазах генератора и потребителя называются фазными.*
- *Напряжения между линейными проводами и токи в этих проводах называют линейными.*

Фазные и линейные напряжения

- *В симметричной трехфазной цепи при соединении фаз звездой действующие фазные и линейные токи равны друг другу.*
- *Напряжения отличаются друг от друга в $\sqrt{3}$ раз.*

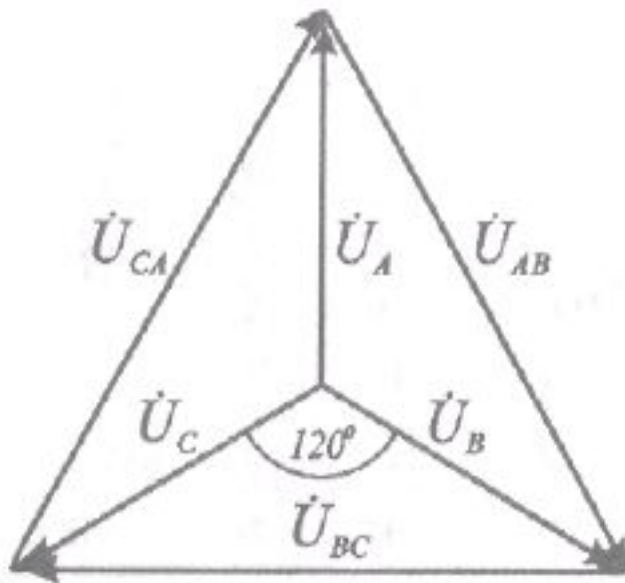
Трехфазная цепь при соединении генератора и нагрузки по схеме «звезда—звезда»

$$I_{\Phi} = I_{\text{Л}},$$

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0,$$

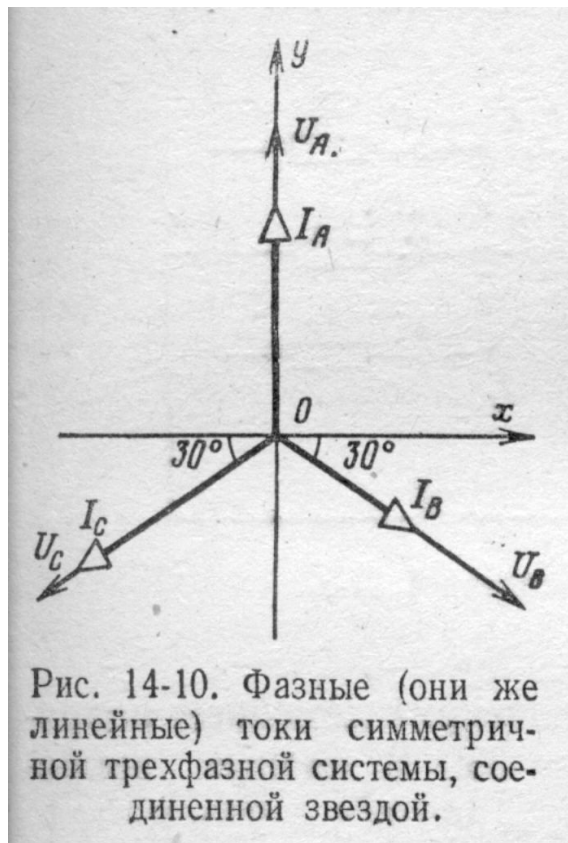
$$U_A = U_B = U_C = U_{\Phi}; \quad U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_{\text{Л}}.$$

Векторная диаграмма напряжений при нагрузке «звезда»

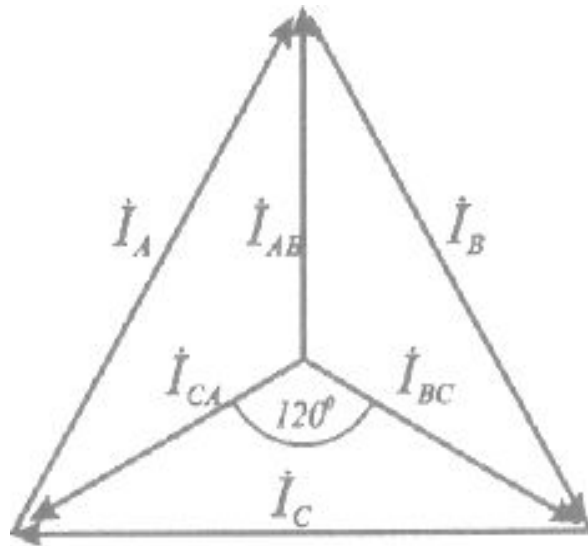


$$\frac{1}{2}U_L = U_\Phi \sin 60^\circ \quad \text{или} \quad U_L = \sqrt{3}U_\Phi.$$

Векторная диаграмма токов при нагрузке «звезда»



Векторная диаграмма токов при нагрузке «треугольник»



$$\begin{aligned}\dot{I}_A + \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{ab} &= 0; & \dot{I}_B + \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{bc} &= 0; \\ \dot{I}_C + \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ca} &= 0,\end{aligned}$$

Соотношения между фазными и линейными величинами при нагрузке «треугольник»

- В симметричной трехфазной цепи при соединении фаз нагрузки треугольником фазные и линейные напряжения равны друг другу, а линейный ток в $\sqrt{3}$ раз больше фазного.

$$U_L = U_\Phi$$

$$\frac{1}{2} I_L = I_\Phi \sin 60^\circ \quad \text{или} \quad I_L = \sqrt{3} I_\Phi.$$

Векторная диаграмма напряжений и токов при нагрузке треугольником

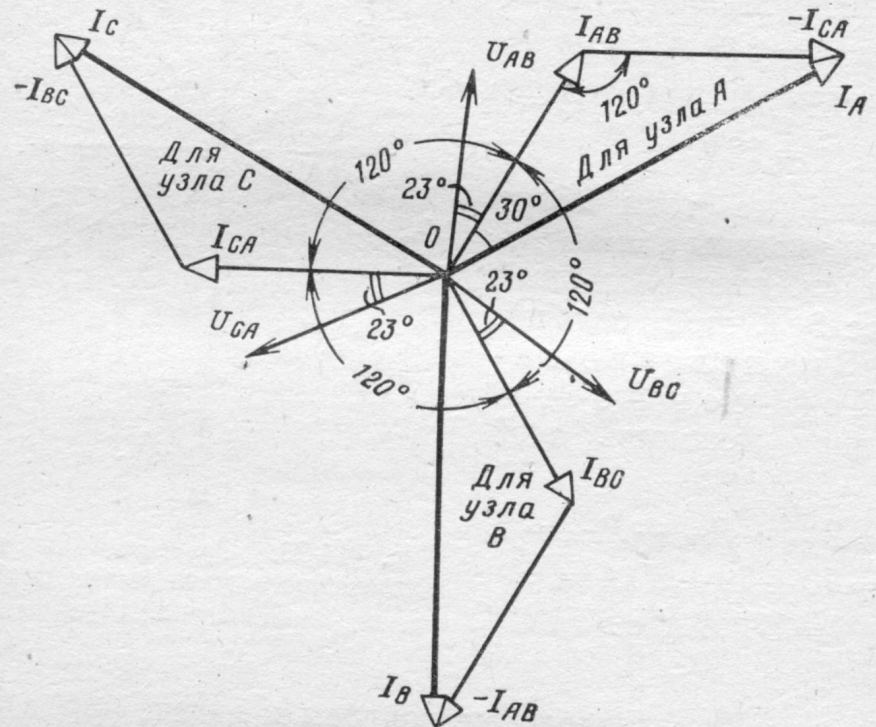
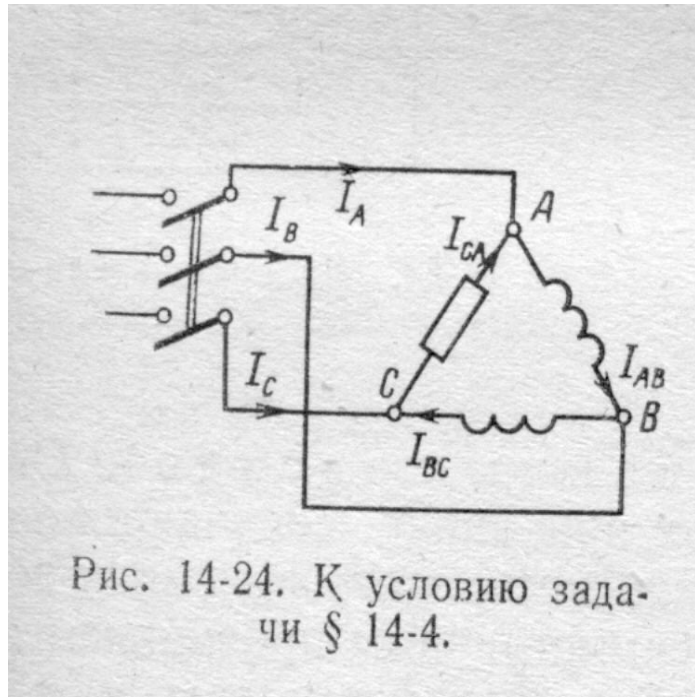


Рис. 14-27. К дополнительному вопросу 2, § 14-4.

Трехфазные электрические цепи

Мощность трехфазной цепи

Активная мощность трехфазной цепи

- Активная мощность трехфазной цепи равна сумме активных мощностей фаз:

$$P = P_A + P_B + P_C =$$
$$= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C,$$

фазах; φ — сдвиг фаз между напряжением и током в фазах.

Активная мощность в симметричной трехфазной цепи

$$P = 3P_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi} \cos \varphi_{\phi} .$$

$$P = \sqrt{3}U_{\text{Л}}I_{\text{Л}} \cos \varphi_{\phi} ,$$

Реактивная мощность трехфазной цепи

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C$$

- В симметричной трехфазной цепи суммарная реактивная мощность равна утроенной реактивной мощности одной фазы:

$$Q = 3Q_\phi = 3U_\phi I_\phi \sin \varphi_\phi = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi_L .$$

Полная мощность трехфазной цепи

- $S = 3U_{\phi} I_{\phi} = \sqrt{3} U_{л} I_{л}$.
- Мгновенная мощность трехфазной цепи равна сумме мгновенных мощностей фаз; в симметричной трехфазной цепи она постоянна, равна активной мощности, а сама цепь называется уравновешенной.