

Дано

$$E = 100 \text{ В} \quad R_a = 2 \text{ Ом} \quad R_b = 1 \text{ Ом} \quad R_c = 2 \text{ Ом}$$

$$C_a = 212 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \quad C_b = 796 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \quad C_c = 265 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L_a = 0.0191 \text{ Гн} \quad L_b = 0.0255 \text{ Гн} \quad L_c = 0.0382 \text{ Гн} \quad f = 50 \text{ Гц}$$

Решение

Определим циклическую частоту

$$\omega = 2\pi \cdot f = 314.159 \text{ Рад/с}$$

Определим фазные напряжения

$$E_a = E \cdot e^{j \cdot 0^\circ} = 100 \text{ В} \quad E_b = E \cdot e^{j \cdot -120^\circ} = -50 - 86.603j \text{ В}$$

$$E_c = E \cdot e^{j \cdot 120^\circ} = -50 + 86.603j \text{ В}$$

Определим линейные напряжения

$$E_{ab} = E_a - E_b = 150 + 86.603j \text{ В} \quad E_{ab} = 173.205 \cdot e^{j \cdot 30^\circ} = 150 + 86.602j \text{ В}$$

$$E_{bc} = E_b - E_c = -173.205j \text{ В} \quad E_{bc} = 173.205 \cdot e^{j \cdot -90^\circ} = -173.205j \text{ В}$$

$$E_{ca} = E_c - E_a = -150 + 86.603j \text{ В} \quad E_{ca} = 173.205 \cdot e^{j \cdot 150^\circ} = -150 + 86.602j \text{ В}$$

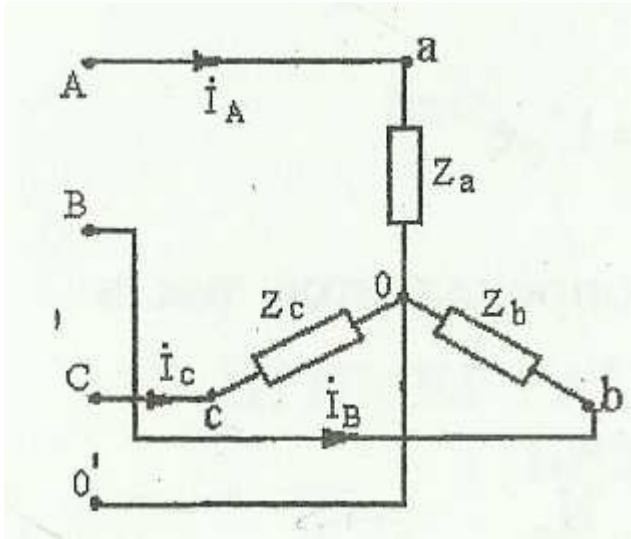
Определим комплексное сопротивление цепи

$$Z_a = R_a + j \cdot \omega \cdot L_a + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_a} = 2 - 9.014j \text{ Ом} \quad Z_{ab} = Z_a = 2 - 9.014j \text{ Ом}$$

$$Z_b = R_b + j \cdot \omega \cdot L_b + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_b} = 1 + 4.012j \text{ Ом} \quad Z_{bc} = Z_b = 1 + 4.012j \text{ Ом}$$

$$Z_c = R_c + j \cdot \omega \cdot L_c + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_c} = 2 - 0.011j \text{ Ом} \quad Z_{ca} = Z_c = 2 - 0.011j \text{ Ом}$$

## Звезда с нейтральным проводом



Определим токи цепи

$$I_a = \frac{E_a}{Z_a} = 2.346 + 10.573j \text{ A}$$

$$I_a = 10.83 \cdot e^{j \cdot 77.49^\circ} = 2.346 + 10.573j \text{ A}$$

$$I_b = \frac{E_b}{Z_b} = -23.247 + 6.668j \text{ A}$$

$$I_b = 24.184 \cdot e^{j \cdot 163.995^\circ} = -23.247 + 6.668j \text{ A}$$

$$I_c = \frac{E_c}{Z_c} = -25.233 + 43.165j \text{ A}$$

$$I_c = 49.999 \cdot e^{j \cdot 120.31^\circ} = -25.233 + 43.165j \text{ A}$$

$$I_N = I_a + I_b + I_c = -46.134 + 60.406j \text{ A} \quad I_N = 76.008 \cdot e^{j \cdot 127.37^\circ} = -46.134 + 60.406j \text{ A}$$

Составим баланс мощностей

Мощность источника

$$S = E_a \cdot \overline{I_a} + E_b \cdot \overline{I_b} + E_c \cdot \overline{I_c} = 5819.302 + 1262.303j \text{ ВА} \text{ полная мощность}$$

$$P = \operatorname{Re}(S) = 5819.302 \text{ Вт} \text{ активная мощность}$$

$$Q = \operatorname{Im}(S) = 1262.303 \text{ ВАр} \text{ реактивная мощность}$$

Мощность потребителей

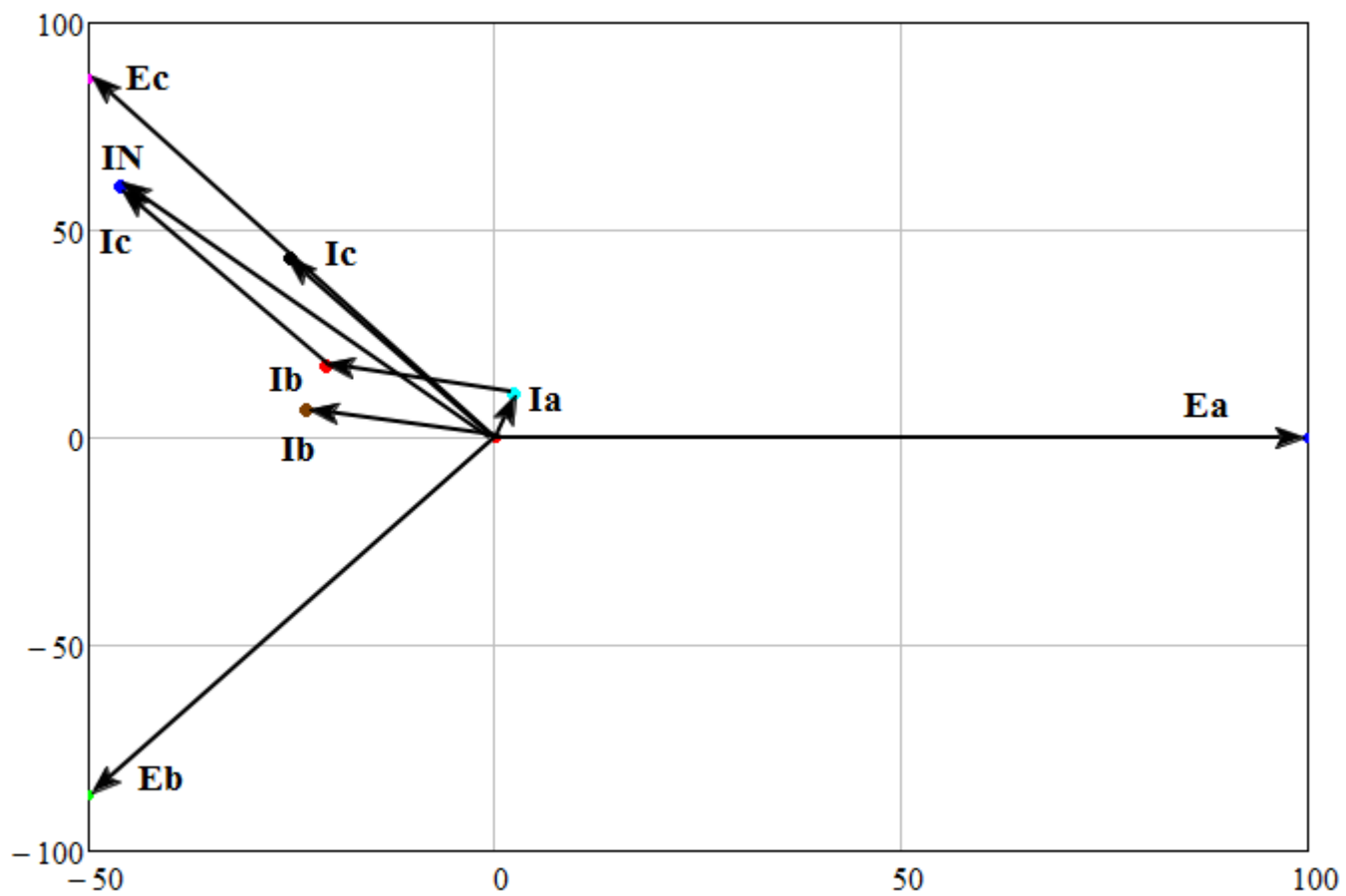
$$P = (|I_a|)^2 \cdot R_a + (|I_b|)^2 \cdot R_b + (|I_c|)^2 \cdot R_c = 5819.298 \text{ Вт}$$

$$Q = (|I_a|)^2 \cdot \left( \omega \cdot L_a - \frac{1}{\omega \cdot C_a} \right) + (|I_b|)^2 \cdot \left( \omega \cdot L_b - \frac{1}{\omega \cdot C_b} \right) \dots = 1262.308 \text{ ВАр}$$

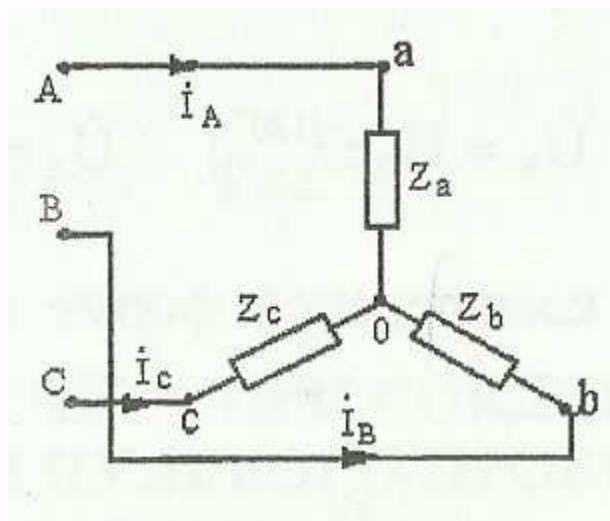
$$+ (|I_c|)^2 \cdot \left( \omega \cdot L_c - \frac{1}{\omega \cdot C_c} \right)$$

Построим векторную диаграмму

Для наглядности ток увеличен в  $k$  раз  $k = 1$



### Звезда без нейтрального провода



Определим напряжение смещения нейтрали

$$U_n = \frac{\frac{E_a}{Z_a} + \frac{E_b}{Z_b} + \frac{E_c}{Z_c}}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b} + \frac{1}{Z_c}} = -97.22 + 82.714j \quad \text{В}$$

Определим токи цепи

$$I_a = \frac{E_a - U_n}{Z_a} = 13.372 + 18.912j \quad \text{А} \quad I_a = 23.162 \cdot e^{j \cdot 54.737^\circ} = 13.372 + 18.912j \quad \text{А}$$

$$I_b = \frac{E_b - U_n}{Z_b} = -36.971 - 20.984j \quad \text{А} \quad I_b = 42.51 \cdot e^{j \cdot -150.422^\circ} = -36.97 - 20.983j \quad \text{А}$$

$$I_c = \frac{E_c - U_n}{Z_c} = 23.599 + 2.072j \quad \text{А} \quad I_c = 23.689 \cdot e^{j \cdot 5.017^\circ} = 23.598 + 2.072j \quad \text{А}$$

Составим баланс мощностей

Мощность источника

$$S = E_a \cdot \overline{I_a} + E_b \cdot \overline{I_b} + E_c \cdot \overline{I_c} = 4002.414 + 2408.633j \quad \text{ВА} \quad \text{полная мощность}$$

$$P = \text{Re}(S) = 4002.414 \quad \text{Вт} \quad \text{активная мощность}$$

$$Q = \text{Im}(S) = 2408.633 \quad \text{ВАр} \quad \text{реактивная мощность}$$

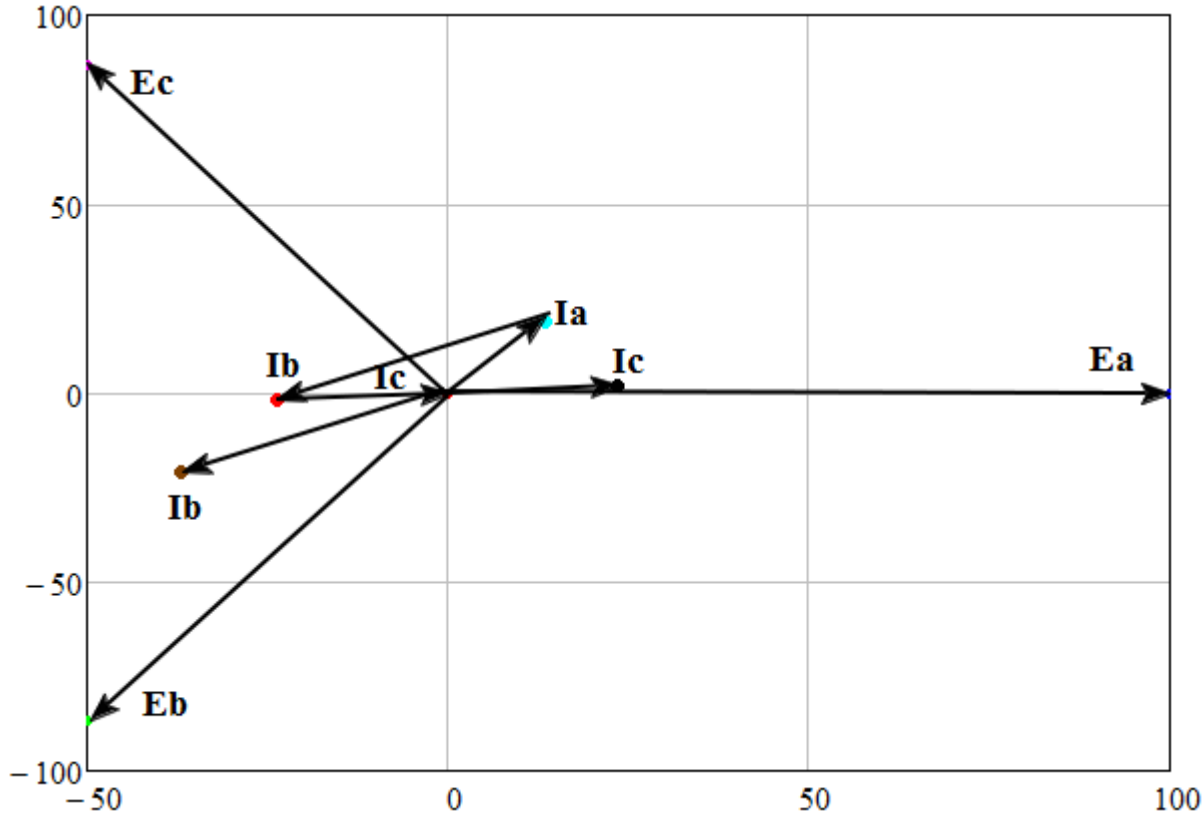
Мощность потребителей

$$P = (|I_a|)^2 \cdot R_a + (|I_b|)^2 \cdot R_b + (|I_c|)^2 \cdot R_c = 4002.424 \quad \text{Вт}$$

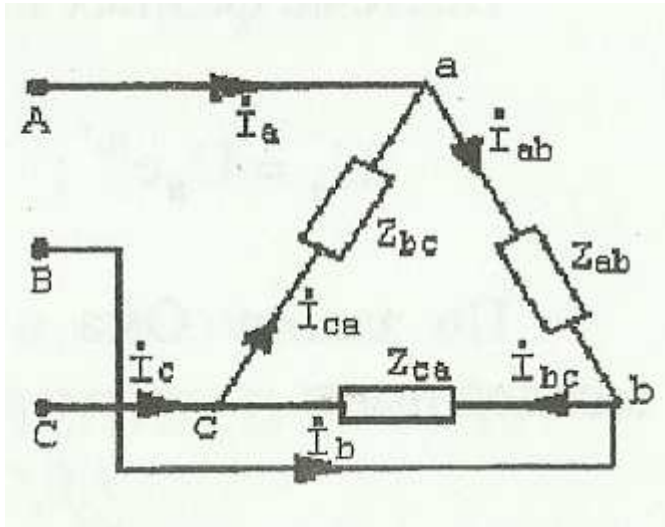
$$Q = (|I_a|)^2 \cdot \left( w \cdot L_a - \frac{1}{w \cdot C_a} \right) + (|I_b|)^2 \cdot \left( w \cdot L_b - \frac{1}{w \cdot C_b} \right) \dots = 2408.46 \quad \text{ВАр}$$
$$+ (|I_c|)^2 \cdot \left( w \cdot L_c - \frac{1}{w \cdot C_c} \right)$$

Построим векторную диаграмму

Для наглядности ток увеличен в  $k$  раз  $k = 1$



### Треугольник



Определим токи цепи

$$I_{ab} = \frac{E_{ab}}{Z_{ab}} = -5.638 + 17.891j \quad \text{A}$$

$$I_{ab} = 18.759 \cdot e^{j \cdot 107.49^\circ} = -5.638 + 17.892j \quad \text{A}$$

$$I_{bc} = \frac{E_{bc}}{Z_{bc}} = -40.645 - 10.13j \quad \text{A}$$

$$I_{bc} = 41.888 \cdot e^{j \cdot -166.005^\circ} = -40.645 - 10.13j \quad \text{A}$$

$$I_{ca} = \frac{E_{ca}}{Z_{ca}} = -75.232 + 42.895j \quad \text{A} \quad I_{ca} = 86.601 \cdot e^{j \cdot 150.31^\circ} = -75.232 + 42.894j \quad \text{A}$$

$$I_a = I_{ab} - I_{ca} = 69.594 - 25.002j \quad \text{A} \quad I_a = 73.949 \cdot e^{j \cdot -19.761^\circ} = 69.594 - 25.002j \quad \text{A}$$

$$I_b = I_{bc} - I_{ab} = -35.007 - 28.022j \quad \text{A} \quad I_b = 44.841 \cdot e^{j \cdot -141.324^\circ} = -35.007 - 28.022j \quad \text{A}$$

$$I_c = I_{ca} - I_{bc} = -34.587 + 53.024j \quad \text{A} \quad I_c = 63.307 \cdot e^{j \cdot 123.116^\circ} = -34.587 + 53.024j \quad \text{A}$$

Составим баланс мощностей

Мощность источника

$$S = E_{ab} \cdot I_{ab} + E_{bc} \cdot I_{bc} + E_{ca} \cdot I_{ca} = 17457.886 + 3786.686j \quad \text{ВА} \quad \text{полная мощность}$$

$$P = \text{Re}(S) = 17457.886 \quad \text{Вт} \quad \text{активная мощность}$$

$$Q = \text{Im}(S) = 3786.686 \quad \text{ВАр} \quad \text{реактивная мощность}$$

Мощность потребителей

$$P = (|I_{ab}|)^2 \cdot \text{Re}(Z_{ab}) + (|I_{bc}|)^2 \cdot \text{Re}(Z_{bc}) + (|I_{ca}|)^2 \cdot \text{Re}(Z_{ca}) = 17457.871 \quad \text{Вт}$$

$$Q = (|I_{ab}|)^2 \cdot \text{Im}(Z_{ab}) + (|I_{bc}|)^2 \cdot \text{Im}(Z_{bc}) + (|I_{ca}|)^2 \cdot \text{Im}(Z_{ca}) = 3786.652 \quad \text{ВАр}$$

Построим векторную диаграмму

Для наглядности ток увеличен в  $k$  раз  $k = 1$

