

Дано

$$U_{\text{Л}} = 220 \text{ В} \quad R_{ab} = 4 \text{ Ом} \quad X_{ab} = 3 \text{ Ом} \quad R_{bc} = 3 \text{ Ом} \quad X_{bc} = 4 \text{ Ом} \\ R_{ca} = 3 \text{ Ом} \quad X_{ca} = -4 \text{ Ом}$$

Решение

Определим фазные напряжения

$$U_a = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot 0^\circ} = 127.017 \text{ В} \quad U_b = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot -120^\circ} = -63.509 - 110j \text{ В}$$

$$U_c = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot 120^\circ} = -63.509 + 110j \text{ В}$$

$$U_{ab} = U_a - U_b = 190.526 + 110j \text{ В} \quad U_{ab} = U_{\text{Л}} \cdot e^{j \cdot 30^\circ} = 190.526 + 110j \text{ В}$$

$$U_{bc} = U_b - U_c = -220j \text{ В} \quad U_{bc} = U_{\text{Л}} \cdot e^{j \cdot -90^\circ} = -220j \text{ В}$$

$$U_{ca} = U_c - U_a = -190.526 + 110j \text{ В} \quad U_{ca} = U_{\text{Л}} \cdot e^{j \cdot 150^\circ} = -190.526 + 110j \text{ В}$$

Определим сопротивление

$$Z_{ab} = R_{ab} + j \cdot X_{ab} = 4 + 3j \text{ Ом}$$

$$Z_{bc} = R_{bc} + j \cdot X_{bc} = 3 + 4j \text{ Ом}$$

$$Z_{ca} = R_{ca} + j \cdot X_{ca} = 3 - 4j \text{ Ом}$$

Определим линейные токи

$$I_{ab} = \frac{U_{ab}}{Z_{ab}} = 43.684 - 5.263j \text{ А} \quad I_{ab} = 44 \cdot e^{j \cdot -6.87^\circ} = 43.684 - 5.263j \text{ А}$$

$$I_{bc} = \frac{U_{bc}}{Z_{bc}} = -35.2 - 26.4j \text{ А} \quad I_{bc} = 44 \cdot e^{j \cdot -143.13^\circ} = -35.2 - 26.4j \text{ А}$$

$$I_{ca} = \frac{U_{ca}}{Z_{ca}} = -40.463 - 17.284j \text{ А} \quad I_{ca} = 44 \cdot e^{j \cdot -156.87^\circ} = -40.463 - 17.284j \text{ А}$$

Определим фазные токи

$$I_a = I_{ab} - I_{ca} = 84.147 + 12.021j \quad \text{A} \quad I_a = 85.001 \cdot e^{j \cdot 8.13^\circ} = 84.147 + 12.021j \quad \text{A}$$

$$I_b = I_{bc} - I_{ab} = -78.884 - 21.137j \quad \text{A} \quad I_b = 81.667 \cdot e^{j \cdot -165^\circ} = -78.884 - 21.137j \quad \text{A}$$

$$I_c = I_{ca} - I_{bc} = -5.263 + 9.116j \quad \text{A} \quad I_c = 10.526 \cdot e^{j \cdot 120^\circ} = -5.263 + 9.116j \quad \text{A}$$

Составим баланс мощностей

Мощность источника

$$S = U_a \cdot \overline{I_a} + U_b \cdot \overline{I_b} + U_c \cdot \overline{I_c} = 19359.941 + 5808.043j \quad \text{ВА} \quad \text{полная мощность}$$

$$P = \text{Re}(S) = 19359.941 \quad \text{Вт} \quad \text{активная мощность}$$

$$Q = \text{Im}(S) = 5808.043 \quad \text{ВАр} \quad \text{реактивная мощность}$$

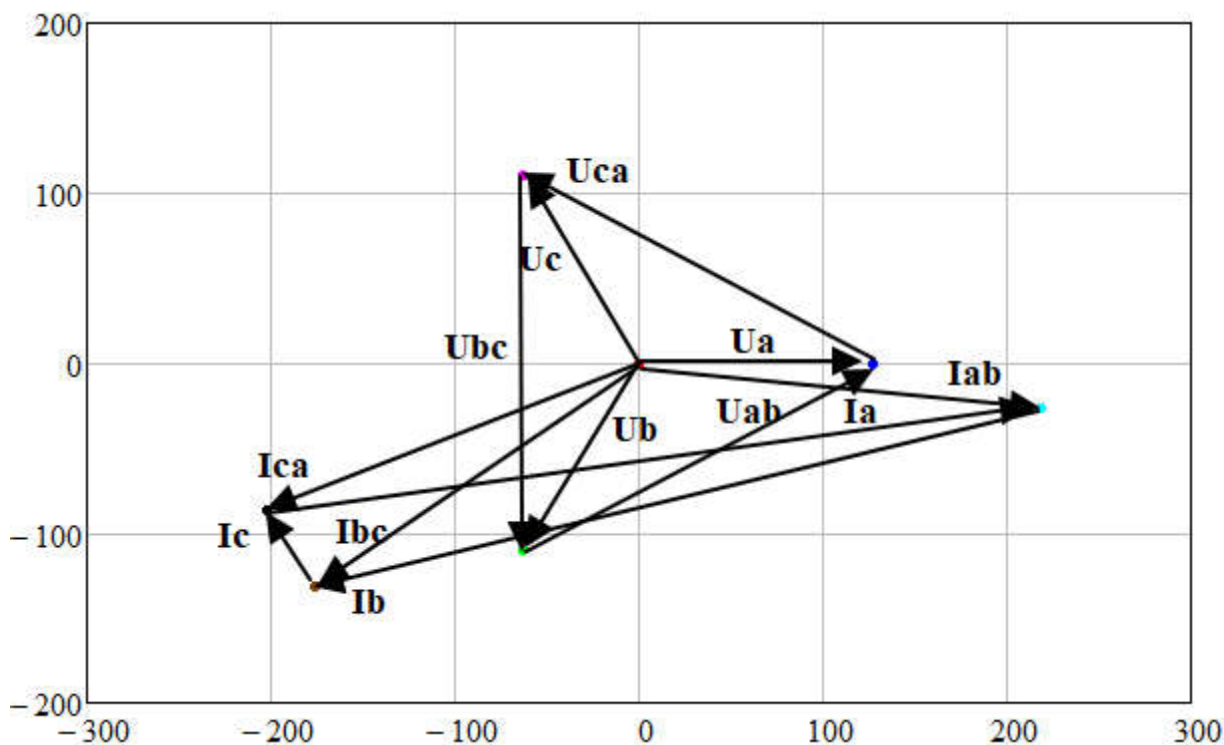
Мощность потребителей

$$P = (|I_{ab}|)^2 \cdot \text{Re}(Z_{ab}) + (|I_{bc}|)^2 \cdot \text{Re}(Z_{bc}) + (|I_{ca}|)^2 \cdot \text{Re}(Z_{ca}) = 19360 \quad \text{Вт}$$

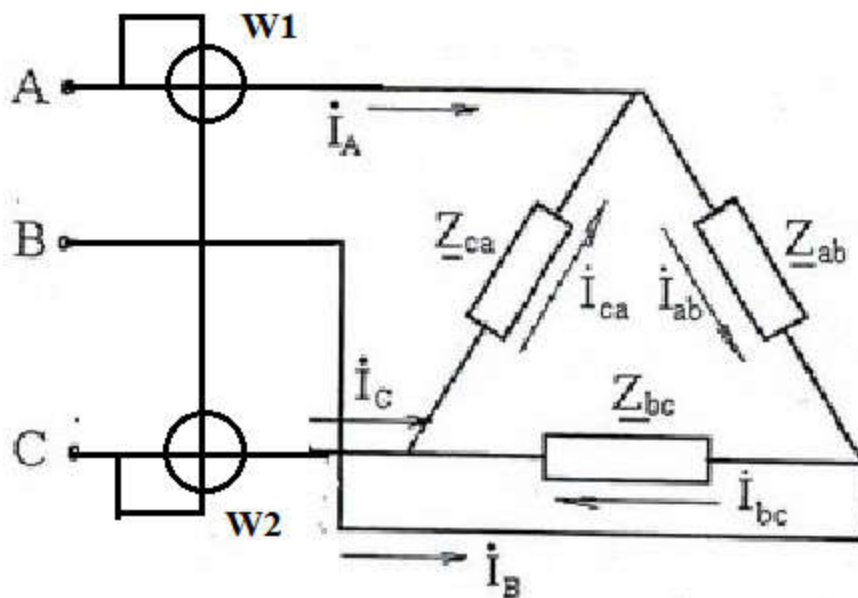
$$Q = (|I_{ab}|)^2 \cdot \text{Im}(Z_{ab}) + (|I_{bc}|)^2 \cdot \text{Im}(Z_{bc}) + (|I_{ca}|)^2 \cdot \text{Im}(Z_{ca}) = 5808 \quad \text{ВАр}$$

Построим векторную диаграмму

Для наглядности ток увеличен в  $k$  раз  $k = 5$



Изобразим схему с вольтметрами



$$pW1 = \operatorname{Re}[(U_a - U_b) \cdot \bar{I}_a] = 17354.392 \quad \text{Вт}$$

$$pW2 = \operatorname{Re}[(U_c - U_b) \cdot \bar{I}_c] = 2005.472 \quad \text{Вт}$$

$$pW = pW1 + pW2 = 19359.864 \quad \text{Вт}$$

$$P = 19360 \quad \text{Вт}$$