

Индивидуальное задание 7.2

$$U_l = 220 \quad (В)$$

$$f = 50 \quad (Гц)$$

$$R_2 = 110 \quad (Ом)$$

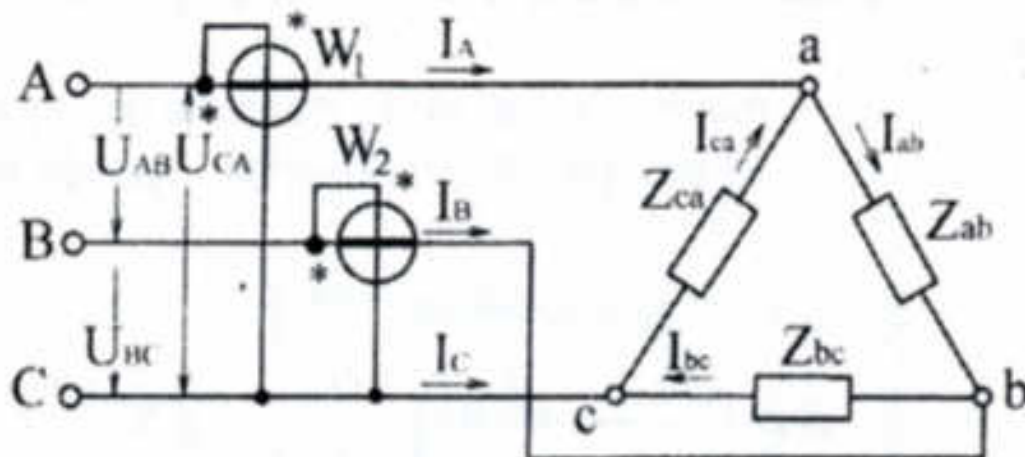
$$C = 12 \cdot 10^{-6} \quad (Ф)$$

$$R_k = 20.5 \quad (Ом)$$

$$L = 0.286 \quad (Гн)$$

$$R_1 = 150 \quad (Ом)$$

$$R_3 = 200 \quad (Ом)$$



Определим реактивные сопротивления приемников электроэнергии:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.286 = 89.85 \quad (Ом)$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 12 \cdot 10^{-6}} = 265.258 \quad (Ом)$$

Определим полные фазные сопротивления:

$$Z_{AB} = R_2 + R_k + j \cdot X_L = 130.5 + 89.85j \quad (Ом)$$

$$Z_{AB} = 158.44 \cdot e^{j \cdot 34.548}$$

$$Z_{BC} = R_1 = 150 \quad (Ом)$$

$$Z_{BC} = 150 \cdot e^{j \cdot 0}$$

$$Z_{CA} = R_3 - j \cdot X_C = 200 - 265.258j \quad (Ом)$$

$$Z_{CA} = 332.208 \cdot e^{j \cdot -52.984}$$

а) Несимметричный полнофазный режим:

Выразим фазные напряжения:

$$U_A = \frac{U_l}{\sqrt{3}} = 127.017 \quad (В)$$

$$U_B = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot (-120^\circ)} = \frac{220}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot -120^\circ} = -63.509 - 110j \quad (В)$$

$$U_C = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot 120^\circ} = \frac{220}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot 120^\circ} = -63.509 + 110j \quad (В)$$

Выразим линейные напряжения:

$$U_{AB} = U_l \cdot e^{j \cdot 30^\circ} = 220 \cdot e^{j \cdot 30^\circ} = 190.526 + 110j \quad (В)$$

$$U_{BC} = U_l \cdot e^{j \cdot (-90^\circ)} = 220 \cdot e^{j \cdot -90^\circ} = -220j \quad (В)$$

$$U_{CA} = U_l \cdot e^{j \cdot 150^\circ} = 220 \cdot e^{j \cdot 150^\circ} = -190.526 + 110j \quad (В)$$

Проводимости фаз:

$$Y_{AB} = \frac{1}{Z_{AB}} = \frac{1}{130.5 + 89.8495j} = 0.0052 - 0.0036j \quad (Cм)$$

$$Y_{BC} = \frac{1}{Z_{BC}} = \frac{1}{150} = 0.0067 \quad (Cм)$$

$$Y_{CA} = \frac{1}{Z_{CA}} = \frac{1}{200 - 265.2582j} = 0.0018 + 0.0024j \quad (Cм)$$

Фазные токи:

$$I_{AB} = U_{AB} \cdot Y_{AB} = (0.0052 - 0.0036j) \cdot (190.5256 + 110j) = 1.3842 - 0.1101j \quad (A)$$

$$I_{BC} = U_{BC} \cdot Y_{BC} = (-220j) \cdot 0.0067 = -1.4667j \quad (A)$$

$$I_{CA} = U_{CA} \cdot Y_{CA} = (0.0018 + 0.0024j) \cdot (-190.5256 + 110j) = -0.6097 - 0.2586j \quad (A)$$

$$I_{AB} = 1.389 \cdot e^{j \cdot -4.548}$$

$$I_{BC} = 1.467 \cdot e^{j \cdot -90}$$

$$I_{CA} = 0.662 \cdot e^{j \cdot -157.016}$$

Линейные токи:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} = 1.384 - 0.11j - (-0.61 - 0.259j) = 1.994 + 0.148j \quad (A)$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} = -1.467j - (1.384 - 0.11j) = -1.384 - 1.357j \quad (A)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} = -0.61 - 0.259j - (-1.467j) = -0.61 + 1.208j \quad (A)$$

$$I_A = 1.999 \cdot e^{j \cdot 4.259}$$

$$I_B = 1.938 \cdot e^{j \cdot -135.577}$$

$$I_C = 1.353 \cdot e^{j \cdot 116.778}$$

Проверка:

$$I_A + I_B + I_C = 1.994 + 0.148j + -1.384 - 1.357j + -0.61 + 1.208j = 0 \quad (A)$$

Определим показания ваттметров и активную мощность цепи:

$$pW_1 = \left| \operatorname{Re}(U_{CA} \cdot \overline{I_A}) \right| = \left| \operatorname{Re} \left[(-190.526 + 110j) \cdot \overline{1.994 + 0.148j} \right] \right| = 363.541 \quad (Bm)$$

$$pW_2 = \left| \operatorname{Re}(U_{BC} \cdot \overline{I_B}) \right| = \left| \operatorname{Re} \left[(-220j) \cdot \overline{-1.384 - 1.357j} \right] \right| = 298.447 \quad (Bm)$$

$$pW_{\Sigma} = pW_1 + pW_2 = 363.541 + 298.447 = 661.988 \quad (Bm)$$

$$P_1 = \operatorname{Re} \left[(|I_{AB}|)^2 \cdot Z_{AB} \right] = \operatorname{Re} \left[(130.5 + 89.85j) \cdot (1.384 - 0.11j)^2 \right] = 251.609 \quad (Bm)$$

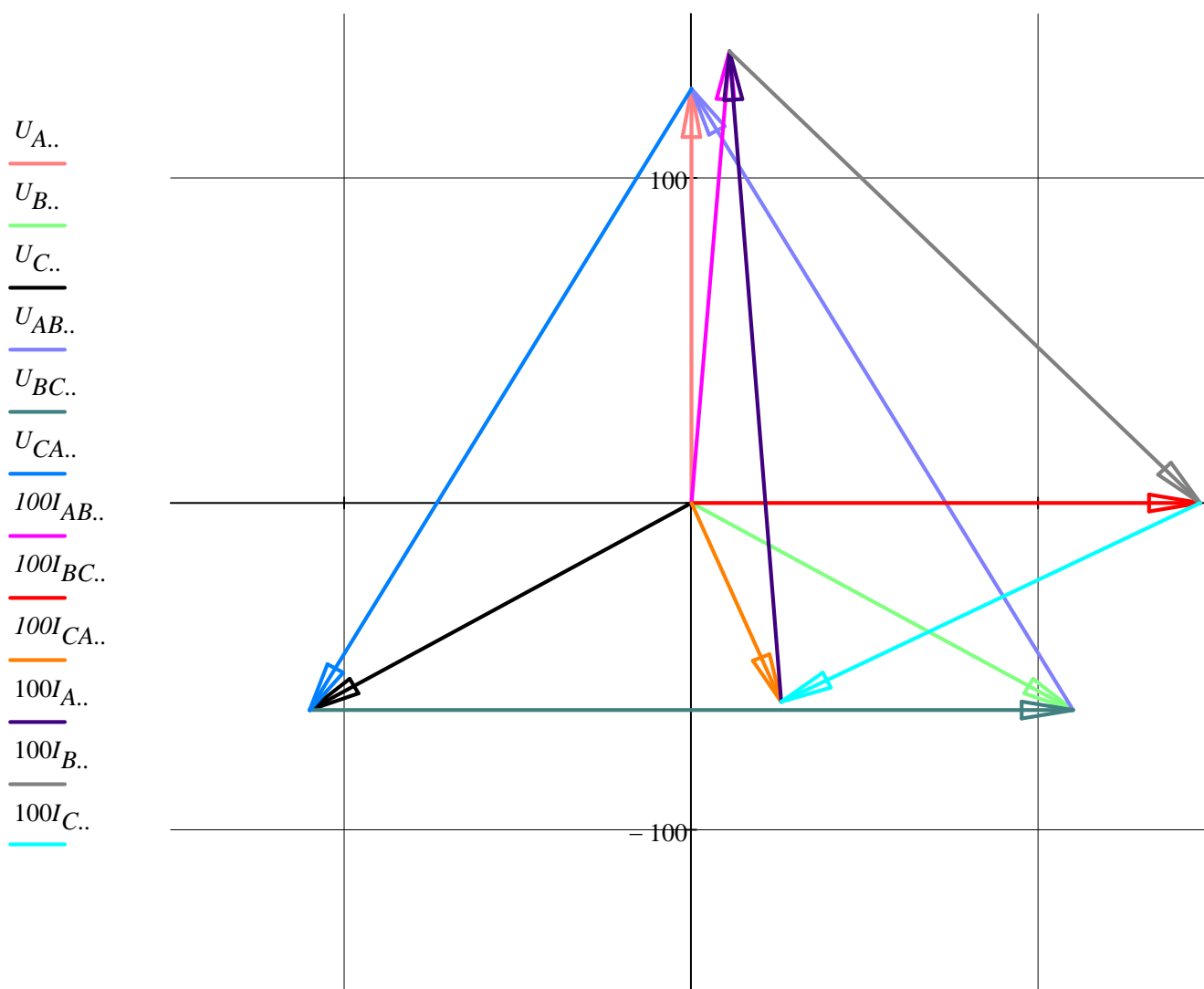
$$P_2 = \operatorname{Re} \left[(|I_{BC}|)^2 \cdot Z_{BC} \right] = \operatorname{Re} \left[(-1.467j)^2 \cdot 150 \right] = 322.667 \quad (Bm)$$

$$P_3 = \operatorname{Re} \left[(|I_{CA}|)^2 \cdot Z_{CA} \right] = \operatorname{Re} \left[(200 - 265.258j) \cdot (-0.61 - 0.259j)^2 \right] = 87.711 \quad (Bm)$$

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 = 251.609 + 322.667 + 87.711 = 661.988 \quad (Bm)$$

Векторная диаграмма токов и напряжений.

Вектора токов для наглядности увеличены в 100 раз.



$U_A, U_B, U_C, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}, 100I_{AB}, 100I_{BC}, 100I_{CA}, 100I_A, 100I_B, 100I_C.$

б) Обрыв одной из фаз приемника:

$$Z_{BC} = \infty$$

Проводимости фаз:

$$Y_{AB} = \frac{1}{Z_{AB}} = \frac{1}{130.5 + 89.8495j} = 0.0052 - 0.0036j \quad (C_M)$$

$$Y_{BC} = \frac{1}{Z_{BC}} = \frac{1}{\infty} = 0 \quad (C_M)$$

$$Y_{CA} = \frac{1}{Z_{CA}} = \frac{1}{200 - 265.258238j} = 0.001812 + 0.002404j \quad (C_M)$$

Фазные токи:

$$I_{AB} = U_{AB} \cdot Y_{AB} = (0.0052 - 0.0036j) \cdot (190.5256 + 110j) = 1.3842 - 0.1101j \quad (A)$$

$$I_{BC} = U_{BC} \cdot Y_{BC} = (-220j) \cdot 0 = 0 \quad (A)$$

$$I_{CA} = U_{CA} \cdot Y_{CA} = (0.0018 + 0.0024j) \cdot (-190.5256 + 110j) = -0.6097 - 0.2586j \quad (A)$$

$$I_{AB} = 1.389 \cdot e^{j \cdot -4.548}$$

$$I_{CA} = 0.662 \cdot e^{j \cdot -157.016}$$

Линейные токи:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} = 1.384 - 0.11j - (-0.61 - 0.259j) = 1.994 + 0.148j \quad (A)$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} = 0 - (1.384 - 0.11j) = -1.384 + 0.11j \quad (A)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} = -0.61 - 0.259j - (0) = -0.61 - 0.259j \quad (A)$$

$$I_A = 1.999 \cdot e^{j \cdot 4.259}$$

$$I_B = 1.389 \cdot e^{j \cdot 175.452}$$

$$I_C = 0.662 \cdot e^{j \cdot -157.016}$$

Проверка:

$$I_A + I_B + I_C = 1.994 + 0.148j + -1.384 + 0.11j + -0.61 - 0.259j = 0 \quad (A)$$

Определим показания ваттметров и активную мощность цепи:

$$pW_1 = \left| \operatorname{Re}(U_{CA} \cdot \overline{I_A}) \right| = \left| \operatorname{Re}[(-190.526 + 110j) \cdot \overline{1.994 + 0.148j}] \right| = 363.541 \quad (Bm)$$

$$pW_2 = \left| \operatorname{Re}(U_{BC} \cdot \overline{I_B}) \right| = \left| \operatorname{Re}[(-220j) \cdot \overline{-1.384 + 0.11j}] \right| = 24.22 \quad (Bm)$$

$$pW_{\Sigma} = pW_1 + pW_2 = 363.541 + 24.22 = 387.761 \quad (Bm)$$

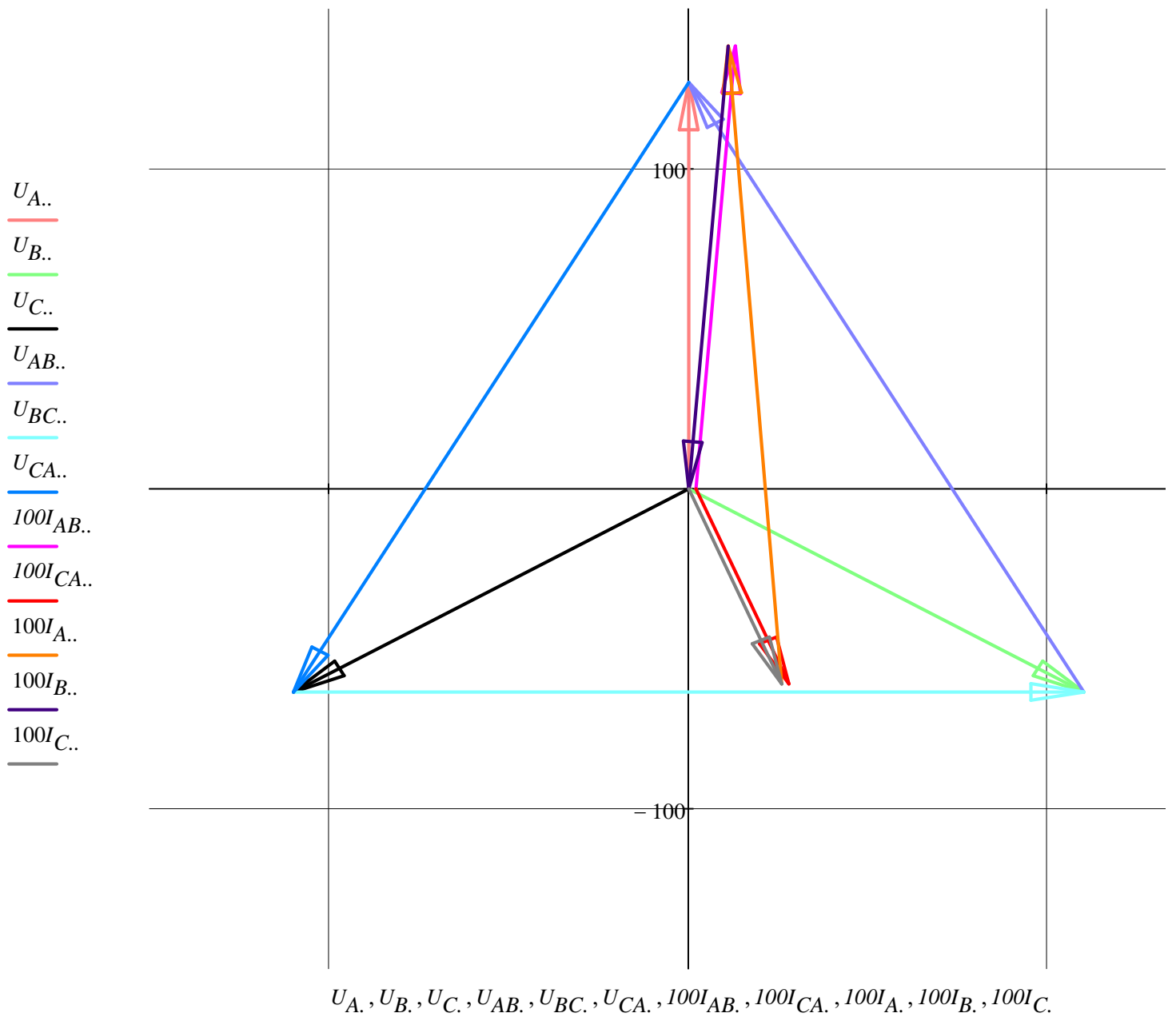
$$P_1 = \operatorname{Re} \left[(|I_{AB}|)^2 \cdot Z_{AB} \right] = \operatorname{Re} \left[(130.5 + 89.85j) \cdot (|1.384 - 0.11j|)^2 \right] = 251.609 \quad (Bm)$$

$$P_2 = \operatorname{Re} \left[(|I_{BC}|)^2 \cdot Z_{BC} \right] = \operatorname{Re} \left[(|0|)^2 \cdot \infty \right] = 0 \quad (Bm)$$

$$P_3 = \operatorname{Re} \left[(|I_{CA}|)^2 \cdot Z_{CA} \right] = \operatorname{Re} \left[(200 - 265.258j) \cdot (|-0.61 - 0.259j|)^2 \right] = 87.711 \quad (Bm)$$

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 = 251.609 + 0 + 87.711 = 339.321 \quad (Bm)$$

Векторная диаграмма токов и напряжений.
 Вектора токов для наглядности увеличены в 100 раз.



2. Симметричный приемник

Полные фазные сопротивления:

$$Z_{AB} = 200 \quad (\text{Ом})$$

$$Z_{BC} = 200 \quad (\text{Ом})$$

$$Z_{CA} = 200 \quad (\text{Ом})$$

Проводимости фаз:

$$Y_{AB} = \frac{1}{Z_{AB}} = \frac{1}{200} = 0.005 \quad (\text{См})$$

$$Y_{BC} = \frac{1}{Z_{BC}} = \frac{1}{200} = 0.005 \quad (\text{См})$$

$$Y_{CA} = \frac{1}{Z_{CA}} = \frac{1}{200} = 0.005 \quad (\text{См})$$

Фазные токи:

$$I_{AB} = U_{AB} \cdot Y_{AB} = (190.5256 + 110j) \cdot 0.005 = 0.9526 + 0.55j \quad (A)$$

$$I_{BC} = U_{BC} \cdot Y_{BC} = (-220j) \cdot 0.005 = -1.1j \quad (A)$$

$$I_{CA} = U_{CA} \cdot Y_{CA} = (-190.5256 + 110j) \cdot 0.005 = -0.9526 + 0.55j \quad (A)$$

$$I_{AB} = 1.1 \cdot e^{j \cdot 30}$$

$$I_{BC} = 1.1 \cdot e^{j \cdot -90}$$

$$I_{CA} = 1.1 \cdot e^{j \cdot 150}$$

Линейные токи:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} = 0.953 + 0.55j - (-0.953 + 0.55j) = 1.905 \quad (A)$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} = -1.1j - (0.953 + 0.55j) = -0.953 - 1.65j \quad (A)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} = -0.953 + 0.55j - (-1.1j) = -0.953 + 1.65j \quad (A)$$

$$I_A = 1.905 \cdot e^{j \cdot 0}$$

$$I_B = 1.905 \cdot e^{j \cdot -120}$$

$$I_C = 1.905 \cdot e^{j \cdot 120}$$

Проверка:

$$I_A + I_B + I_C = 1.905 + -0.953 - 1.65j + -0.953 + 1.65j = 0 \quad (A)$$

Определим показания ваттметров и активную мощность цепи:

$$pW_{1..} = \left| \operatorname{Re} \left(U_{CA} \cdot \overline{I_A} \right) \right| = \left| \operatorname{Re} \left[(-190.526 + 110j) \cdot \overline{1.905} \right] \right| = 363 \quad (Bm)$$

$$pW_{2..} = \left| \operatorname{Re} \left(U_{BC} \cdot \overline{I_B} \right) \right| = \left| \operatorname{Re} \left[(-220j) \cdot \overline{-0.953 - 1.65j} \right] \right| = 363 \quad (Bm)$$

$$pW_{\Sigma..} = pW_1 + pW_2 = 363 + 363 = 726 \quad (Bm)$$

$$P_{1..} = \operatorname{Re} \left[\left(|I_{AB}| \right)^2 \cdot Z_{AB} \right] = \operatorname{Re} \left[\left(|0.953 + 0.55j| \right)^2 \cdot 200 \right] = 242 \quad (Bm)$$

$$P_{2..} = \operatorname{Re} \left[\left(|I_{BC}| \right)^2 \cdot Z_{BC} \right] = \operatorname{Re} \left[\left(|-1.1j| \right)^2 \cdot 200 \right] = 242 \quad (Bm)$$

$$P_{3..} = \operatorname{Re} \left[\left(|I_{CA}| \right)^2 \cdot Z_{CA} \right] = \operatorname{Re} \left[\left(|-0.953 + 0.55j| \right)^2 \cdot 200 \right] = 242 \quad (Bm)$$

$$P_{\Sigma..} = P_1 + P_2 + P_3 = 242 + 242 + 242 = 726 \quad (Bm)$$

Векторная диаграмма токов и напряжений.

Вектора токов для наглядности увеличены в 100 раз.

