

Индивидуальное задание 7.1

$$U_l = 220 \quad (В)$$

$$f = 50 \quad (Гц)$$

$$R_2 = 70 \quad (Ом)$$

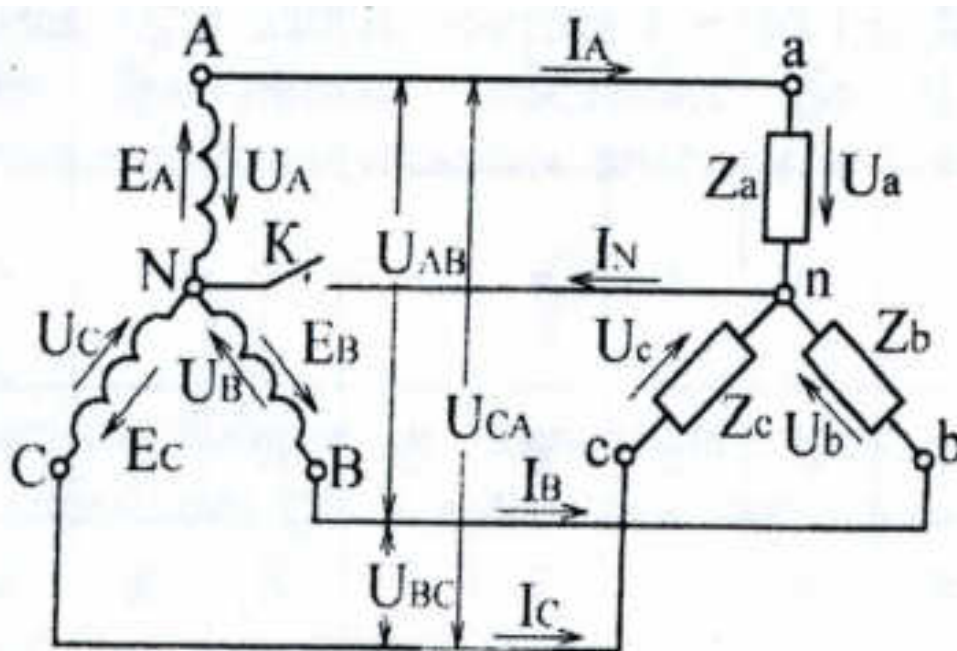
$$C = 60 \cdot 10^{-6} \quad (Ф)$$

$$R_k = 20.5 \quad (Ом)$$

$$L = 0.286 \quad (Гн)$$

$$R_I = 100 \quad (Ом)$$

$$R_3 = 150 \quad (Ом)$$



Определим реактивные сопротивления приемников электроэнергии:

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

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 60 \cdot 10^{-6}} = 53.052 \quad (Ом)$$

Определим полные фазные сопротивления:

$$Z_A = R_2 + R_k + j \cdot X_L = 90.5 + 89.85j \quad (Ом)$$

$$Z_A = 127.527 \cdot e^{j \cdot 44.793}$$

$$Z_B = R_3 - j \cdot X_C = 150 - 53.052j \quad (Ом)$$

$$Z_B = 159.105 \cdot e^{j \cdot -19.478}$$

$$Z_C = R_I = 100 \quad (Ом)$$

$$Z_C = 100 \cdot e^{j \cdot 0}$$

а) Несимметричный режим при $Z_N=0$, ключ К замкнут

$$Z_N = 0$$

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:

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

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

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

Проводимости фаз:

$$Y_A = \frac{1}{Z_A} = \frac{1}{90.5 + 89.8495j} = 0.0056 - 0.0055j \quad (C_M)$$

$$Y_B = \frac{1}{Z_B} = \frac{1}{150 - 53.0516j} = 0.0059 + 0.0021j \quad (C_M)$$

$$Y_C = \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{100} = 0.01 \quad (C_M)$$

Напряжение смещения нейтрали, В

$$U_{nN} = 0 \quad (B)$$

Фазные токи:

$$I_A = (U_A - U_{nN}) \cdot Y_A = (0.0056 - 0.0055j) \cdot (127.0171 - 0) = 0.7068 - 0.7017j \quad (A)$$

$$I_B = (U_B - U_{nN}) \cdot Y_B = (0.0059 + 0.0021j) \cdot (-63.5085 - 110j - 0) = -0.1458 - 0.7849j \quad (A)$$

$$I_C = (U_C - U_{nN}) \cdot Y_C = (-63.5085 + 110j - 0) \cdot 0.01 = -0.6351 + 1.1j \quad (A)$$

$$I_N = I_A + I_B + I_C = 0.707 - 0.702j + -0.146 - 0.785j + -0.635 + 1.1j = -0.074 - 0.387j \quad (A)$$

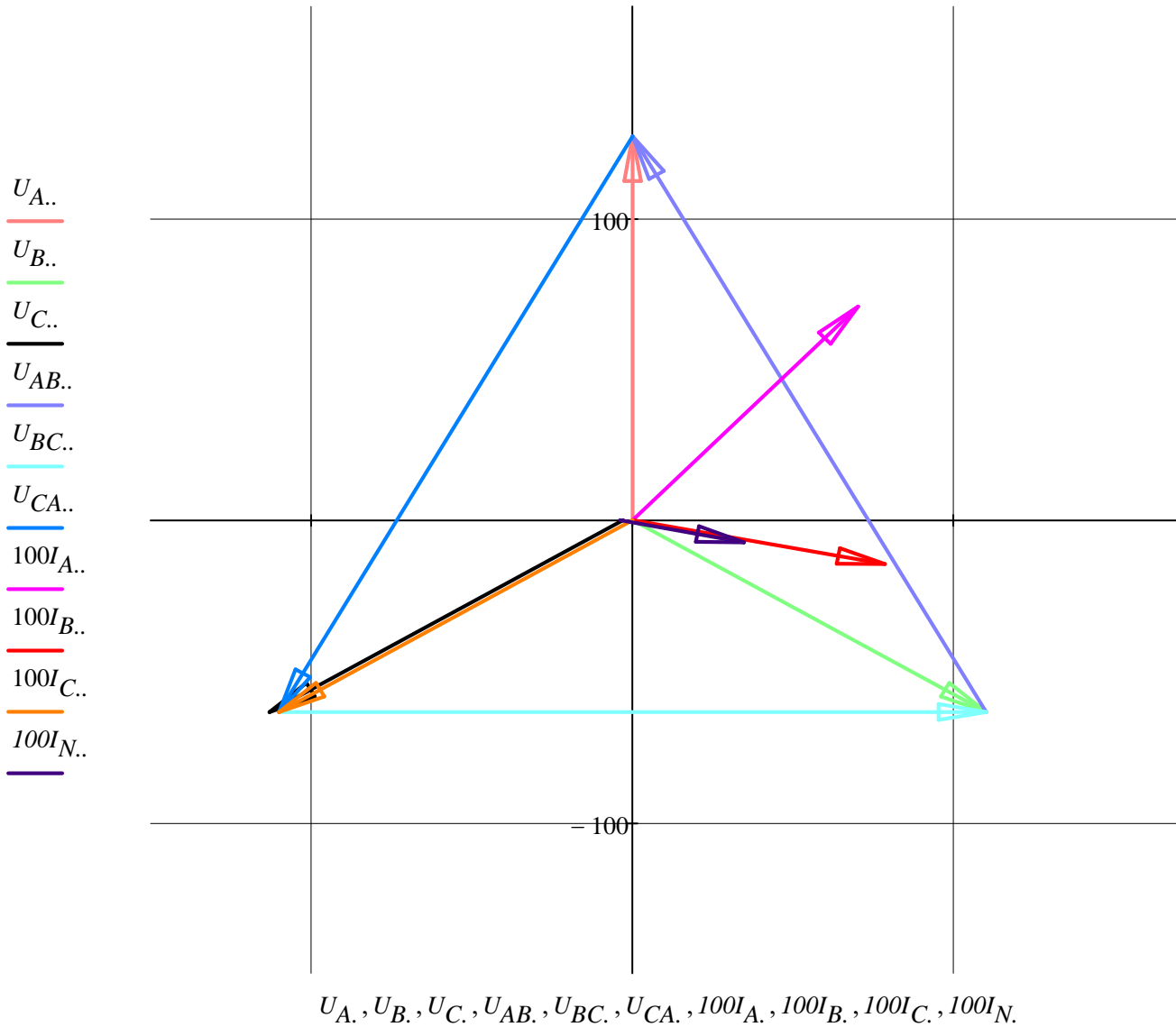
$$I_A = 0.996 \cdot e^{j \cdot -44.793}$$

$$I_B = 0.798 \cdot e^{j \cdot -100.522}$$

$$I_C = 1.27 \cdot e^{j \cdot 120}$$

$$I_N = 0.394 \cdot e^{j \cdot -100.844}$$

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



б) Несимметричный режим при $Z_N = \infty$, ключ К разомкнут

$$Z_N = \infty$$

Напряжение смещения нейтрали, В

$$U_{nN} = \frac{U_A \cdot Y_A + U_B \cdot Y_B + U_C \cdot Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C}$$

$$U_{nN} = \frac{127.0171 \cdot (0.0056 - 0.0055j) + (0.0059 + 0.0021j) \cdot (-63.5085 - 110j) + (-63.5085 + 110j) \cdot 0.01}{0.0056 - 0.0055j + 0.0059 + 0.0021j + 0.01}$$

$$U_{nN} = -0.561 - 18.081j \quad (B)$$

Напряжения на нагрузке, В

$$U_a = U_A - U_{nN} = 127.017 - (-0.561 - 18.081j) = 127.578 + 18.081j \quad (B)$$

$$U_b = U_B - U_{nN} = -63.509 - 110j - (-0.561 - 18.081j) = -62.947 - 91.919j \quad (B)$$

$$U_c = U_C - U_{nN} = -63.509 + 110j - (-0.561 - 18.081j) = -62.947 + 128.081j \quad (B)$$

Фазные токи:

$$I_A = U_a \cdot Y_A = (0.0056 - 0.0055j) \cdot (127.5784 + 18.0806j) = 0.8098 - 0.6042j \quad (A)$$

$$I_B = U_b \cdot Y_B = (0.0059 + 0.0021j) \cdot (-62.9472 - 91.9194j) = -0.1804 - 0.6766j \quad (A)$$

$$I_C = U_c \cdot Y_C = (-62.9472 + 128.0806j) \cdot 0.01 = -0.6295 + 1.2808j \quad (A)$$

$$I_A + I_B + I_C = 0.81 - 0.604j + -0.18 - 0.677j + -0.629 + 1.281j = 0 \quad (A)$$

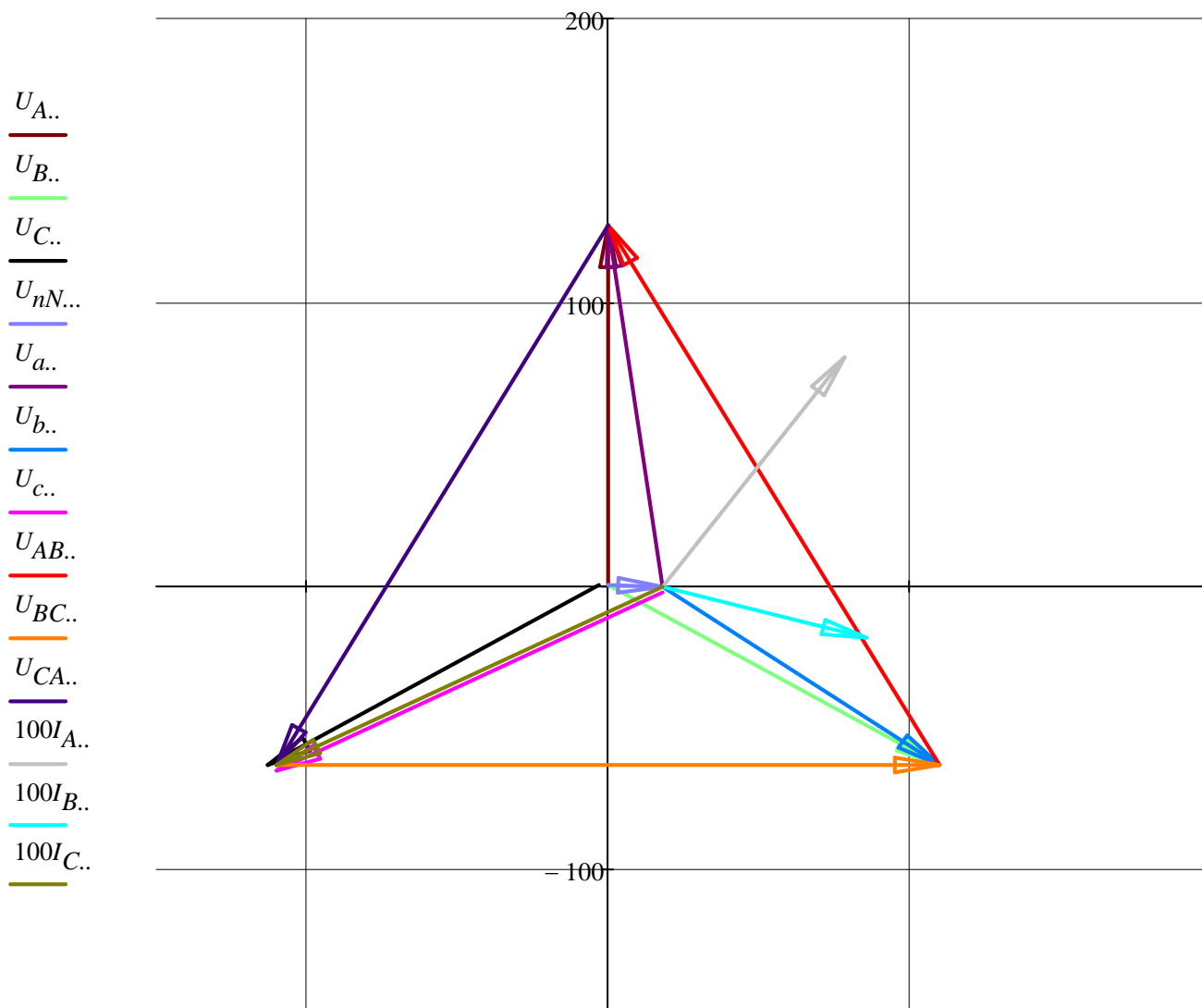
$$I_A = 1.01 \cdot e^{j \cdot -36.727}$$

$$I_B = 0.7 \cdot e^{j \cdot -104.926}$$

$$I_C = 1.427 \cdot e^{j \cdot 116.173}$$

Векторная диаграмма токов и напряжений.

Вектора токов для наглядности увеличены в 100 раз.



$U_A, U_B, U_C, U_{nN}, U_a, U_b, U_c, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}, 100I_A, 100I_B, 100I_C$.

в) Разгрузка одной фазы при $Z_N=0$, ключ К замкнут

$$Z_{Nw} = 0 \quad Y_N = \infty$$

$$Z_B = \infty \quad Y_{Bw} = \frac{1}{Z_B} = 0$$

Напряжение смещения нейтрали, В

$$U_{nN} = \frac{U_A \cdot Y_A + U_B \cdot Y_B + U_C \cdot Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N} = 0$$

Напряжения на нагрузке, В

$$U_{aw} = U_A - U_{nN} = 127.017 - (-0.561 - 18.081j) = 127.578 + 18.081j \quad (B)$$

$$U_{bw} = U_B - U_{nN} = -63.509 - 110j - (-0.561 - 18.081j) = -62.947 - 91.919j \quad (B)$$

$$U_{cw} = U_C - U_{nN} = -63.509 + 110j - (-0.561 - 18.081j) = -62.947 + 128.081j \quad (B)$$

Фазные токи:

$$I_{Aw} = U_{aw} \cdot Y_A = (0.0056 - 0.0055j) \cdot (127.5784 + 18.0806j) = 0.8098 - 0.6042j \quad (A)$$

$$\underline{I_B} = U_b \cdot Y_B = (-62.9472 - 91.9194j) \cdot 0 = 0 \quad (A)$$

$$\underline{I_C} = U_c \cdot Y_C = (-62.9472 + 128.0806j) \cdot 0.01 = -0.6295 + 1.2808j \quad (A)$$

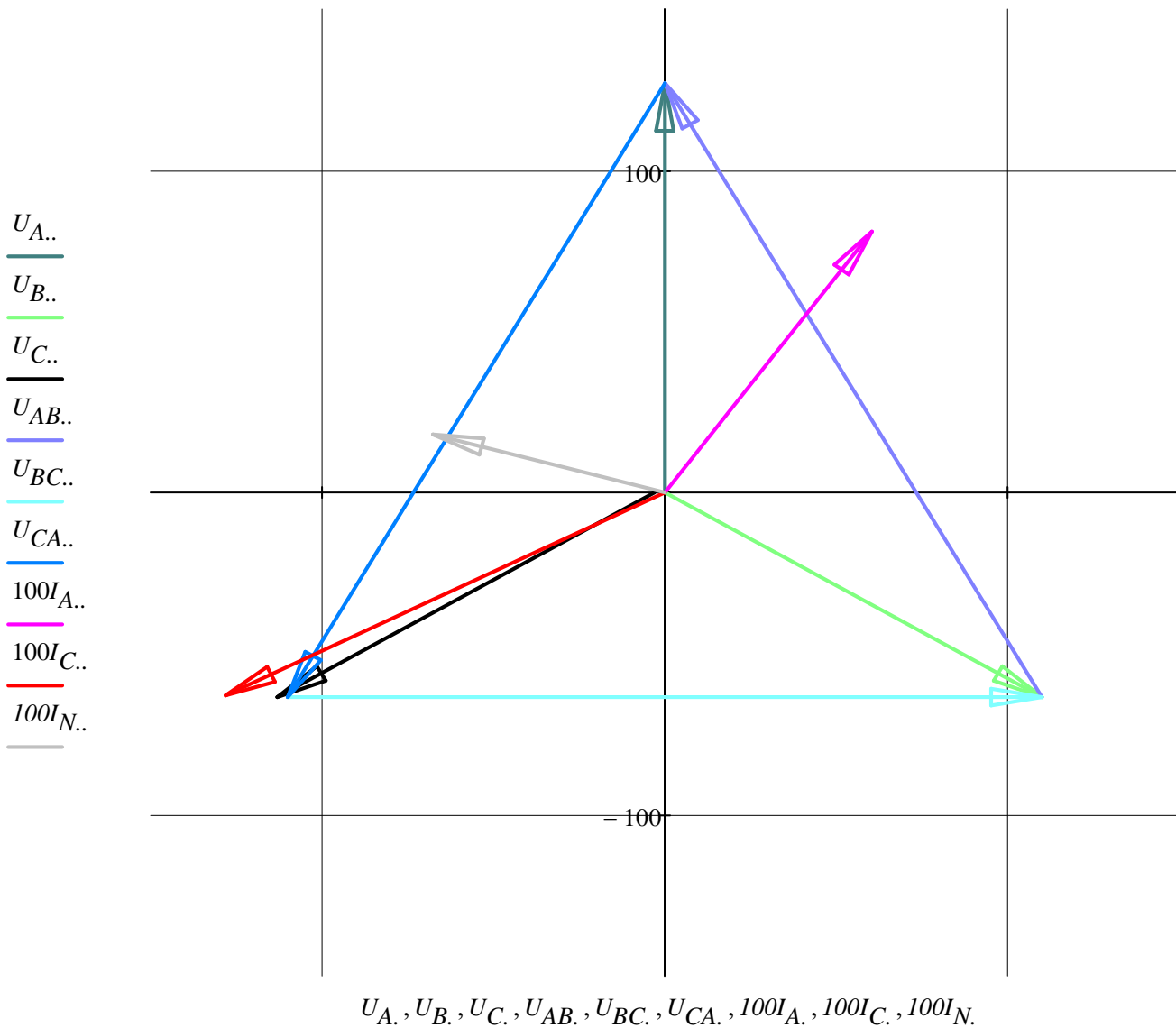
$$\underline{I_N} = I_A + I_B + I_C = 0.81 - 0.604j + 0 + -0.629 + 1.281j = 0.18 + 0.677j \quad (A)$$

$$I_A = 1.01 \cdot e^{j \cdot -36.727}$$

$$I_C = 1.427 \cdot e^{j \cdot 116.173}$$

$$I_N = 0.7 \cdot e^{j \cdot 75.074}$$

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



г) Разгрузка одной фазы при $Z_N = \infty$, ключ К разомкнут

$$Z_N = \infty \quad Y_N = 0$$

$$Z_B = \infty \quad Y_B = \frac{1}{Z_B} = 0$$

Напряжение смещения нейтрали, В

$$U_{nN} = \frac{U_A \cdot Y_A + U_B \cdot Y_B + U_C \cdot Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$$

$$U_{nN} = \frac{127.0171 \cdot (0.0056 - 0.0055j) + (-63.5085 - 110j) \cdot 0 + (-63.5085 + 110j) \cdot 0.01}{0.0056 - 0.0055j + 0 + 0.01 + 0}$$

$$U_{nN} = -3.973 + 24.177j \quad (B)$$

Напряжения на нагрузке, В

$$U_{aB} = U_A - U_{nN} = 127.017 - (-3.973 + 24.177j) = 130.99 - 24.177j \quad (B)$$

$$U_{bB} = U_B - U_{nN} = -63.509 - 110j - (-3.973 + 24.177j) = -59.535 - 134.177j \quad (B)$$

$$U_{\text{MN}} = U_C - U_{nN} = -63.509 + 110j - (-3.973 + 24.177j) = -59.535 + 85.823j \quad (B)$$

Фазные токи:

$$I_A = U_a \cdot Y_A = (0.0056 - 0.0055j) \cdot (130.9905 - 24.1774j) = 0.5954 - 0.8582j \quad (A)$$

$$I_B = U_b \cdot Y_B = (-59.5351 - 134.1774j) \cdot 0 = 0 \quad (A)$$

$$I_C = U_c \cdot Y_C = (-59.5351 + 85.8226j) \cdot 0.01 = -0.5954 + 0.8582j \quad (A)$$

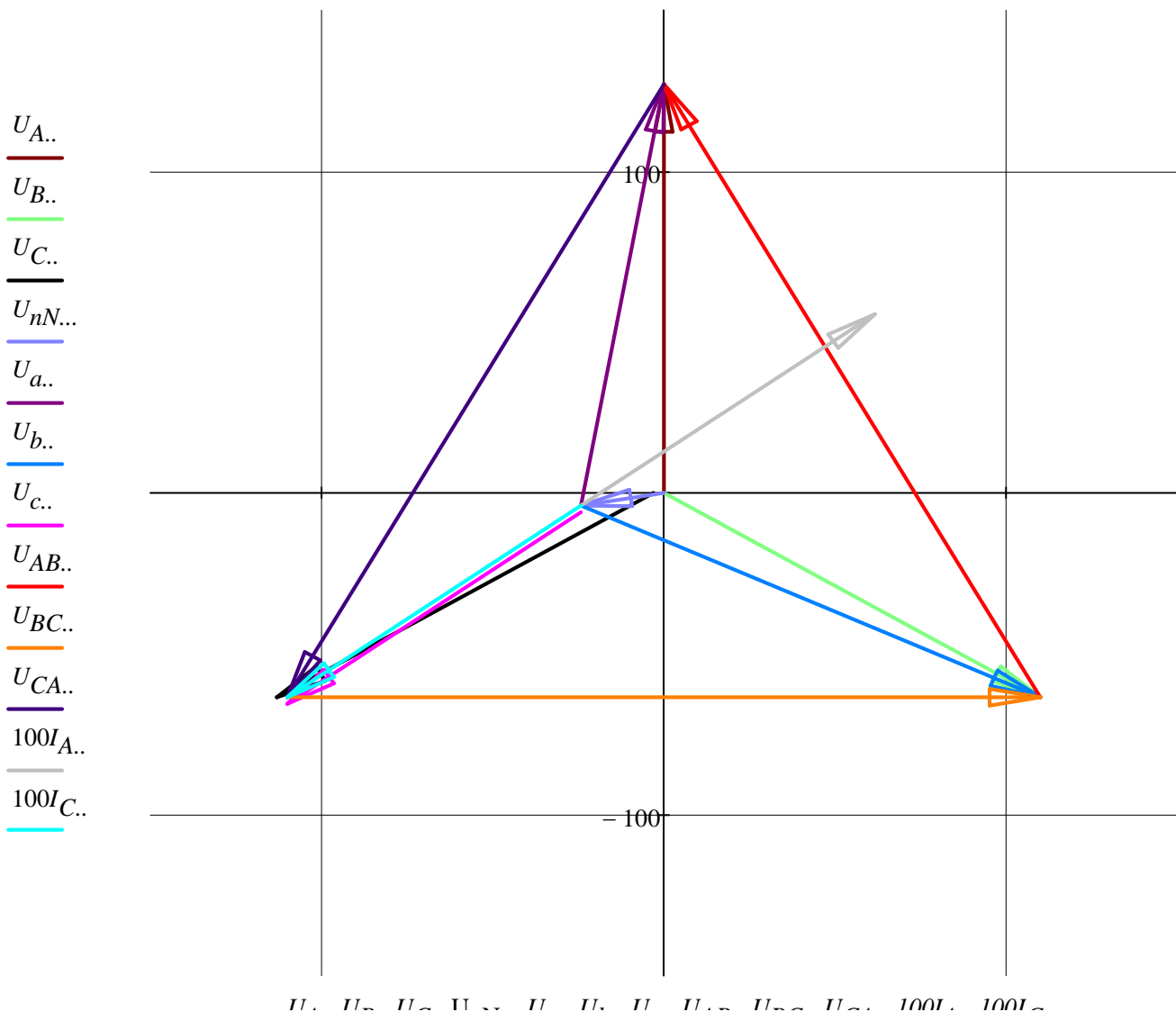
$$I_A + I_B + I_C = 0.595 - 0.858j + 0 + -0.595 + 0.858j = 0 \quad (A)$$

$$I_A = 1.045 \cdot e^{j \cdot -55.251}$$

$$I_C = 1.045 \cdot e^{j \cdot 124.749}$$

Векторная диаграмма токов и напряжений.

Вектора токов для наглядности увеличены в 100 раз.



д) КЗ фазы b при $Z_N = \infty$, ключ К разомкнут

$$Z_{N.} = \infty \quad Z_{B.} = 0 \quad Y_{B.} = \infty$$

Напряжение смещения нейтрали, В

$$U_{nN.} = U_B = -63.51 - 110j$$

$$U_{nN.} = -63.5085 - 110j$$

$$U_{nN.} = -63.509 - 110j \quad (B)$$

Напряжения на нагрузке, В

$$U_{A.} = U_A - U_{nN.} = 127.017 - (-63.509 - 110j) = 190.526 + 110j \quad (B)$$

$$U_{B.} = U_B - U_{nN.} = -63.509 - 110j - (-63.509 - 110j) = 0 \quad (B)$$

$$U_{C.} = U_C - U_{nN.} = -63.509 + 110j - (-63.509 - 110j) = 220j \quad (B)$$

Фазные токи:

$$I_{A.} = U_a \cdot Y_A = (0.0056 - 0.0055j) \cdot (190.5256 + 110j) = 1.6679 - 0.4405j \quad (A)$$

$$I_{C.} = U_c \cdot Y_C = 220j \cdot 0.01 = 2.2j \quad (A)$$

$$I_{B.} = -I_A - I_C = -(1.6679 - 0.4405j) - 2.2j = -1.6679 - 1.7595j \quad (A)$$

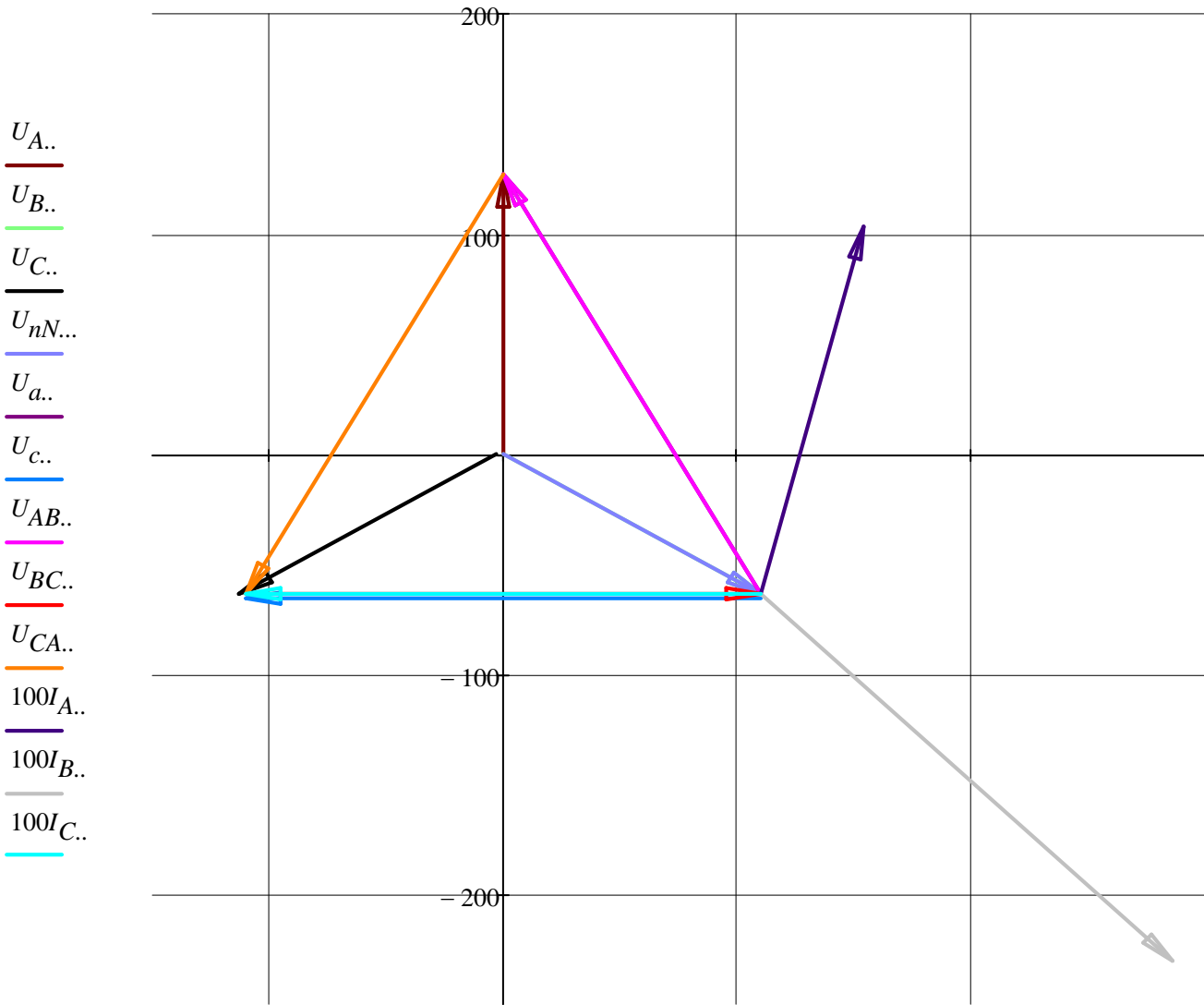
$$I_A + I_B + I_C = 1.668 - 0.44j + -1.668 - 1.76j + 2.2j = 0 \quad (A)$$

$$I_A = 1.725 \cdot e^{j \cdot -14.793}$$

$$I_B = 2.424 \cdot e^{j \cdot -133.469}$$

$$I_C = 2.2 \cdot e^{j \cdot 90}$$

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



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

2. Симметричный режим при $Z=100$ Ом

Определим полные фазные сопротивления:

$$\underline{Z}_A = 100 \text{ (Ом)}$$

$$\underline{Z}_B = 100 \text{ (Ом)}$$

$$\underline{Z}_C = 100 \text{ (Ом)}$$

Проводимости фаз:

$$\underline{Y}_A = \frac{1}{Z_A} = \frac{1}{100} = 0.01 \quad (\text{См})$$

$$\underline{Y}_B = \frac{1}{Z_B} = \frac{1}{100} = 0.01 \quad (\text{См})$$

$$\underline{Y}_C = \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{100} = 0.01 \quad (\text{См})$$

Напряжение смещения нейтрали, В

$$\underline{U}_{nN} = 0 \text{ (В)}$$

Фазные токи:

$$\underline{I}_A = (U_A - U_{nN}) \cdot Y_A = (127.01705922171767 - 0) \cdot 0.01 = 1.2702 \quad (\text{А})$$

$$\underline{I}_B = (U_B - U_{nN}) \cdot Y_B = (-63.5085 - 110j - 0) \cdot 0.01 = -0.6351 - 1.1j \quad (\text{А})$$

$$\underline{I}_C = (U_C - U_{nN}) \cdot Y_C = (-63.5085 + 110j - 0) \cdot 0.01 = -0.6351 + 1.1j \quad (\text{А})$$

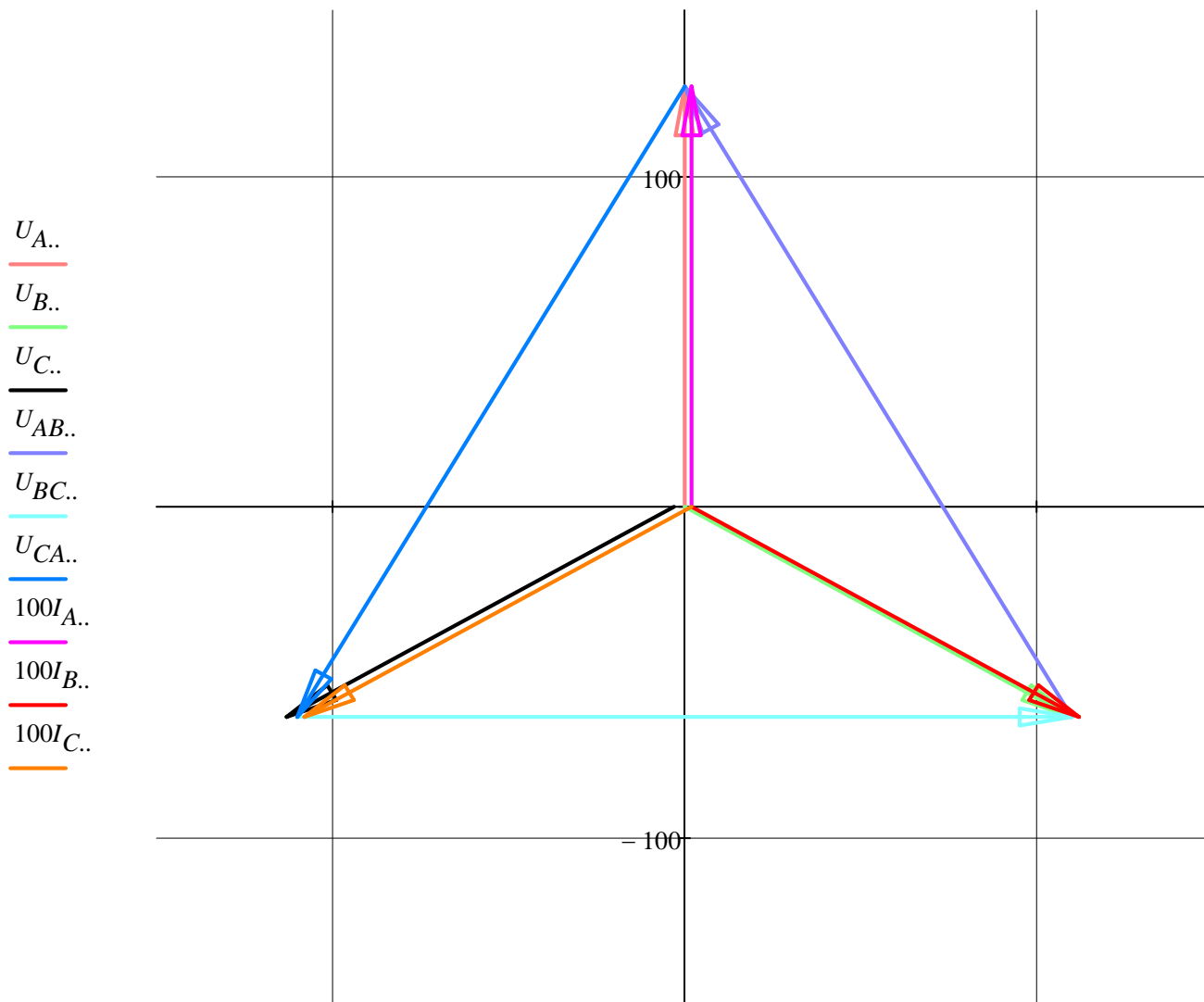
$$\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 1.27 + -0.635 - 1.1j + -0.635 + 1.1j = 0 \quad (\text{А})$$

$$\underline{I}_A = 1.27 \cdot e^{j \cdot 0}$$

$$\underline{I}_B = 1.27 \cdot e^{j \cdot -120}$$

$$\underline{I}_C = 1.27 \cdot e^{j \cdot 120}$$

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



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