

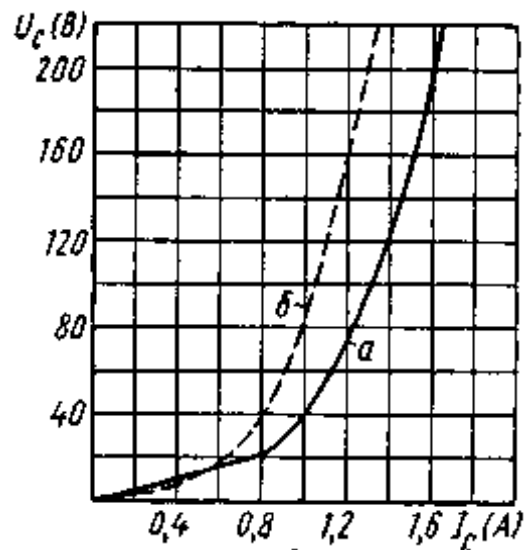
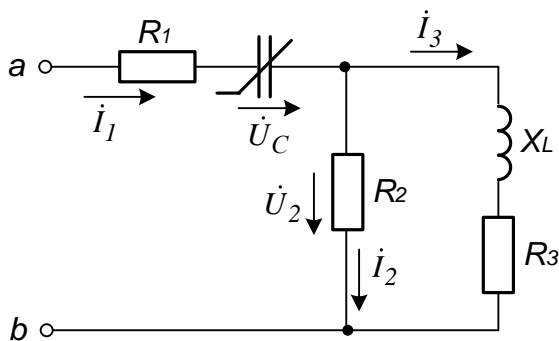
4.3. На расчет нелинейной эл.цепи по первым гармоникам <http://www.toehelp.ru/>

Произвести расчёт периодических процессов в нелинейных электрических цепях с помощью вольт-амперных характеристик по первым гармоникам токов напряжений и построить их векторные диаграммы, считая, что источник питания на входе схемы имеет неизменную частоту.

Схема, представленная на рис., содержит резисторы сопротивлениями $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ Ом}$, индуктивную катушку с сопротивлением по первой гармонике $X_L=100 \text{ Ом}$ и конденсатор с характеристикой, приведенной на рис. (кривая а).

Задавая различными значениями тока, построить несколько векторных диаграмм токов и напряжений и найти зависимость, указанную в таблице

Построить	$U_2(U_{ab})$
-----------	---------------



Решение:

Значение 1

Примем $I_1 = 0 \text{ А}$, т.к. $I_C = I_1$ из графика ВАХ получим $U_C(I_C) \approx 0$
т.е. $\dot{U}_C = 0$

Токи на разветвленном участке:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{R_3 + jX_L}{R_2 + R_3 + jX_L} = 0 \cdot \frac{100 + j100}{100 + 100 + j100} = 0$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3 + jX_L} = 0 \cdot \frac{100}{100 + 100 + j100} = 0$$

По закону Ома:

$$\dot{U}_2 = R_2 \dot{I}_2 = 100 \cdot 0 = 0$$

Напряжение \dot{U}_{ab} найдем по 2-у закону Кирхгофа:

$$\dot{U}_{ab} = R_1 \dot{I}_1 + \dot{U}_C + \dot{U}_2 = 100 \cdot 0 + 0 + 0 = 0$$

Значение 2

Примем $\dot{I}_1 = 0,8 \text{ A}$, т.к. $\dot{I}_C = \dot{I}_1$ из графика ВАХ получим $U_C(I_C) \approx 22 \text{ В}$

т.е. $\dot{U}_C = -j22 = 22e^{-j90^\circ} \text{ В}$

т.к. напряжение на емкостном элементе на 90° отстает от тока через него.

Токи на разветвленном участке:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{R_3 + jX_L}{R_2 + R_3 + jX_L} = 0,8 \cdot \frac{100 + j100}{100 + 100 + j100} \approx 0,8 \cdot \frac{141,421e^{j45^\circ}}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,506e^{j18,43^\circ} \approx (0,48 + j0,16) \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3 + jX_L} = 0,8 \cdot \frac{100}{100 + 100 + j100} \approx 0,8 \cdot \frac{100}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,3578e^{-j26,57^\circ} \approx (0,32 - j0,16) \text{ A}$$

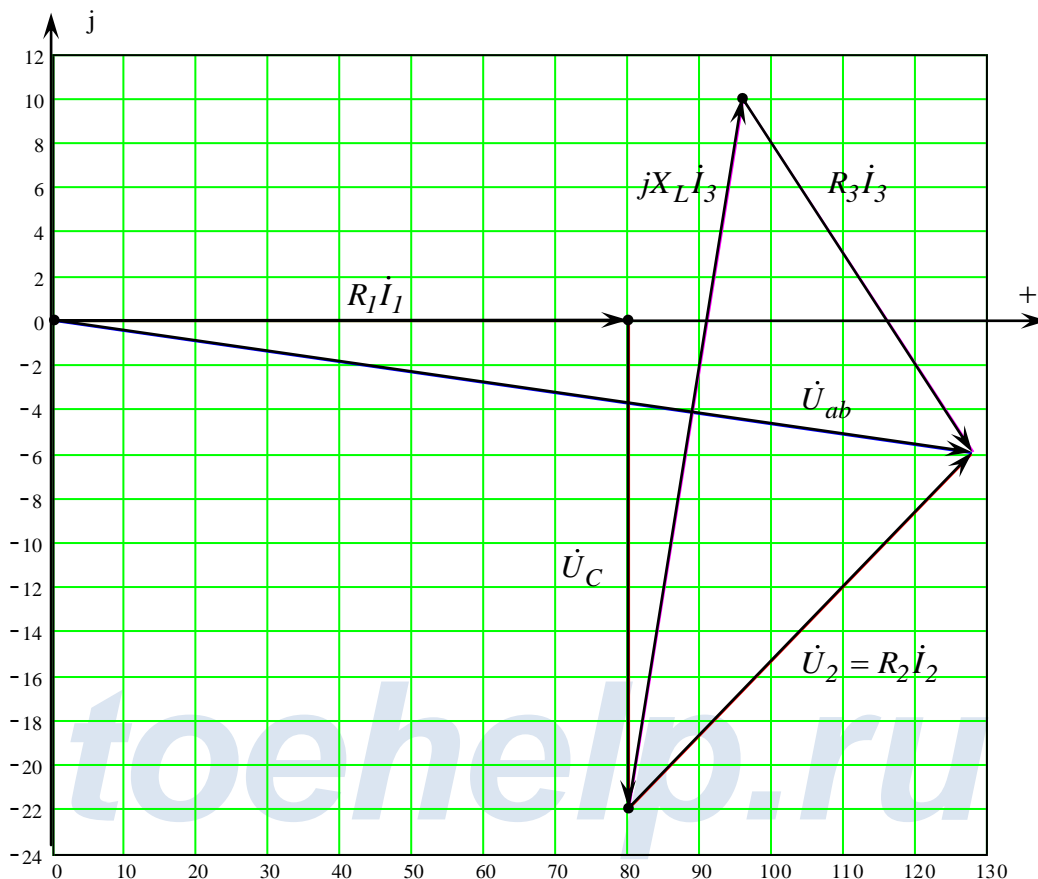
По закону Ома:

$$\dot{U}_2 = R_2 \dot{I}_2 = 100 \cdot 0,506e^{j18,43^\circ} = 50,6e^{j18,43^\circ} \approx (48 + j16) \text{ В}$$

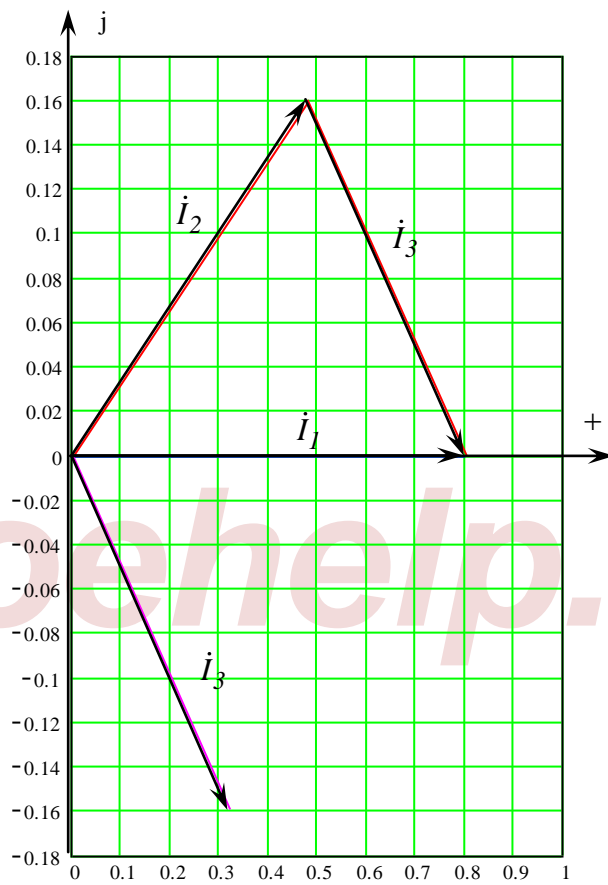
Напряжение \dot{U}_{ab} найдем по 2-у закону Кирхгофа:

$$\dot{U}_{ab} = R_1 \dot{I}_1 + \dot{U}_C + \dot{U}_2 = 100 \cdot 0,8 - j22 + 48 + j16 = (128 - j6) \approx 128,141e^{-j2,68^\circ} \text{ В}$$

Построим Векторную диаграмму напряжений для данного значения I_1 :



Построим Векторную диаграмму токов для данного значения I_1 :



Значение 3

Примем $\dot{I}_1 = 1 \text{ A}$, т.к. $\dot{I}_C = \dot{I}_1$ из графика ВАХ получим $U_C(I_C) \approx 40 \text{ В}$

т.е. $\dot{U}_C = -j40 = 40e^{-j90^\circ} \text{ В}$

т.к. напряжение на емкостном элементе на 90° отстает от тока через него.

Токи на разветвленном участке:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{R_3 + jX_L}{R_2 + R_3 + jX_L} = 1 \cdot \frac{100 + j100}{100 + 100 + j100} \approx 1 \cdot \frac{141,421e^{j45^\circ}}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,6325e^{j18,43^\circ} \approx (0,6 + j0,2) \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3 + jX_L} = 1 \cdot \frac{100}{100 + 100 + j100} \approx 1 \cdot \frac{100}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,4472e^{-j26,57^\circ} \approx (0,4 - j0,2) \text{ A}$$

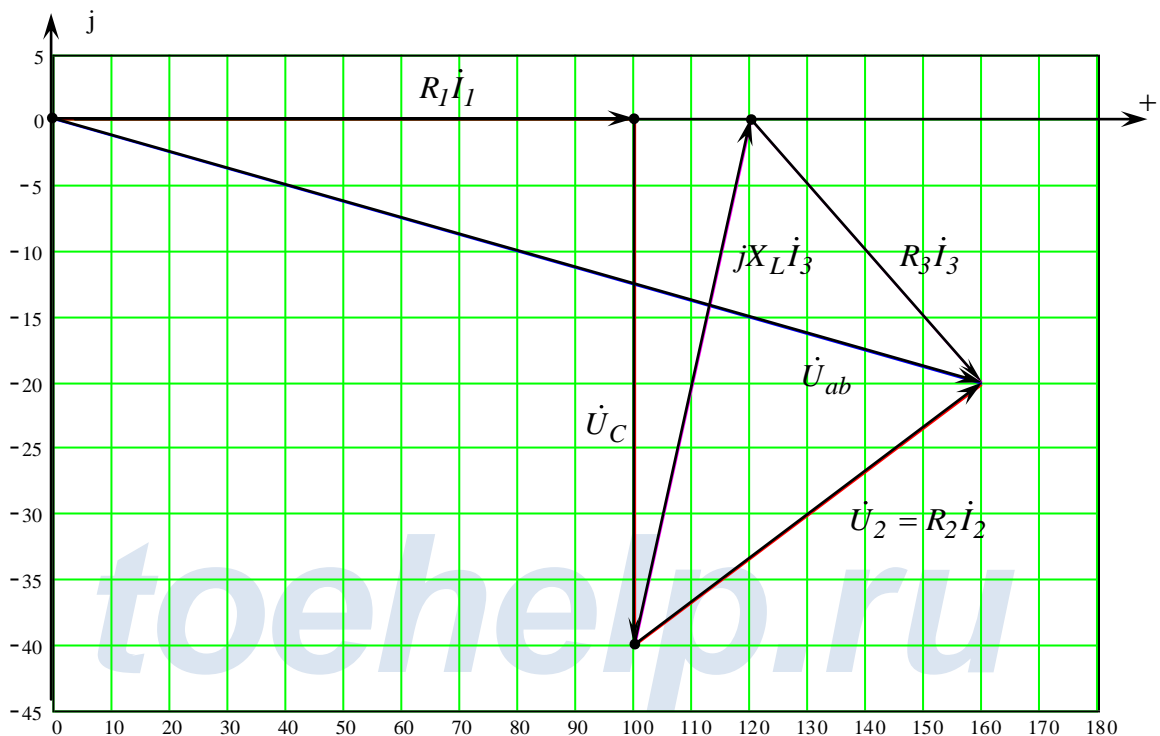
По закону Ома:

$$\dot{U}_2 = R_2 \dot{I}_2 = 100 \cdot 0,6325e^{j18,43^\circ} = 63,25e^{j18,43^\circ} \approx (60 + j20) \text{ В}$$

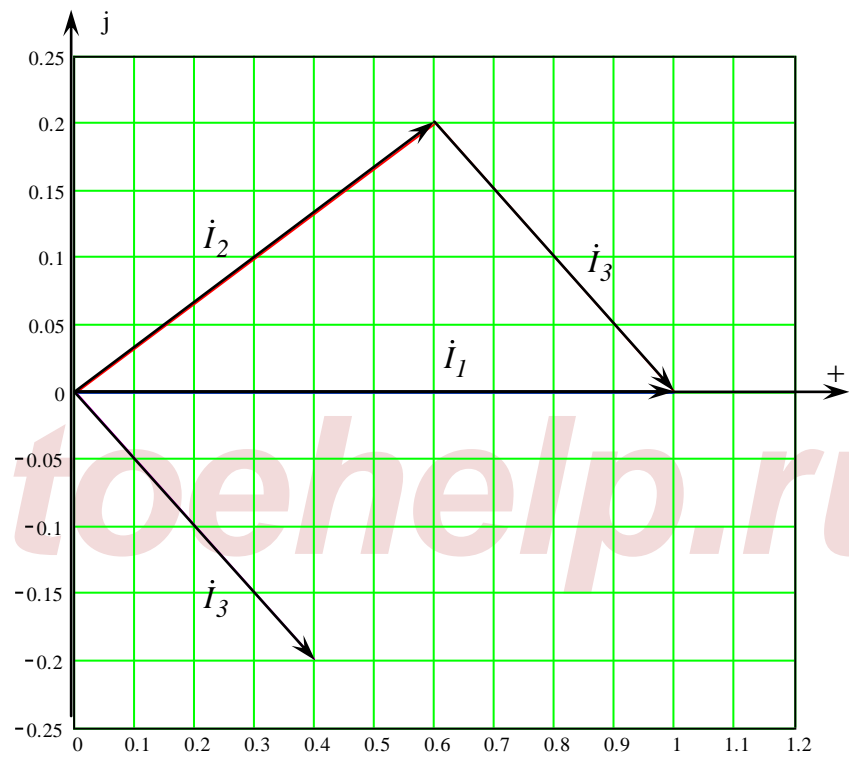
Напряжение \dot{U}_{ab} найдем по 2-у закону Кирхгофа:

$$\dot{U}_{ab} = R_1 \dot{I}_1 + \dot{U}_C + \dot{U}_2 = 100 \cdot 1 - j40 + 60 + j20 = (160 - j20) \approx 161,25e^{-j7,13^\circ} \text{ В}$$

Построим Векторную диаграмму напряжений для данного значения I_1 :



Построим Векторную диаграмму токов для данного значения I_1 :



Значение 4

Примем $\dot{I}_1 = 1,4 \text{ A}$, т.к. $\dot{I}_C = \dot{I}_1$ из графика ВАХ получим $U_C(I_C) \approx 124 \text{ В}$

т.е. $\dot{U}_C = -j124 = 124e^{-j90^\circ} \text{ В}$

т.к. напряжение на емкостном элементе на 90° отстает от тока через него.

Токи на разветвленном участке:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{R_3 + jX_L}{R_2 + R_3 + jX_L} = 1,4 \cdot \frac{100 + j100}{100 + 100 + j100} \approx 1,4 \cdot \frac{141,421e^{j45^\circ}}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,8854e^{j18,43^\circ} \approx (0,84 + j0,28) \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3 + jX_L} = 1,4 \cdot \frac{100}{100 + 100 + j100} \approx 1,4 \cdot \frac{100}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,6261e^{-j26,57^\circ} \approx (0,56 - j0,28) \text{ A}$$

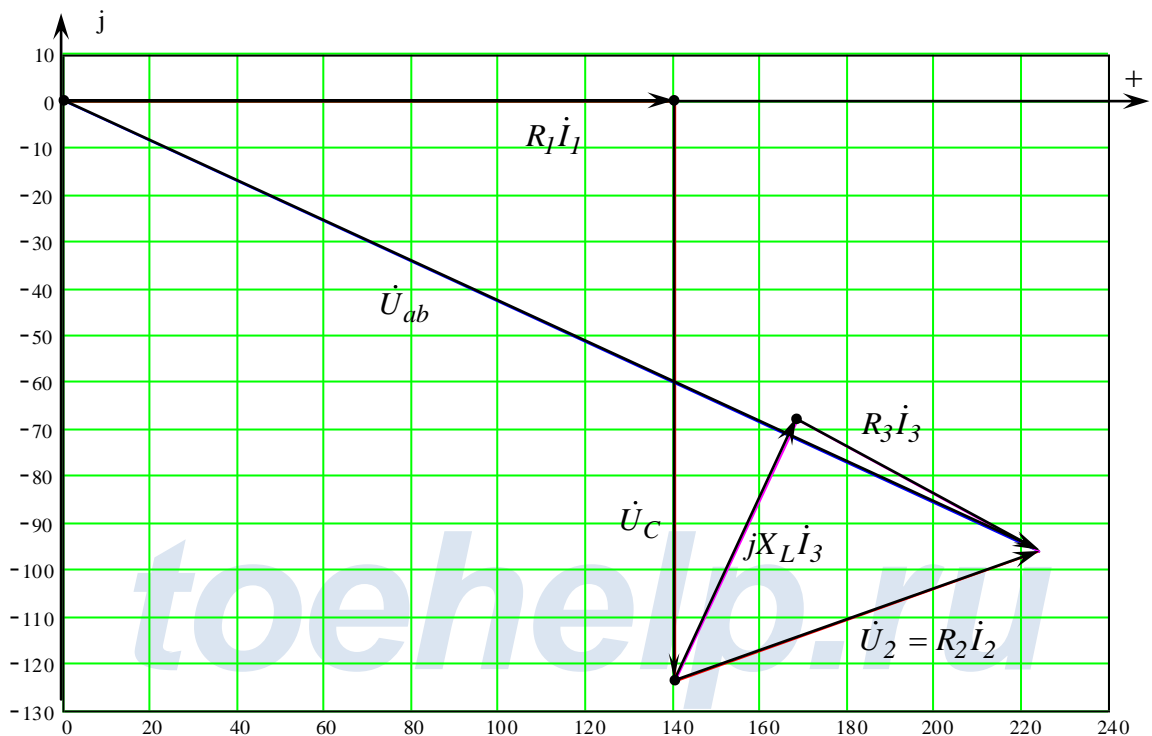
По закону Ома:

$$\dot{U}_2 = R_2 \dot{I}_2 = 100 \cdot 0,8854e^{j18,43^\circ} = 88,54e^{j18,43^\circ} \approx (84 + j28) \text{ В}$$

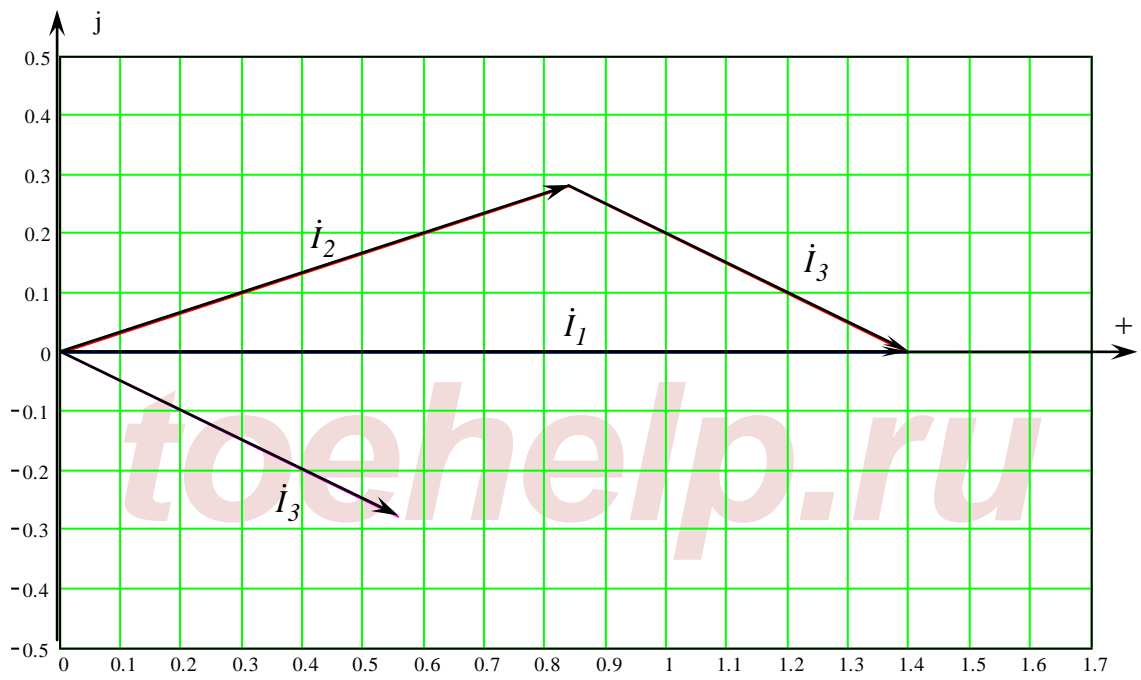
Напряжение \dot{U}_{ab} найдем по 2-у закону Кирхгофа:

$$\dot{U}_{ab} = R_1 \dot{I}_1 + \dot{U}_C + \dot{U}_2 = 100 \cdot 1,4 - j124 + 84 + j28 = (224 - j96) \approx 243,7e^{-j23,2^\circ} \text{ В}$$

Построим Векторную диаграмму напряжений для данного значения I_1 :



Построим Векторную диаграмму токов для данного значения I_1 :



Значение 5

Примем $\dot{I}_1 = 1,6 \text{ A}$, т.к. $\dot{I}_C = \dot{I}_1$ из графика ВАХ получим $U_C(I_C) \approx 200 \text{ В}$

т.е. $\dot{U}_C = -j200 = 200e^{-j90^\circ} \text{ В}$

т.к. напряжение на емкостном элементе на 90° отстает от тока через него.

Токи на разветвленном участке:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{R_3 + jX_L}{R_2 + R_3 + jX_L} = 1,6 \cdot \frac{100 + j100}{100 + 100 + j100} \approx 1,6 \cdot \frac{141,421e^{j45^\circ}}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 1,0119e^{j18,43^\circ} \approx (0,96 + j0,32) \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3 + jX_L} = 1,6 \cdot \frac{100}{100 + 100 + j100} \approx 1,6 \cdot \frac{100}{223,607e^{j26,57^\circ}} \approx$$

$$\approx 0,7155e^{-j26,57^\circ} \approx (0,64 - j0,32) \text{ A}$$

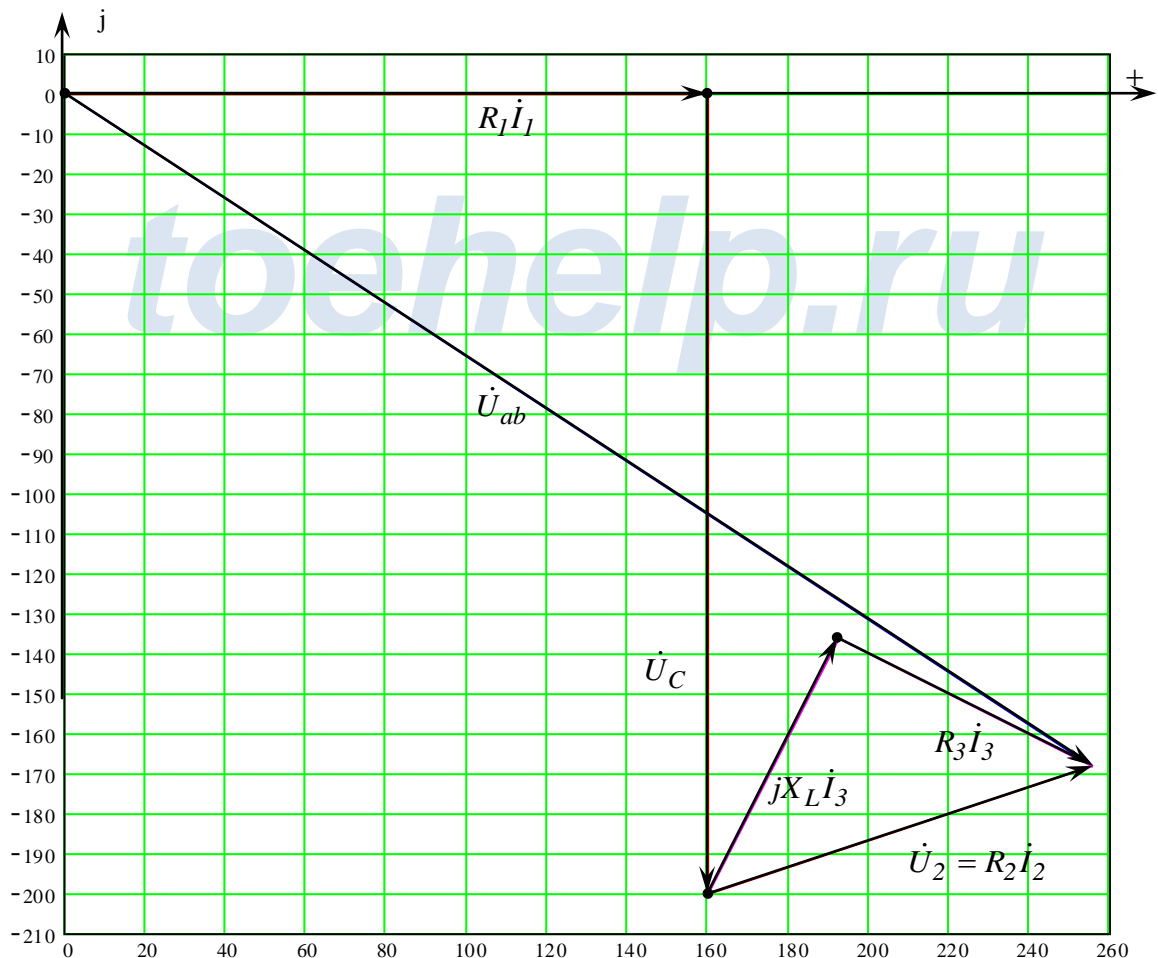
По закону Ома:

$$\dot{U}_2 = R_2 \dot{I}_2 = 100 \cdot 1,0119e^{j18,43^\circ} = 101,19e^{j18,43^\circ} \approx (96 + j32) \text{ В}$$

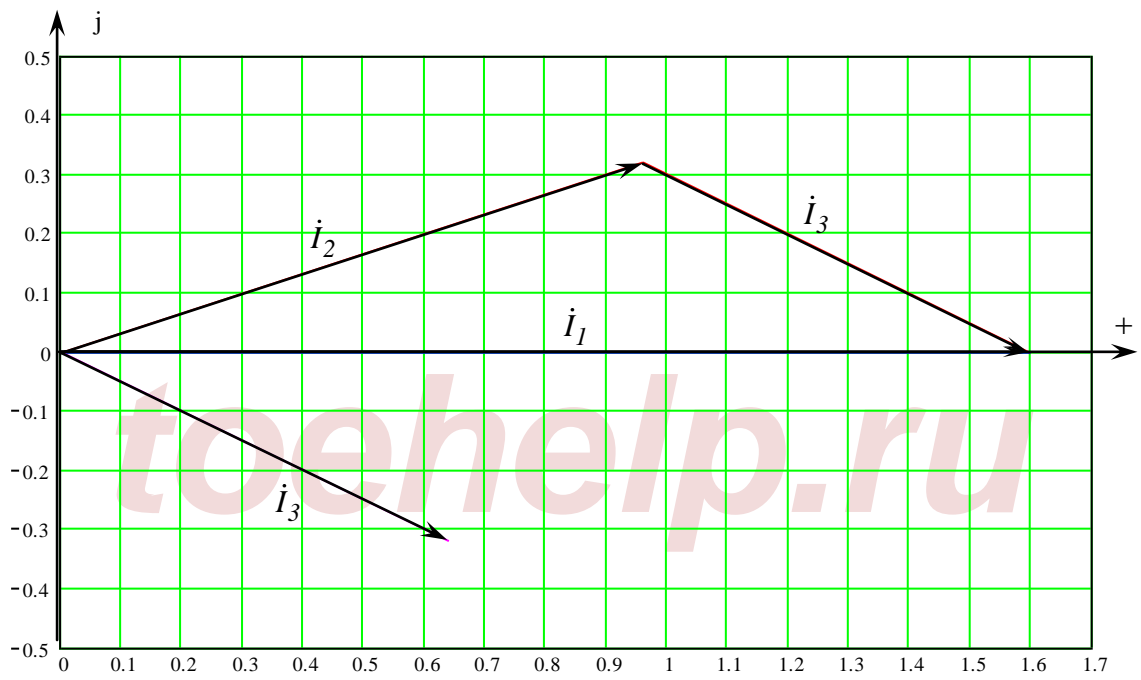
Напряжение \dot{U}_{ab} найдем по 2-у закону Кирхгофа:

$$\dot{U}_{ab} = R_1 \dot{I}_1 + \dot{U}_C + \dot{U}_2 = 100 \cdot 1,6 - j200 + 96 + j32 = (256 - j168) \approx 306,2e^{-j33,27^\circ} \text{ В}$$

Построим Векторную диаграмму напряжений для данного значения I_1 :



Построим Векторную диаграмму токов для данного значения I_1 :



По найденным значениям построим искомую зависимость $U_2(U_{ab})$:

