



Основы электротехники

Отчёт по лабораторной работе №4 Исследование трёхфазных электрических цепей Группа Р3334 Вариант 74

Выполнил: Баянов Равиль Динарович

Дата сдачи отчёта: 12.12.2024

Дата защиты: -

Контрольный срок сдачи: 04.12.2024

Количество баллов:

СПб – 2024

Содержание

Цель работы	3
Часть 1.....	4
Схема исследуемой цепи	4
Заполненная таблица 3.1	8
Расчётные формулы и расчёты	9
Векторные диаграммы напряжений и токов приёмника	17
Часть 2.....	20
Схема исследуемой цепи	20
Заполненная таблица 3.2	23
Расчётные формулы и расчёты	24
Векторные диаграммы напряжений и токов приёмника	26
Выводы по работе	28

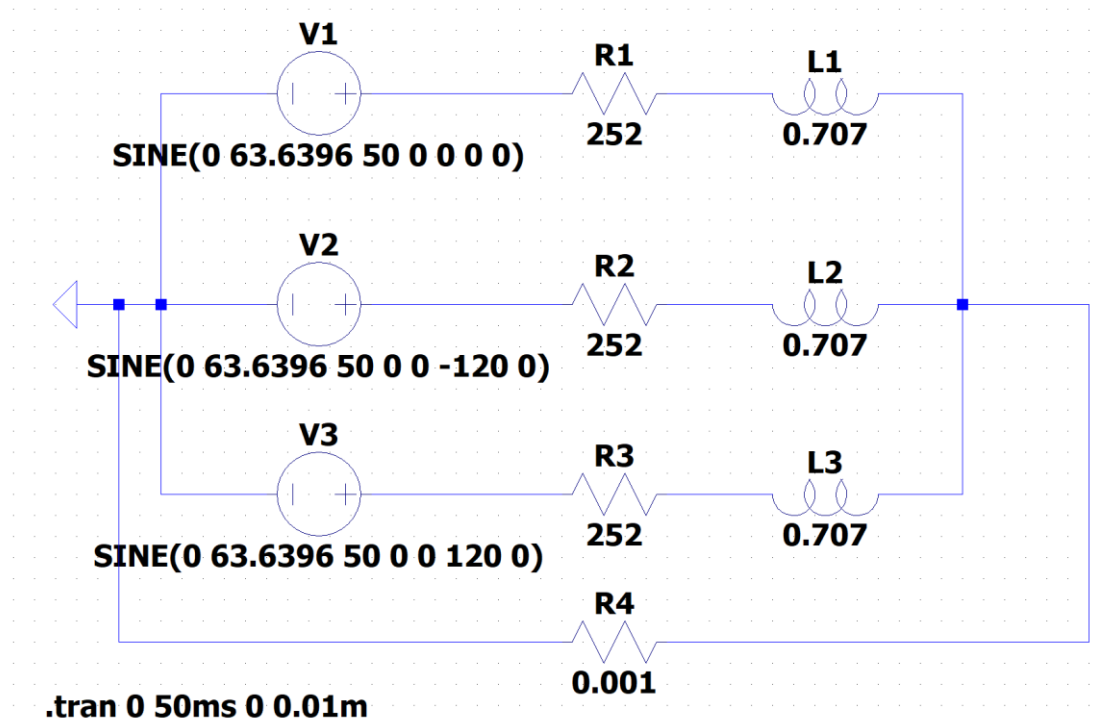
Цель работы

Исследование свойств линейных цепей синусоидального тока, а также особых режимов работы, таких как резонанс напряжений и токов.

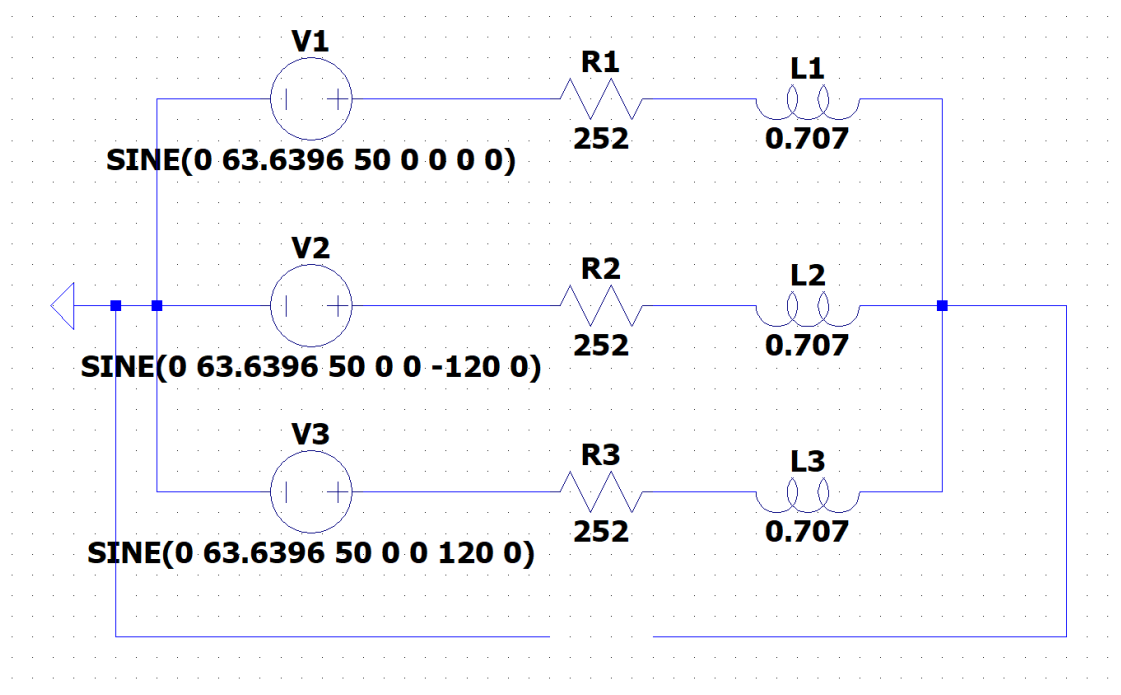
Часть 1

Схема исследуемой цепи

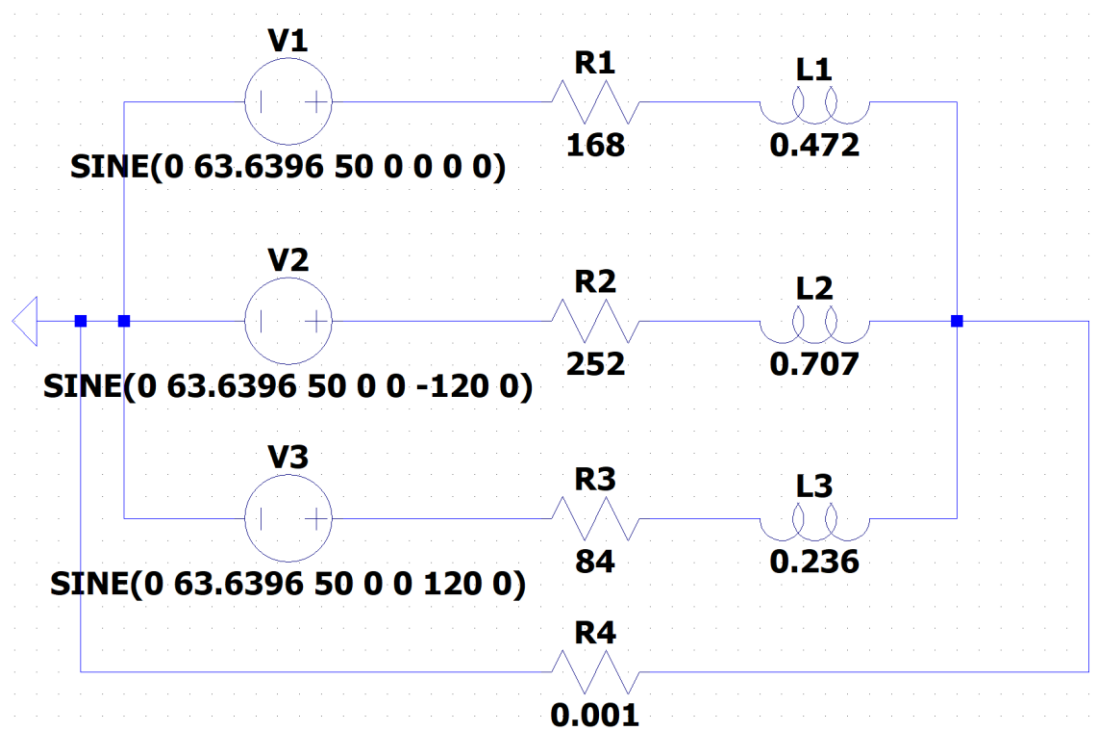
1) Схема №1



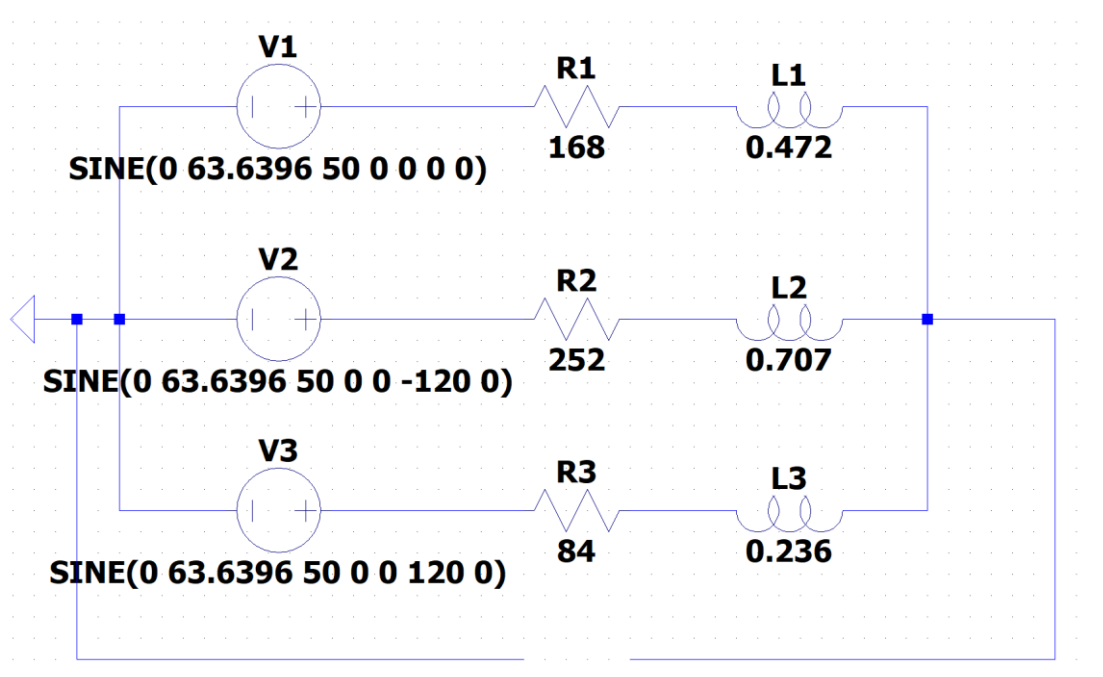
2) Схема №2



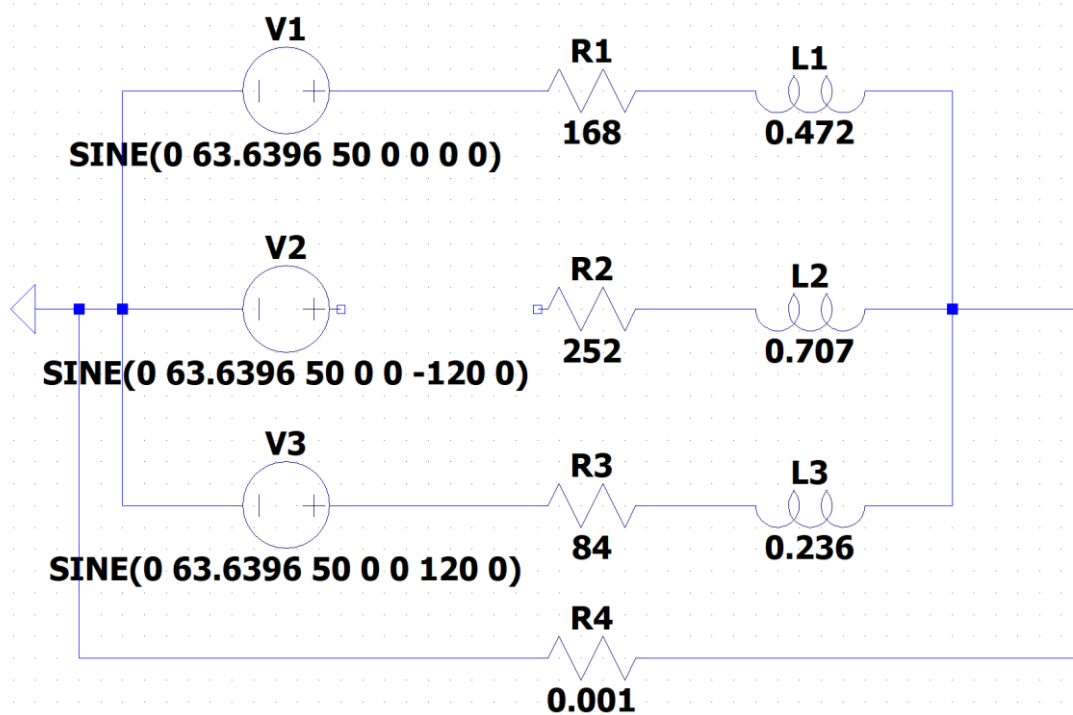
3) Схема №3



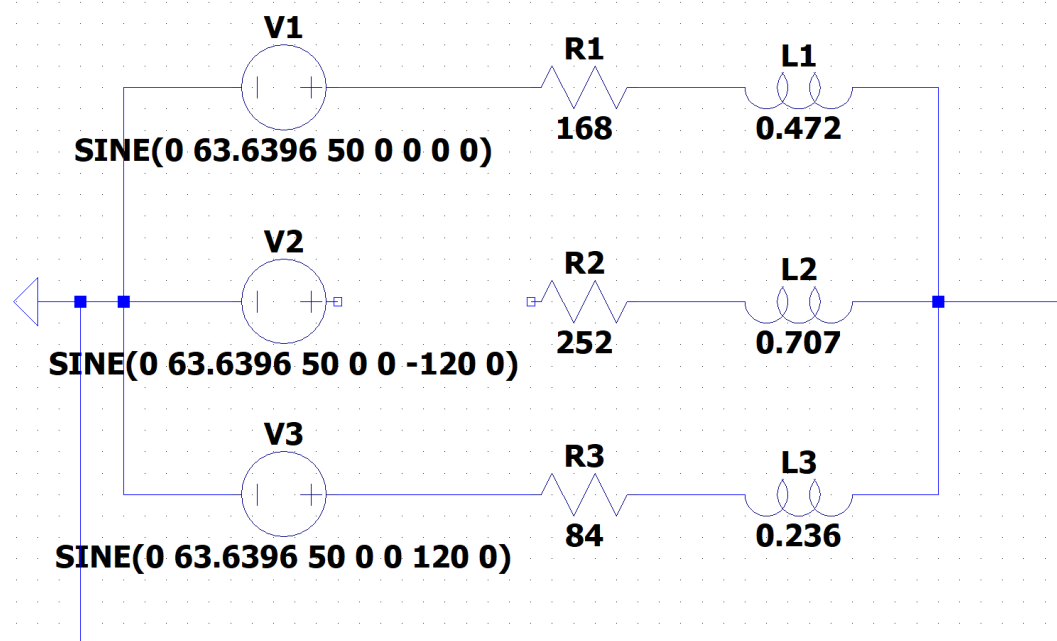
4) Схема №4



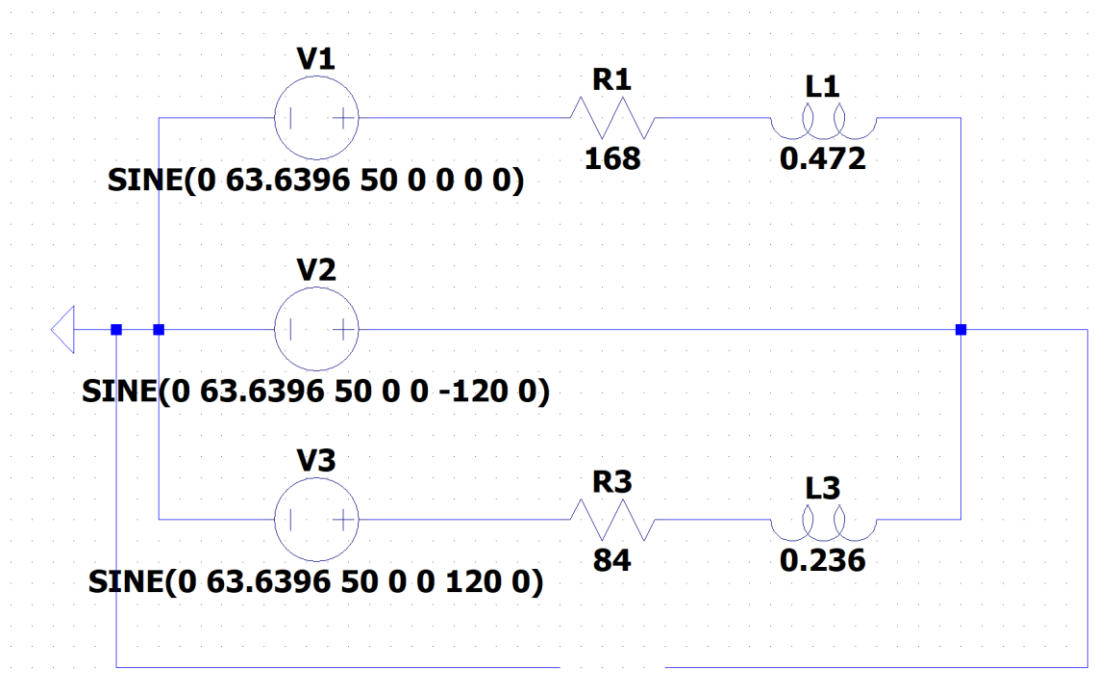
5) Схема №5



6) Схема №6



7) Схема №7



Заполненная таблица 3.1

№	Вид нагрузки		U _{a, B}	U _{b, B}	U _{c, B}	I _{a, A}	I _{b, A}	I _{c, A}	P _{a, Вт}	P _{b, Вт}	P _{c, Вт}	U _{N, В}	I _{Nn, А}	Z _{a, Ом}	Z _{b, Ом}	Z _{c, Ом}
1	Симметричная нагрузка с нулевым проводом	Изм	44,842	44,841	44,841	0,133	0,133	0,133	4,506	4,506	4,506	0	0	335,912	335,912	335,912
		Выч	44,998	44,997	44,997	0,134	0,134	0,134	4,522	4,522	4,522	0	0			
2	Симметричная нагрузка без нулевого провода	Изм	44,893	44,892	44,892	0,134	0,134	0,134	4,512	4,511	4,511	0	0	335,912	335,912	335,912
		Выч	44,998	44,997	44,997	0,134	0,134	0,134	4,522	4,522	4,522	0	0			
3	Несимметричная нагрузка с нулевым проводом	Изм	44,856	44,855	44,855	0,200	0,134	0,400	6,753	4,508	13,506	0	0,240	224,080	335,912	112,040
		Выч	44,998	44,997	44,997	0,201	0,134	0,402	6,775	4,522	13,549	0	0,241			
4	Несимметричная нагрузка без нулевого провода	Изм	51,068	56,211	30,882	0,228	0,167	0,276	8,729	7,059	6,384	14,734	0	224,080	335,912	112,040
		Выч	51,086	56,231	30,893	0,228	0,167	0,276	8,732	7,061	6,386	14,740	0			
5	Обрыв линейного провода с нулевым проводом	Изм	44,899	0	44,898	0,200	0	0,401	6,760	0	13,519	0	0,347	224,080	∞	112,040
		Выч	44,998	0	44,997	0,201	0	0,402	6,775	0	13,549	0	0,348			
6	Обрыв линейного провода без нулевого провода	Изм	51,856	0,000	25,928	0,231	0,000	0,231	9,015	0	4,507	25,928	0	224,080	∞	112,040
		Выч	51,959	0,000	25,979	0,232	0,000	0,232	9,033	0	4,516	25,979	0			
7	Короткое замыкание одной фазы нагрузки без нулевого провода	Изм	77,776	44,903	77,774	0,349	0,927	0,700	27,221	-	54,404	44,903	0	224,080	0	112,040
		Выч	77,945	44,998	77,939	0,350	0,929	0,701	20,453	-	40,965	44,998	0			

Расчётные формулы и расчёты

$$\underline{Y}_a = \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}}$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}}$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}}$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_a + \underline{E}_B \underline{Y}_b + \underline{E}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c}$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ}$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ}$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ}$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n}$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n}$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n}$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a * \underline{Y}_a$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b * \underline{Y}_b$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c * \underline{Y}_c$$

$$\underline{I}_{N_n} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c$$

Опыт №1:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_a &= \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{252 + j\omega L_a} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} \\ &= 0,003 e^{-j41,393^\circ} [\text{Ом}^{-1}] \end{aligned}$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{ОМ}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{ОМ}^{-1}]$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_a + \underline{E}_B \underline{Y}_b + \underline{E}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} \approx 0 [\text{В}]$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a * \underline{Y}_a = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,134e^{-41,393^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b * \underline{Y}_b = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,134e^{-161,393^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c * \underline{Y}_c = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,134e^{78,608^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_{N_n} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c \approx 0 [\text{А}]$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 [\text{Вт}]$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 [\text{Вт}]$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 [\text{Вт}]$$

Опыт №2:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_a &= \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{252 + j\omega L_a} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} \\ &= 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{ОМ}^{-1}] \end{aligned}$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{ОМ}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{ОМ}^{-1}]$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_a + \underline{E}_B \underline{Y}_b + \underline{E}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} \approx 0 \text{ [B]}$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a * \underline{Y}_a = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \cdot 0,003 e^{-j41,393^\circ} = 0,134 e^{-j41,393^\circ} \text{ [A]}$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b * \underline{Y}_b = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} \cdot 0,003 e^{-j41,393^\circ} = 0,134 e^{-j161,393^\circ} \text{ [A]}$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c * \underline{Y}_c = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} \cdot 0,003 e^{-j41,393^\circ} = 0,134 e^{j78,608^\circ} \text{ [A]}$$

$$\underline{I}_{N_n} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0 \text{ [A]}$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 \text{ [Вт]}$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 \text{ [Вт]}$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 \text{ [Вт]}$$

Опыт №3:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_a &= \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{168 + j\omega L_a} = \frac{1}{168 + j314,159 \cdot 0,0472} \\ &= 0,004 e^{-j41,433^\circ} \text{ [Ом}^{-1}\text{]} \end{aligned}$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003 e^{-j41,393^\circ} \text{ [Ом}^{-1}\text{]}$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{84 + j314,159 \cdot 0,236} = 0,009 e^{-j41,433^\circ} \text{ [Ом}^{-1}\text{]}$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_a + \underline{E}_B \underline{Y}_b + \underline{E}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} \approx 0 \text{ [B]}$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} \text{ [B]}$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a \cdot \underline{Y}_a = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \cdot 0,004 e^{-j41,433^\circ} = 0,201 e^{-j41,433^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b \cdot \underline{Y}_b = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} \cdot 0,003 e^{-j41,393^\circ} = 0,134 e^{-j161,393^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c \cdot \underline{Y}_c = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} \cdot 0,009 e^{-j41,433^\circ} = 0,402 e^{j78,568^\circ} [\text{А}]$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_{N_n} &= \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0,201 e^{-j41,433^\circ} + 0,134 e^{-j161,393^\circ} + 0,402 e^{j78,568^\circ} \\ &= 0,241 e^{j64,668^\circ} [\text{А}] \end{aligned}$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 44,998 \cdot 0,201 \cdot \cos(41,433^\circ) = 6,775 [\text{Вт}]$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 44,998 \cdot 0,134 \cdot \cos(41,393^\circ) = 4,522 [\text{Вт}]$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 44,998 \cdot 0,402 \cdot \cos(41,433^\circ) = 13,549 [\text{Вт}]$$

Опыт №4:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_a &= \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{168 + j\omega L_a} = \frac{1}{168 + j314,159 \cdot 0,472} \\ &= 0,004 e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}] \end{aligned}$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003 e^{-j41,393^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{84 + j314,159 \cdot 0,236} = 0,009 e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_{N_n} &= \frac{\underline{E}_a \underline{Y}_a + \underline{E}_b \underline{Y}_b + \underline{E}_c \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} = \\ &= \frac{44,998(e^{j0^\circ} \cdot 0,004 e^{-j41,433^\circ} + e^{-j120^\circ} \cdot 0,003 e^{-j41,393^\circ} + e^{j120^\circ} \cdot 0,009 e^{-j41,433^\circ})}{0,004 e^{-j41,433^\circ} + 0,003 e^{-j41,393^\circ} + 0,009 e^{-j41,433^\circ}} \\ &= 14,740 e^{j106,094^\circ} [\text{В}] \end{aligned}$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} - 14,740e^{j106,094^\circ} = 51,086e^{-j16,094^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} - 14,740e^{j106,094^\circ} = 56,231e^{-j109,114^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} - 14,740e^{j106,094^\circ} = 30,893e^{j126,585^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a \cdot \underline{Y}_a = 51,086e^{-j16,094^\circ} \cdot 0,004e^{-j41,433^\circ} = 0,228e^{-j57,527^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b \cdot \underline{Y}_b = 56,231e^{-j109,114^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,167e^{-j150,507^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c \cdot \underline{Y}_c = 30,893e^{j126,585^\circ} \cdot 0,009e^{-j41,433^\circ} = 0,276e^{j85,153^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_{N_n} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0 [\text{А}]$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 51,086 \cdot 0,228 \cdot \cos(41,433^\circ) = 8,732 [\text{Вт}]$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 56,231 \cdot 0,167 \cdot \cos(41,393^\circ) = 7,061 [\text{Вт}]$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 30,893 \cdot 0,276 \cdot \cos(41,433^\circ) = 6,386 [\text{Вт}]$$

Опыт №5:

$$\underline{Y}_a = \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{168 + j\omega L_a} = \frac{1}{168 + j314,159 \cdot 0,472} \\ = 0,004e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0 [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{84 + j314,159 \cdot 0,236} = 0,009e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_a + \underline{E}_B \underline{Y}_b + \underline{E}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} \approx 0 [\text{ВТ}]$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{ВТ}]$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{ВТ}]$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{ВТ}]$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{ВТ}]$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 0 [\text{ВТ}]$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{ВТ}]$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a \cdot \underline{Y}_a = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} \cdot 0,004e^{-j41,433^\circ} = 0,201e^{(-j41,433^\circ)} [\text{A}]$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b \cdot \underline{Y}_b = 0 \cdot 0 = 0 [\text{A}]$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c \cdot \underline{Y}_c = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} \cdot 0,009e^{-j41,433^\circ} = 0,402e^{j78,568^\circ} [\text{A}]$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_{N_n} &= \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0,201e^{(-j41,433^\circ)} + 0 + 0,402e^{j78,568^\circ} \\ &= 0,348e^{j48,567^\circ} [\text{A}] \end{aligned}$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 44,998 \cdot 0,201 \cdot \cos(41,433^\circ) = 6,775 [\text{Вт}]$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 0 [\text{Вт}]$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 44,998 \cdot 0,402 \cdot \cos(41,433^\circ) = 13,549 [\text{Вт}]$$

Опыт №6:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_a &= \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{168 + j\omega L_a} = \frac{1}{168 + j314,159 \cdot 0,472} \\ &= 0,004e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}] \end{aligned}$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0 [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{84 + j314,159 \cdot 0,236} = 0,009e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_a \underline{Y}_a + \underline{E}_b \underline{Y}_b + \underline{E}_c \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} = \frac{44,998(e^{j0^\circ} \cdot 0,004e^{-j41,433^\circ} + e^{j120^\circ} \cdot 0,009e^{-j41,433^\circ})}{0,004e^{-j41,433^\circ} + 0,009e^{-j41,433^\circ}} = 25,979e^{j90^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} - 25,979e^{j90^\circ} = 51,959e^{-j29,999^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 0 [\text{В}]$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} - 25,979e^{j90^\circ} = 25,979e^{150,001^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a \cdot \underline{Y}_a = 51,959e^{-j29,999^\circ} \cdot 0,004e^{-j41,433^\circ} = 0,232e^{-j71,432^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b \cdot \underline{Y}_b = 0 [\text{А}]$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c \cdot \underline{Y}_c = 25,979e^{150,001^\circ} \cdot 0,009e^{-j41,433^\circ} = 0,232e^{j108,568^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_{N_n} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0 \text{ [A]}$$

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 51,959 \cdot 0,232 \cdot \cos(41,433) = 9,033 \text{ [Вт]}$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 0 \text{ [Вт]}$$

$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 25,979 \cdot 0,232 \cdot \cos(41,433) = 4,516 \text{ [Вт]}$$

Опыт №7:

$$\underline{Y}_a = \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{168 + j\omega L_a} = \frac{1}{168 + j314,159 \cdot 0,472} \\ = 0,004e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = \infty [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{84 + j314,159 \cdot 0,236} = 0,009e^{-j41,433^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{U}_{N_n} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_a + \underline{E}_B \underline{Y}_b + \underline{E}_C \underline{Y}_c}{\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c} = \underline{E}_B = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} - 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} = 77,945e^{j30,008^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{N_n} = 0 [\text{В}]$$

$$\underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{N_n} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} - 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} = 77,939e^{90^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a \cdot \underline{Y}_a = 77,945e^{j30,008^\circ} \cdot 0,004e^{-j41,433^\circ} = 0,350e^{-j11,425^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_b = \underline{U}_b \cdot \underline{Y}_b = 0,929e^{j208,9^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_c = \underline{U}_c \cdot \underline{Y}_c = 77,939e^{90^\circ} \cdot 0,009e^{-j41,433^\circ} = 0,701e^{j48,567^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_{N_n} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0 \text{ [А]}$$

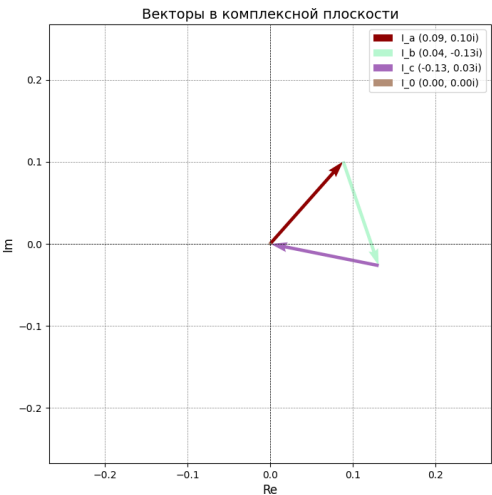
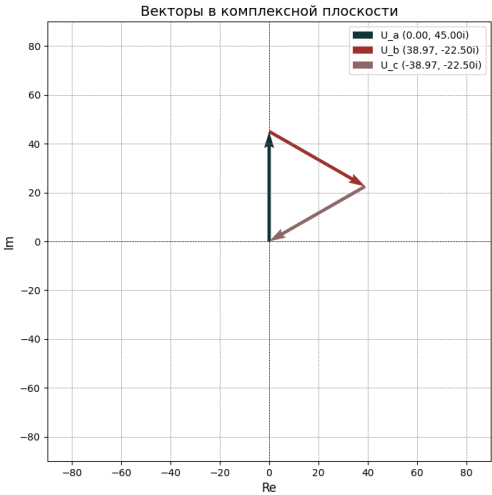
$$P_a = U_a I_a \cos \varphi_a = 77,945 \cdot 0,350 \cdot \cos(41,433) = 20,453 \text{ [Вт]}$$

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b = 0 \text{ [Вт]}$$

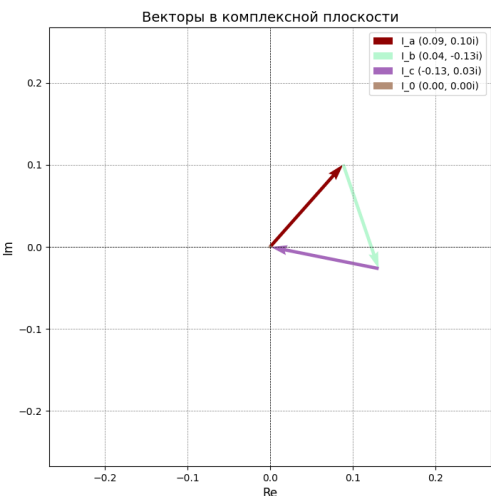
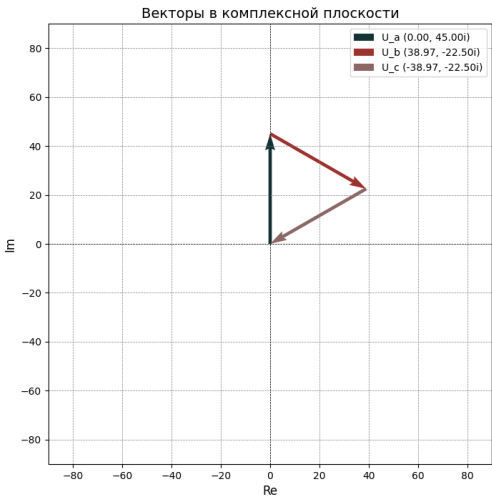
$$P_c = U_c I_c \cos \varphi_c = 77,939 \cdot 0,701 \cdot \cos(41,433) = 40,965 \text{ [Вт]}$$

Векторные диаграммы напряжений и токов приёмника

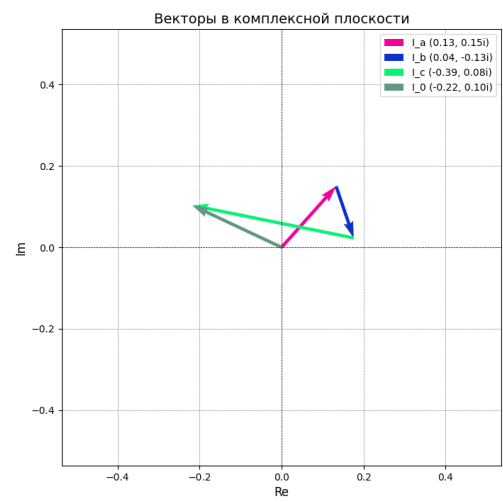
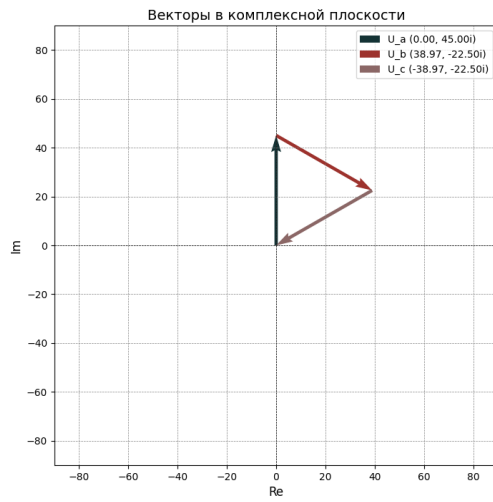
1.



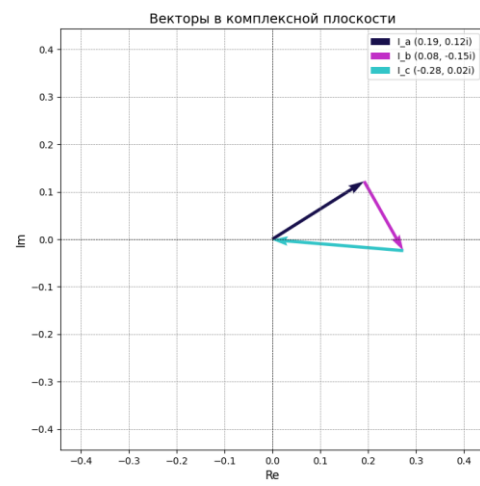
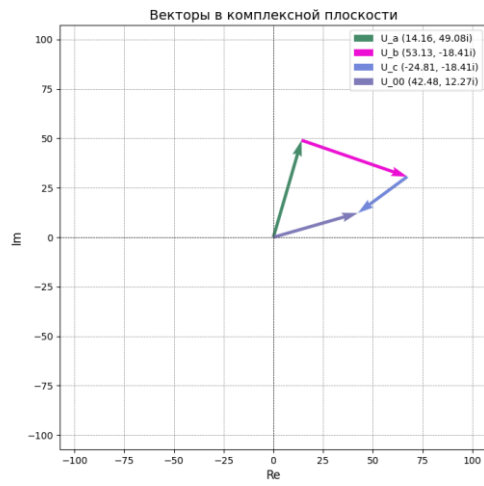
2.



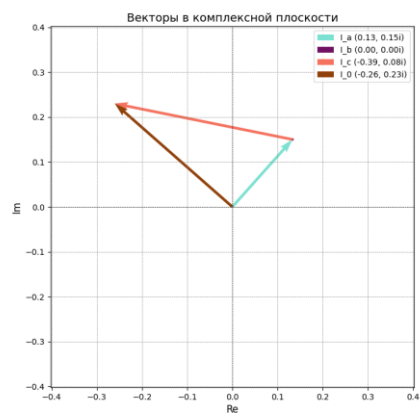
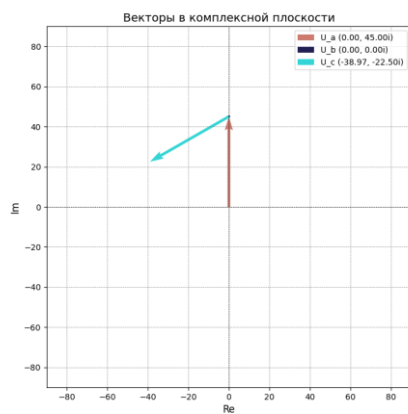
3.



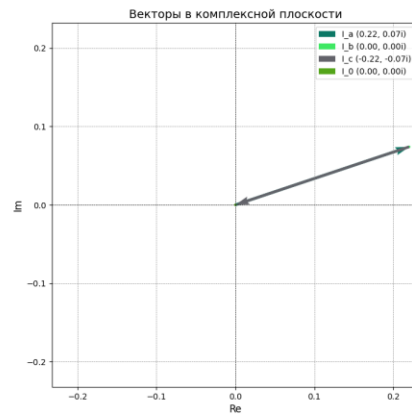
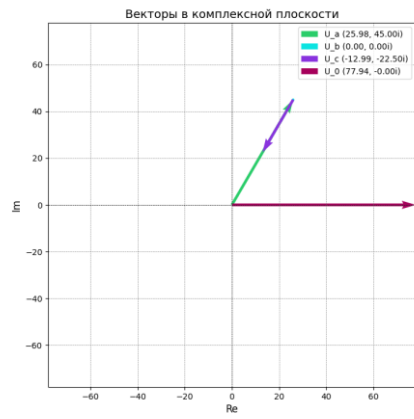
4.



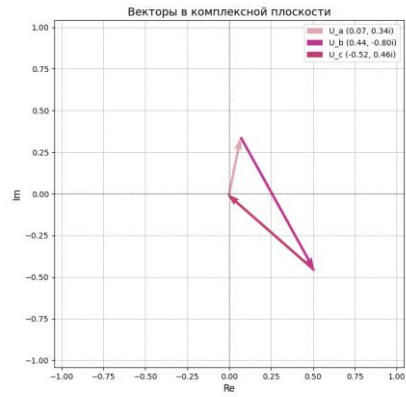
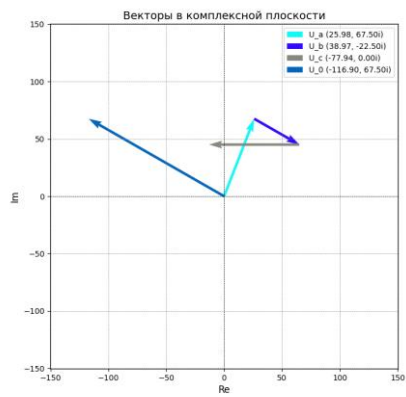
5.



6.



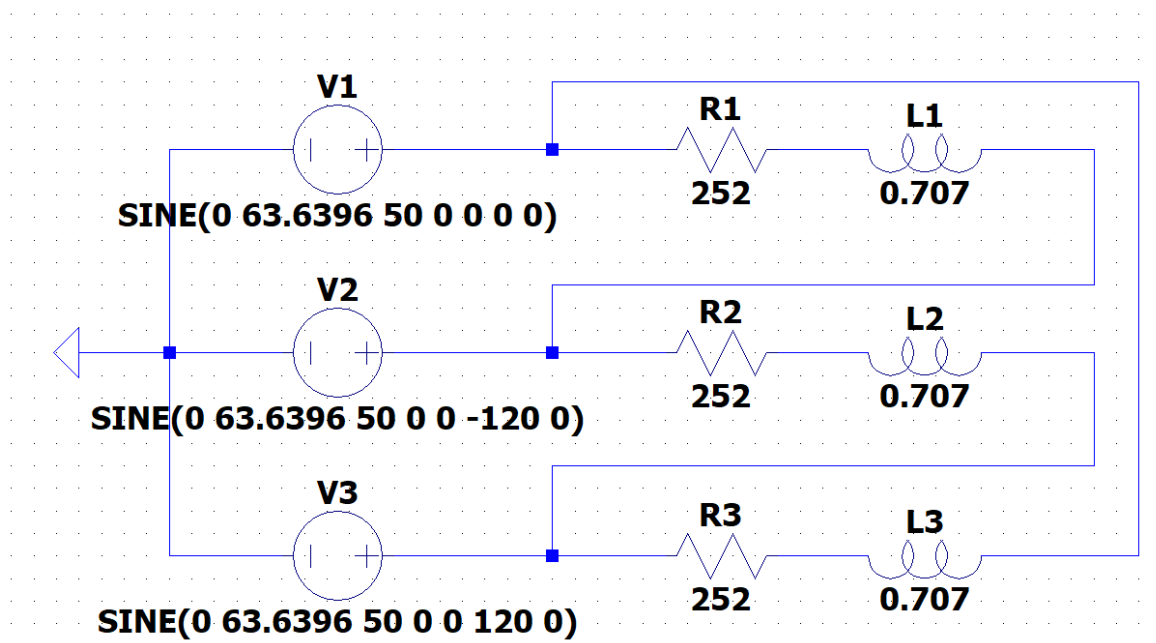
7.



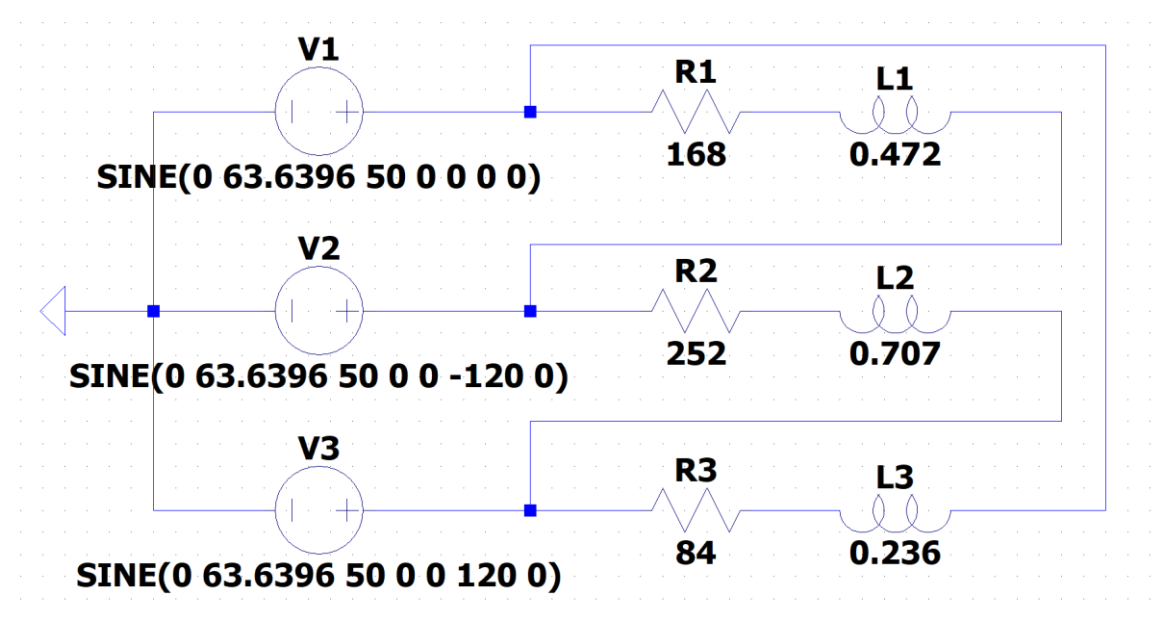
Часть 2

Схема исследуемой цепи

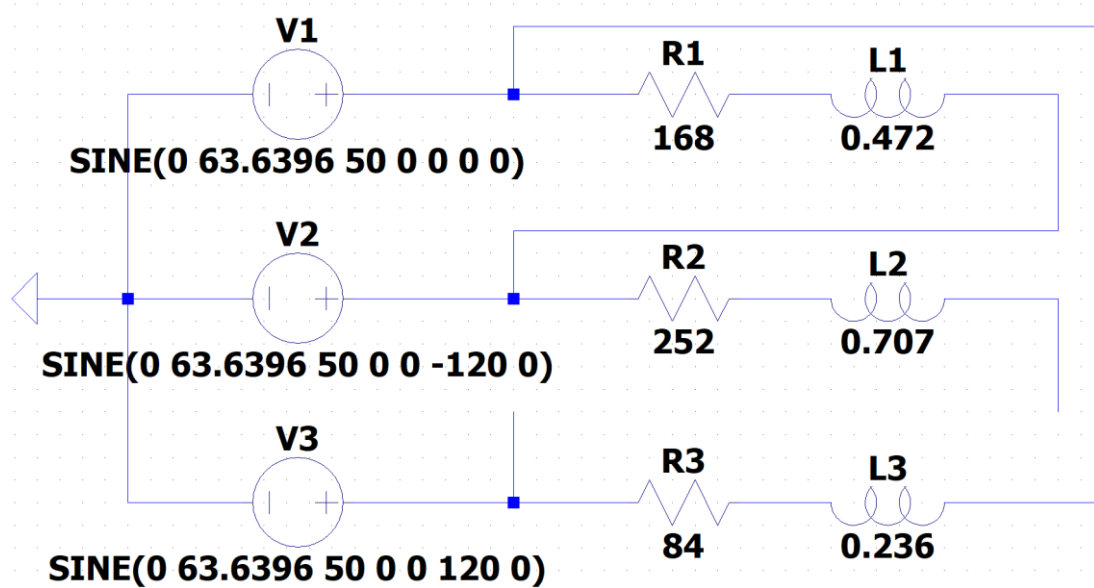
1) Схема №1



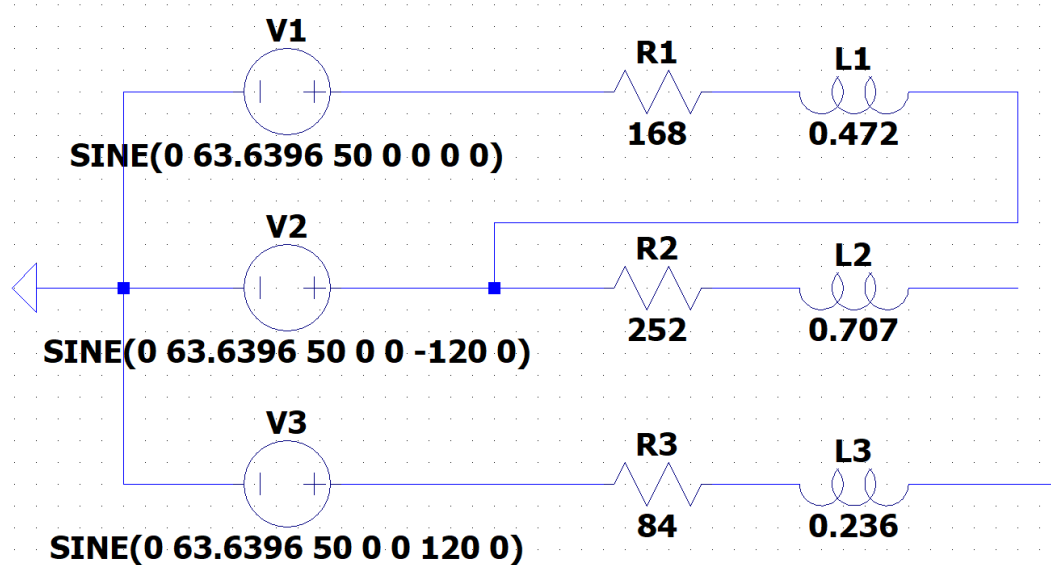
2) Схема №2



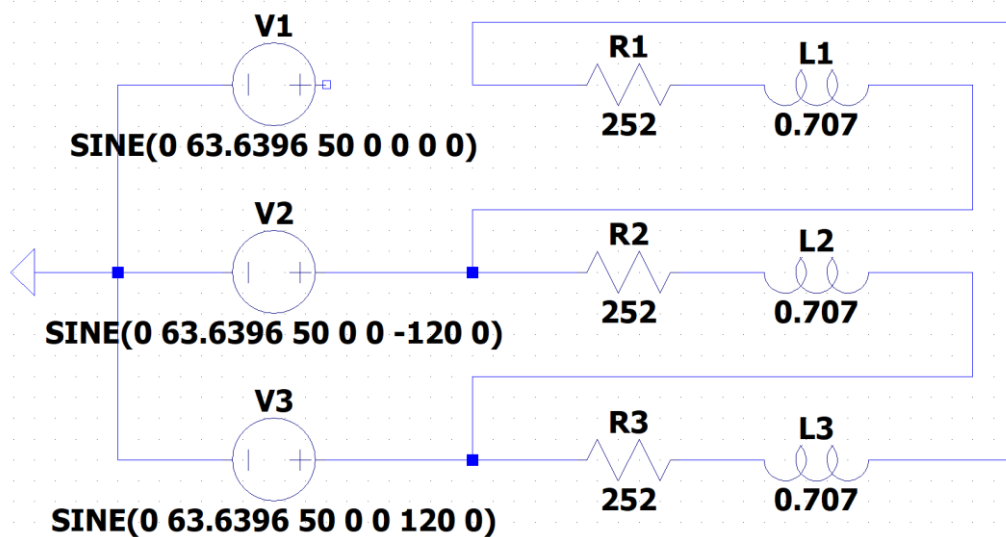
3) Схема №3



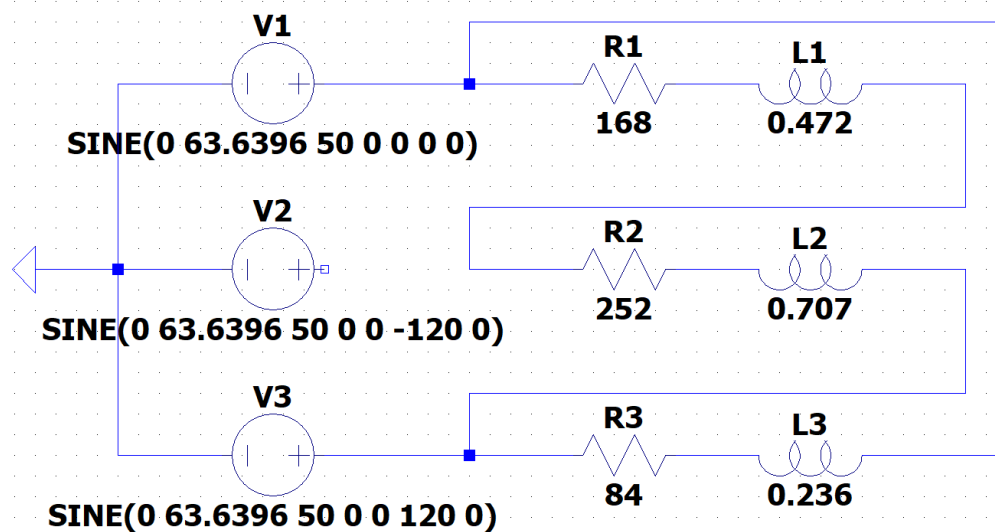
4) Cxema №4



5) Cxema №5



6) Cхема №6



Заполненная таблица 3.2

№	Вид нагрузки		Ia, А	Ib, А	Ic, А	Iab, А	Ibc, А	Ica, А	Pab, Вт	Pbc, Вт	Pca, Вт	Zab, Ом	Zbc, Ом	Zca, Ом
1	Симметричная нагрузка	Изм	0,401	0,402	0,402	0,232	0,232	0,232	13,064	13,063	13,064	335,91 2	335,91 2	335,91 2
		Выч	0,402	0,402	0,402	0,232	0,232	0,232	13,064	13,063	13,064	335,91 2	335,91 2	335,91 2
2	Несимметричная нагрузка	Изм	0,917	0,505	0,836	0,348	0,232	0,696	19,603	13,063	39,206	224,08 0	335,91 2	112,04 0
		Выч	0,920	0,505	0,836	0,348	0,232	0,696	19,603	13,063	39,206	224,08 0	335,91 2	112,04 0
3	Обрыв одной фазы нагрузки	Изм	0,915	0,348	0,696	0,348	0,000	0,696	19,603	0	39,206	224,08 0	335,91 2	112,04 0
		Выч	0,920	0,348	0,696	0,348	0,000	0,696	19,603	0	39,206	224,08 0	335,91 2	112,04 0
4	Обрыв двух фаз нагрузки	Изм	0,345	0,348	0,000	0,348	0,000	0,000	19,603	0	0	224,08 0	335,91 2	112,04 0
		Выч	0,348	0,348	0,000	0,348	0,000	0,000	19,603	0	0	224,08 0	335,91 2	112,04 0
5	Обрыв линейного провода с симметричной нагрузкой	Изм	0,000	0,350	0,350	0,116	0,232	0,116	3,775	13,063	6,538	335,91 2	335,91 2	335,91 2
		Выч	0,000	0,351	0,350	0,116	0,232	0,116	3,775	13,063	6,539	335,91 2	335,91 2	335,91 2
6	Обрыв линейного провода с несимметрично й нагрузкой	Изм	0,832	0,000	0,836	0,139	0,139	0,696	7,834	4,520	39,206	224,08 0	335,91 2	112,04 0
		Выч	0,833	0,000	0,836	0,139	0,139	0,696	7,834	4,519	39,206	224,08 0	335,91 2	112,04 0

Расчётные формулы и расчёты

$$\underline{U}_{ab} = \underline{E}_A - \underline{E}_B$$

$$\underline{U}_{bc} = \underline{E}_B - \underline{E}_C$$

$$\underline{U}_{ca} = \underline{E}_C - \underline{E}_A$$

$$\underline{I}_{ab} = \underline{U}_{ab} \underline{Y}_{ab}$$

$$\underline{I}_{bc} = \underline{U}_{bc} \underline{Y}_{bc}$$

$$\underline{I}_{ca} = \underline{U}_{ca} \underline{Y}_{ca}$$

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ca}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_{bc} - \underline{I}_{ab}$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}_{ca} - \underline{I}_{bc}$$

Опыт №1:

$$\underline{Y}_a = \frac{1}{\underline{Z}_{R_a} + \underline{Z}_{L_a}} = \frac{1}{252 + j\omega L_a} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} \\ = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_b = \frac{1}{\underline{Z}_{R_b} + \underline{Z}_{L_b}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{Y}_c = \frac{1}{\underline{Z}_{R_c} + \underline{Z}_{L_c}} = \frac{1}{252 + j314,159 \cdot 0,707} = 0,003e^{-j41,393^\circ} [\text{Ом}^{-1}]$$

$$\underline{E}_A = E_A e^{j0^\circ} = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_B = E_B e^{-j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{E}_C = E_C e^{j120^\circ} = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} [\text{В}]$$

$$\underline{U}_{ab} = \underline{E}_A - \underline{E}_B = 44,998 \cdot e^{j0^\circ} - 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} = 77,938e^{j30^\circ}$$

$$\underline{U}_{bc} = \underline{E}_B - \underline{E}_C = 44,998 \cdot e^{-j120^\circ} - 44,998 \cdot e^{j120^\circ} = 77,938e^{j30^\circ}$$

$$\underline{U}_{ca} = \underline{E}_C - \underline{E}_A = 44,998 \cdot e^{j120^\circ} - 44,998 \cdot e^{j0^\circ} = 77,938e^{j30^\circ}$$

$$\underline{I}_{ab} = \underline{U}_{ab} \underline{Y}_{ab} = 77,938e^{j30^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,232e^{-j11,393^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_{bc} = \underline{U}_{bc} \underline{Y}_{bc} = 77,938e^{j30^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,232e^{-j11,393^\circ} [\text{А}]$$

$$\underline{I}_{ca} = \underline{U}_{ca}\underline{Y}_{ca} = 77,938e^{j30^\circ} \cdot 0,003e^{-j41,393^\circ} = 0,232e^{j108,608^\circ} [\text{A}]$$

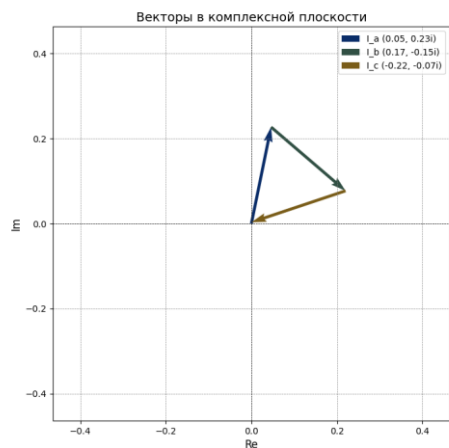
$$\underline{I}_A = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ca} = 0,232e^{-j11,393^\circ} - 0,232e^{j108,608^\circ} = 0,402e^{-j41,393^\circ} [\text{A}]$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_{bc} - \underline{I}_{ab} = 0,232e^{-j131,393^\circ} - 0,232e^{-j11,393^\circ} = 0,402e^{-j161,393^\circ} [\text{A}]$$

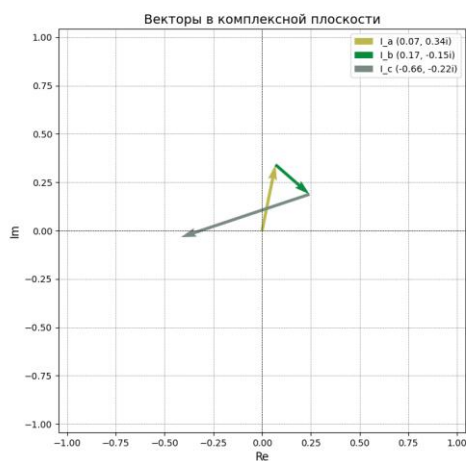
$$\underline{I}_C = \underline{I}_{ca} - \underline{I}_{bc} = 0,232e^{j108,608^\circ} - 0,232e^{-j131,393^\circ} = 0,402e^{j78,608^\circ} [\text{A}]$$

Векторные диаграммы напряжений и токов приёмника

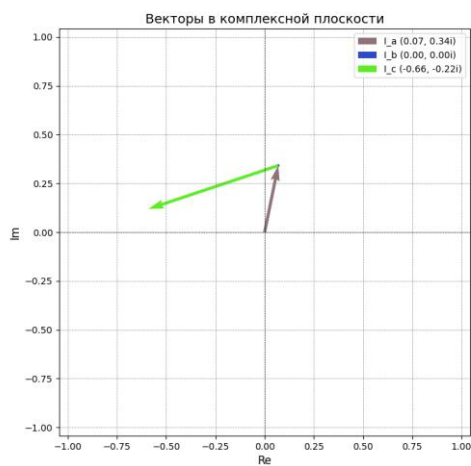
1.



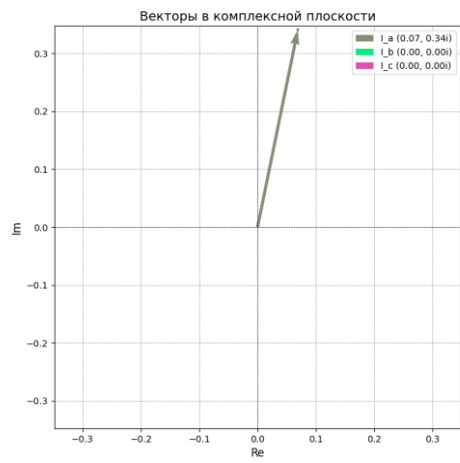
2.



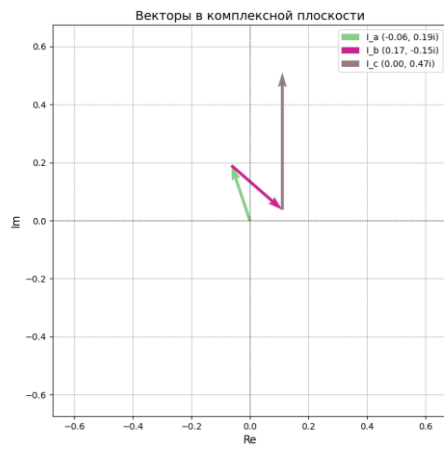
3.



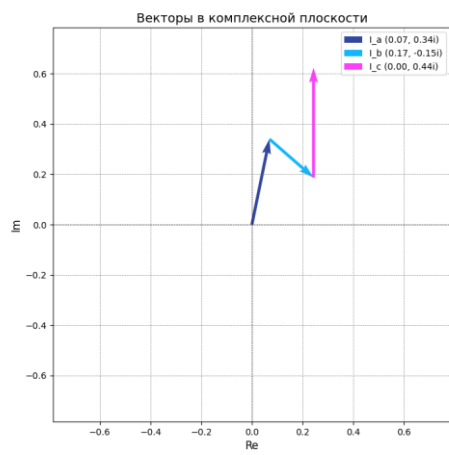
4.



5.



6.



Выводы по работе

Выполнив данную лабораторную работу, мы узнали принцип работы трёхфазных электрических цепей. Выяснили как соотносятся между собой значения элементов цепи со способом соединения трёхфазной цепи и с равномерной, и неравномерной нагрузкой и с наличием и отсутствием нулевого провода. Заметим, что наличие нулевого провода балансирует напряжения на фазах в независимости от того какой ток протекает в этих фазах.