

СПбГУ ИТМО

Кафедра ЭТ и ПЭМС

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе

Исследование трехфазных электрических цепей

Группа XXXX

Работу выполнил: *студ. Иванов И.И.*

Дата защиты:

Контрольный срок защиты:

Оценка:

Количество баллов:

СПб – 2011

Лист измерений к лабораторной работе «Исследование трехфазных цепей»

Выполнил студ. Иванов И.И. гр. XXXX Провел _____ Дата 03.12.11

Опыт 1 – Равномерная нагрузка без нулевого провода

Опыт 2 – Равномерная нагрузка с нулевым проводом

Опыт 3 – Неравномерная нагрузка без нулевого провода

Опыт 4 – Неравномерная нагрузка с нулевым проводом

Опыт 5 – Обрыв линейного провода без нулевого провода

Опыт 6 – Обрыв линейного провода с нулевым проводом

№ п/п		$U_{A0'}$	$U_{B0'}$	$U_{C0'}$	I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	$U_{00'}$	I_0	$U_{\text{л}}$	Z_A	Z_B	Z_C	φ
		В			А			Вт			В	А	В	Ом			град
1	Изм	44	44	44	0.78	0.78	0.78	27	27	27	3	0	75	55.9	55.9	55.9	37
	Выч	43.3	43.3	43.3	0.775	0.775	0.775	26.8	26.8	26.8	0	0					
2	Изм	44	44	44	0.78	0.78	0.78	27	27	27	0	0.01		55.9	55.9	55.9	
	Выч	43.3	43.3	43.3	0.775	0.775	0.775	26.8	26.8	26.8	0	0					
3	Изм	39	44	48	0.7	0.65	0.57	22	23	22	5	0		55.9	67.1	84	
	Выч	39.02	43.59	47.73	0.698	0.65	0.568	21.8	22.6	21.6	5.033	0					
4	Изм	44	44	44	0.78	0.64	0.52	27	22	18	0	0.22		55.9	67.1	84	
	Выч	43.3	43.3	43.3	0.775	0.645	0.515	26.8	22.3	17.8	0	0.225					
5	Изм	30	65	45	0.54	0	0.54	13	0	19	23	0		55.9	∞	84	
	Выч	29.95	65.39	45.05	0.536	0	0.536	12.8	0	19.3	22.93	0					
6	Изм	44	44	44	0.78	0	0.52	27	0	18	0	0.68		55.9	∞	84	
	Выч	43.3	43.3	43.3	0.775	0	0.515	26.8	0	17.8	0	0.683					

Цель работы – опытная проверка основных соотношений величин в трехфазной цепи для соединений приемников звездой при равномерной и неравномерной нагрузке фаз.

I. Схемы измерений и перечень приборов

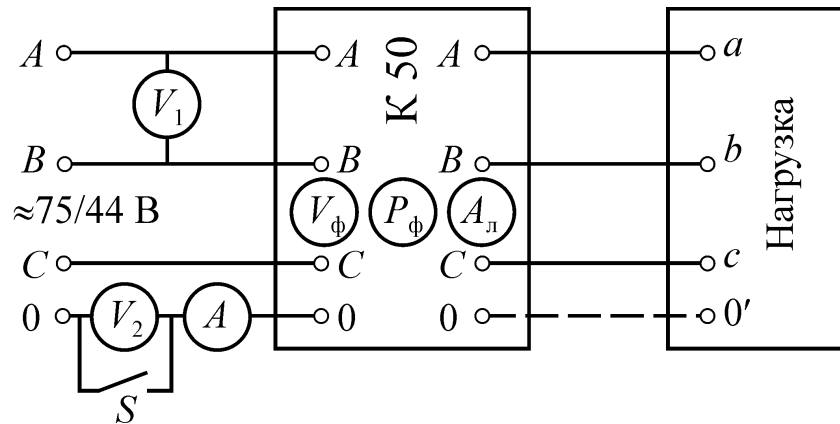
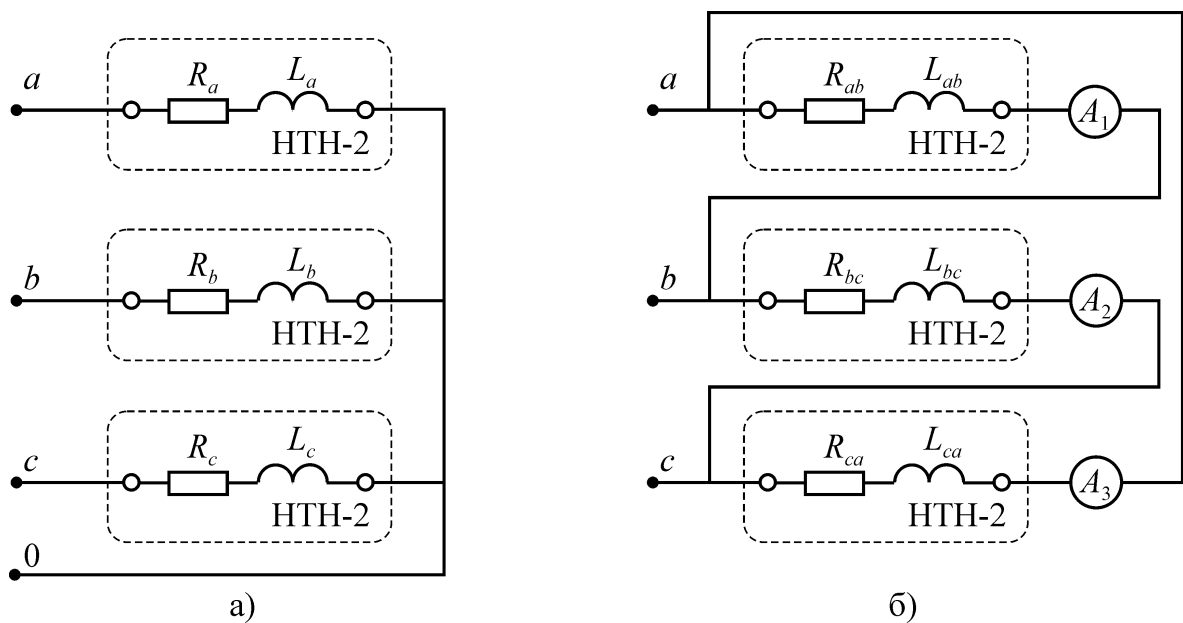


Схема лабораторной установки



Схемы соединения нагрузки

Установка питается от трёхфазного источника с напряжением 75/44 В частотой 50 Гц, клеммы которого расположены на силовом щите лабораторного стенда.

Нагрузка подключается к источнику питания через комплект измерительных приборов типа К50.

Трёхфазная нагрузка состоит из трёх магазинов типа НТН-2, соединяемых по схеме "звезда" или по схеме "треугольник".

Вольтметр V_1 предназначен для измерения линейного напряжения U_L трехфазного источника, а вольтметр V_2 – для измерения напряжения смещения нейтрали $U_{00'}$ при обрыве нулевого провода $00'$ в электрической цепи с нагрузкой, соединённой по схеме «звезда». Режим обрыва нулевого провода

возникает при размыкании ключа S . Амперметр A служит для измерения тока I_0 в нулевом проводе $00'$ при замкнутом ключе S .

II. Заполненные таблицы. (см. Лист измерений)

III. Расчетные формулы и пояснения к ним. Сравнение результатов расчета и эксперимента.

Для всех опытов параметры трехфазной системы источников определяются как

$$U_{\phi} = U_{\text{л}} / \sqrt{3} = 75 / \sqrt{3} = 43.3 \text{ [В]}, \quad \underline{E}_A = U_{\phi} e^{j0^\circ} = 43.3 e^{j0^\circ} \text{ [В]},$$

$$\underline{E}_B = U_{\phi} e^{j120^\circ} = 43.3 e^{j120^\circ} \text{ [В]}, \quad \underline{E}_C = U_{\phi} e^{-j120^\circ} = 43.3 e^{-j120^\circ} \text{ [В]}.$$

Для всех опытов параметры трехфазной системы нагрузки определяются как

$$\underline{z}_a = z_a e^{j\varphi}, \quad \underline{z}_b = z_b e^{j\varphi}, \quad \underline{z}_c = z_c e^{j\varphi} \quad \text{или} \quad \underline{y}_a = \frac{1}{z_a} e^{-j\varphi}, \quad \underline{y}_b = \frac{1}{z_b} e^{-j\varphi},$$

$$\underline{y}_c = \frac{1}{z_c} e^{-j\varphi}.$$

Для нечетных опытов напряжение смещения определяется как

$$\underline{U}_{00} = \frac{\underline{E}_A \underline{y}_a + \underline{E}_B \underline{y}_b + \underline{E}_C \underline{y}_c}{\underline{y}_a + \underline{y}_b + \underline{y}_c}.$$

Для четных опытов напряжение смещения $\underline{U}_{00} = 0$.

Для всех опытов фазные напряжения определяются как

$$\underline{U}_a = \underline{E}_A - \underline{U}_{00}, \quad \underline{U}_b = \underline{E}_B - \underline{U}_{00}, \quad \underline{U}_c = \underline{E}_C - \underline{U}_{00}.$$

Для всех опытов фазные токи определяются как

$$\underline{I}_a = \underline{U}_a \underline{y}_a, \quad \underline{I}_b = \underline{U}_b \underline{y}_b, \quad \underline{I}_c = \underline{U}_c \underline{y}_c.$$

Для четных опытов ток смещения $\underline{I}_0 = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c$, для нечетных - $\underline{I}_0 = 0$.

Мощность каждой из фаз для всех опытов определяется как

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi, \quad P_b = U_b I_b \cos \varphi, \quad P_c = U_c I_c \cos \varphi.$$

Результаты расчета

Опыт 1 – Равномерная нагрузка без нулевого провода

$$\underline{y}_a = \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \quad \underline{y}_b = \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ},$$

$$\underline{y}_c = \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}.$$

$$\underline{U}_{00} = \frac{43.3 e^{j0^\circ} \cdot 17.9 e^{-j37^\circ} + 43.3 e^{j120^\circ} \cdot 17.9 e^{-j37^\circ} + 43.3 e^{-j120^\circ} \cdot 17.9 e^{-j37^\circ}}{17.9 e^{-j37^\circ} + 17.9 e^{-j37^\circ} + 17.9 e^{-j37^\circ}} = 0$$

$$\underline{U}_a = 43.3 e^{j0^\circ} - 0 = 43.3 e^{j0^\circ}$$

$$\underline{U}_b = 43.3 e^{j120^\circ} - 0 = 43.3 e^{j120^\circ}$$

$$\underline{U}_c = 43.3 e^{-j120^\circ} - 0 = 43.3 e^{-j120^\circ}$$

$$\underline{I}_a = 43.3 e^{j0^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775 e^{-j37^\circ}$$

$$\begin{aligned}\underline{I}_b &= 43.3e^{j120^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775e^{j83^\circ} \\ \underline{I}_c &= 43.3e^{-j120^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775e^{-j157^\circ} \\ P_a &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8, \\ P_b &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8 \\ P_c &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8 \\ \underline{I}_0 &= 0\end{aligned}$$

Опыт 2 – Равномерная нагрузка с нулевым проводом

$$\begin{aligned}\underline{y}_a &= \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \quad \underline{y}_b = \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \\ \underline{y}_c &= \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}. \\ \underline{U}_{00} &= 0 \\ \underline{U}_a &= 43.3e^{j0^\circ} - 0 = 43.3e^{j0^\circ} \\ \underline{U}_b &= 43.3e^{j120^\circ} - 0 = 43.3e^{j120^\circ} \\ \underline{U}_c &= 43.3e^{-j120^\circ} - 0 = 43.3e^{-j120^\circ} \\ \underline{I}_a &= 43.3e^{j0^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775e^{-j37^\circ} \\ \underline{I}_b &= 43.3e^{j120^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775e^{j83^\circ} \\ \underline{I}_c &= 43.3e^{-j120^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775e^{-j157^\circ} \\ P_a &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8, \\ P_b &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8 \\ P_c &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8 \\ \underline{I}_0 &= 0\end{aligned}$$

Опыт 3 – Неравномерная нагрузка без нулевого провода

$$\begin{aligned}\underline{y}_a &= \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \quad \underline{y}_b = \frac{1}{67.1} e^{-j37^\circ} = 14.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \\ \underline{y}_c &= \frac{1}{84} e^{-j37^\circ} = 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}. \\ \underline{U}_{00} &= \frac{43.3e^{j0^\circ} \cdot 17.9e^{-j37^\circ} + 43.3e^{j120^\circ} \cdot 14.9e^{-j37^\circ} + 43.3e^{-j120^\circ} \cdot 11.9e^{-j37^\circ}}{17.9e^{-j37^\circ} + 14.9e^{-j37^\circ} + 11.9e^{-j37^\circ}} = \\ &= 5.033e^{j30^\circ} \\ \underline{U}_a &= 43.3e^{j0^\circ} - 5.033e^{j30^\circ} = 39.022e^{-j3.7^\circ} \\ \underline{U}_b &= 43.3e^{j120^\circ} - 5.033e^{j30^\circ} = 43.592e^{j126.6^\circ} \\ \underline{U}_c &= 43.3e^{-j120^\circ} - 5.033e^{j30^\circ} = 47.725e^{-j123^\circ} \\ \underline{I}_a &= 39.022e^{-j3.7^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.698e^{-j40.7^\circ} \\ \underline{I}_b &= 43.592e^{j126.6^\circ} \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.65e^{j89.6^\circ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{I}_c &= 47.725 e^{-j123^\circ} \cdot 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.568 e^{-j160^\circ} \\ P_a &= 39.022 \cdot 0.698 \cos 37^\circ = 21.8, \\ P_b &= 43.592 \cdot 0.655 \cos 37^\circ = 22.6 \\ P_c &= 47.725 \cdot 0.568 \cos 37^\circ = 21.6 \\ \underline{I}_0 &= 0\end{aligned}$$

Опыт 4 – Неравномерная нагрузка с нулевым проводом

$$\begin{aligned}\underline{y}_a &= \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \quad \underline{y}_b = \frac{1}{67.1} e^{-j37^\circ} = 14.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \\ \underline{y}_c &= \frac{1}{84} e^{-j37^\circ} = 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}. \\ \underline{U}_{00} &= 0 \\ \underline{U}_a &= 43.3 e^{j0^\circ} - 0 = 43.3 e^{j0^\circ} \\ \underline{U}_b &= 43.3 e^{j120^\circ} - 0 = 43.3 e^{j120^\circ} \\ \underline{U}_c &= 43.3 e^{-j120^\circ} - 0 = 43.3 e^{-j120^\circ} \\ \underline{I}_a &= 43.3 e^{j0^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775 e^{-j37^\circ} \\ \underline{I}_b &= 43.3 e^{j120^\circ} \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.645 e^{j83^\circ} \\ \underline{I}_c &= 43.3 e^{-j120^\circ} \cdot 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.515 e^{-j157^\circ} \\ P_a &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8, \\ P_b &= 43.3 \cdot 0.645 \cos 37^\circ = 22.3 \\ P_c &= 43.3 \cdot 0.515 \cos 37^\circ = 17.8 \\ \underline{I}_0 &= 0.775 e^{-j37^\circ} + 0.645 e^{j83^\circ} + 0.515 e^{-j157^\circ} = 0.225 e^{-j7^\circ}\end{aligned}$$

Опыт 5 – Обрыв линейного провода без нулевого провода

$$\begin{aligned}\underline{y}_a &= \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, \quad \underline{y}_b = \frac{1}{\infty} e^{-j37^\circ} = 0, \\ \underline{y}_c &= \frac{1}{84} e^{-j37^\circ} = 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}. \\ \underline{U}_{00} &= \frac{43.3 e^{j0^\circ} \cdot 17.9 e^{-j37^\circ} + 43.3 e^{j120^\circ} \cdot 0 + 43.3 e^{-j120^\circ} \cdot 11.9 e^{-j37^\circ}}{17.9 e^{-j37^\circ} + 0 + 11.9 e^{-j37^\circ}} = 22.929 e^{-j40.8^\circ} \\ \underline{U}_a &= 43.3 e^{j0^\circ} - 22.929 e^{-j40.8^\circ} = 29.949 e^{j30^\circ} \\ \underline{U}_b &= 43.3 e^{j120^\circ} - 22.929 e^{-j40.8^\circ} = 65.387 e^{j126.6^\circ} \\ \underline{U}_c &= 43.3 e^{-j120^\circ} - 22.929 e^{-j40.8^\circ} = 45.049 e^{-j150^\circ} \\ \underline{I}_a &= 29.949 e^{j30^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.536 e^{-j7^\circ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{I}_b &= 43.592e^{j126.6^\circ} \cdot 0 = 0 \\ \underline{I}_c &= 45.049e^{-j150^\circ} \cdot 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.536e^{j173^\circ} \\ P_a &= 29.949 \cdot 0.536 \cos 37^\circ = 12.8, \\ P_b &= 65.387 \cdot 0 \cos 37^\circ = 0 \\ P_c &= 45.049 \cdot 0.536 \cos 37^\circ = 19.3 \\ \underline{I}_0 &= 0\end{aligned}$$

Опыт 6 – Обрыв линейного провода с нулевым проводом

$$\begin{aligned}\underline{y}_a &= \frac{1}{55.9} e^{-j37^\circ} = 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}, & \underline{y}_b &= \frac{1}{\infty} e^{-j37^\circ} = 0, \\ \underline{y}_c &= \frac{1}{84} e^{-j37^\circ} = 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ}. \\ \underline{U}_{00} &= 0; \underline{U}_a = 43.3e^{j0^\circ} - 0 = 43.3e^{j0^\circ}; \underline{U}_b = 43.3e^{j120^\circ} - 0 = 43.3e^{j120^\circ} \\ \underline{U}_c &= 43.3e^{-j120^\circ} - 0 = 43.3e^{-j120^\circ}. \\ \underline{I}_a &= 43.3e^{j0^\circ} \cdot 17.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.775e^{-j37^\circ}; \underline{I}_b = 43.3e^{j120^\circ} \cdot 0 = 0; \\ \underline{I}_c &= 43.3e^{-j120^\circ} \cdot 11.9 \cdot 10^{-3} e^{-j37^\circ} = 0.515e^{-j157^\circ}. \\ P_a &= 43.3 \cdot 0.775 \cos 37^\circ = 26.8, & P_b &= 43.3 \cdot 0 \cos 37^\circ = 0, \\ P_c &= 43.3 \cdot 0.515 \cos 37^\circ = 17.8. \\ \underline{I}_0 &= 0.775e^{-j37^\circ} + 0 + 0.515e^{-j157^\circ} = 0.683e^{-j77.8^\circ}.\end{aligned}$$

IV. Векторные диаграммы напряжений и токов приёмника для всех пунктов работы, построенные по опытным данным с соблюдением масштаба.

Для нечетных опытов отображаем:

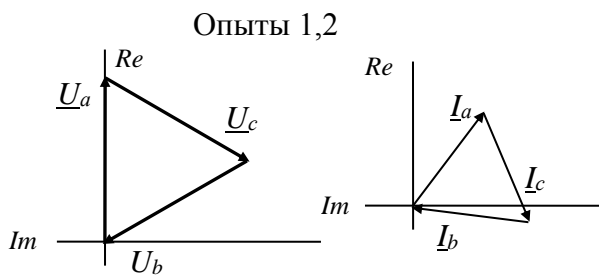
$$\underline{U}_a + \underline{U}_b + \underline{U}_c = -3\underline{U}_{00}.$$

$$\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0$$

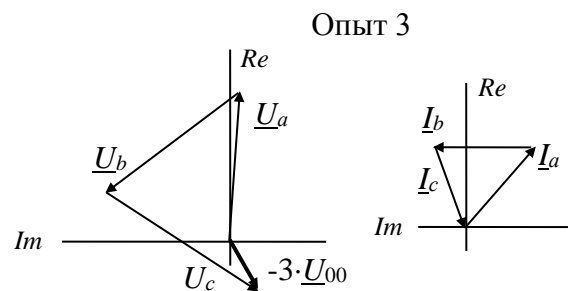
Для четных опытов отображаем:

$$\underline{U}_a + \underline{U}_b + \underline{U}_c = 0$$

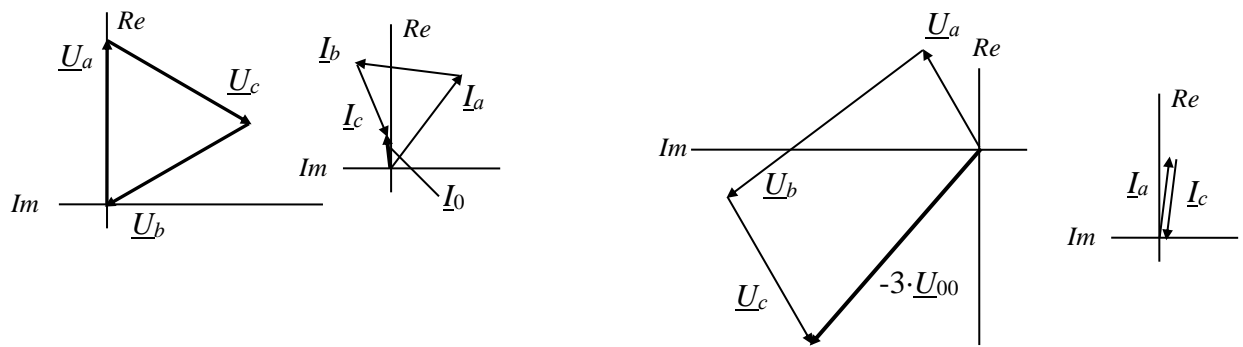
$$\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = \underline{I}_0$$



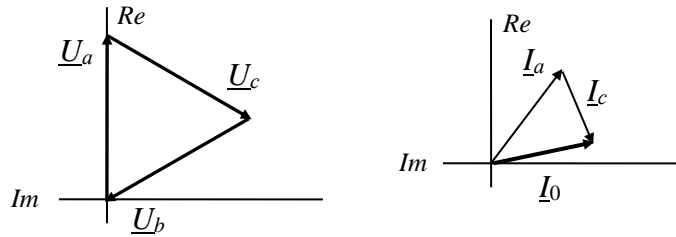
Опыт 4



Опыт 5



Опыт 6



V. Выводы по работе.

.....