

Министерство науки и высшего образования РФ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Кафедра ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Лабораторная работа № 10 по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

«Трёхфазная цепь, соединенная «треугольником»

Выполнил:	
Группа:	
Бригада:	
Подпись студента:	
Дата выполнения:	
Дата защиты:	
Оценка:	
Проверил:	
Подпись преподавателя:	

Москва 2025

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СПРАВКА

В трехфазных цепях фазы приемника могут соединяться в «звезду» или «треугольник». В лабораторной работе №9 рассматривалось соединение нагрузки в «звезду». Объектом исследования в настоящей работе является трехфазная цепь, в которой фазы приемника имеют схему соединения «треугольник».

1. Симметричный режим трехфазной цепи при соединении фаз приемника «треугольником».

Пусть сопротивления линейных проводов $\underline{Z}_{\text{л}}$ во всех фазах равны друг другу, а $\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca} = \underline{Z}$ (рис. 1). Тогда в цепи имеет место симметричный режим.

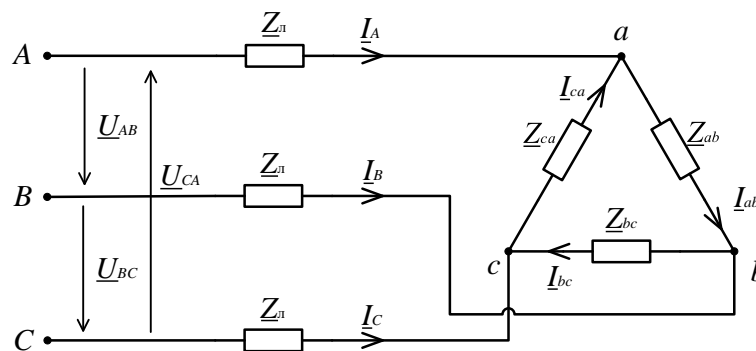


Рис. 1

Линейные напряжения источника:

$$\underline{U}_{AB} = \sqrt{3}U_{\phi} \angle 30^{\circ};$$

$$\underline{U}_{BC} = \sqrt{3}U_{\phi} \angle -90^{\circ};$$

$$\underline{U}_{CA} = \sqrt{3}U_{\phi} \angle 150^{\circ}.$$

При $\underline{Z}_{\text{л}} = 0$ фазные токи определяются из закона Ома (рис. 2а):

$$\underline{I}_{ab} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}}; \quad \underline{I}_{bc} = \frac{\underline{U}_{BC}}{\underline{Z}}; \quad \underline{I}_{ca} = \frac{\underline{U}_{CA}}{\underline{Z}}.$$

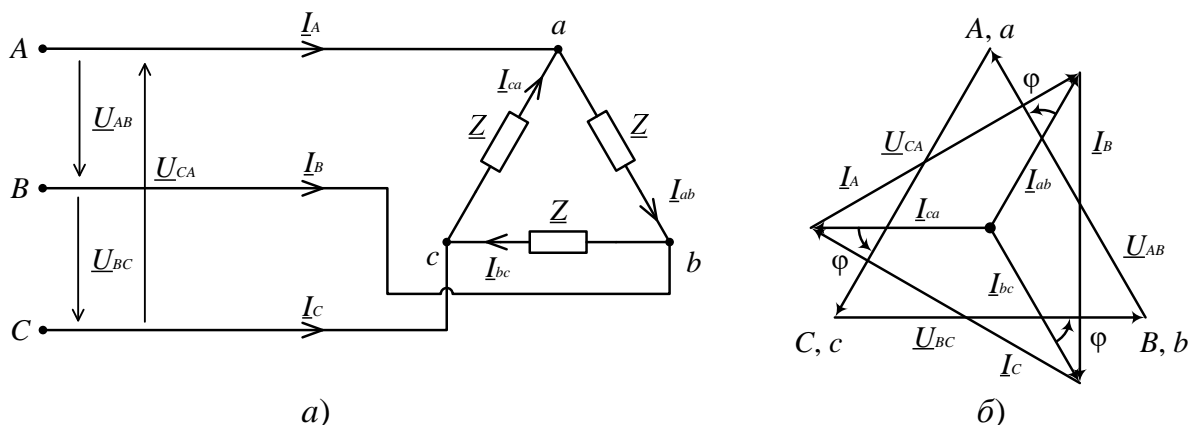


Рис. 2

Все фазные токи равны по модулю и сдвинуты по фазе относительно друг друга на 120° :

$$\underline{I}_{bc} = \underline{I}_{ab} \cdot 1 \angle -120^\circ; \quad \underline{I}_{ca} = \underline{I}_{ab} \cdot 1 \angle 120^\circ.$$

Линейные токи рассчитываются по первому закону Кирхгофа для узлов a , b и c :

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ca}; \quad \underline{I}_B = \underline{I}_{bc} - \underline{I}_{ab}; \quad \underline{I}_C = \underline{I}_{ca} - \underline{I}_{bc}.$$

На рис. 2б представлена векторная диаграмма. Комплексное значение тока \underline{I}_A находится из выражения:

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ca} = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ab} \cdot 1 \angle 120^\circ = \sqrt{3} \underline{I}_{ab} \cdot 1 \angle -30^\circ.$$

Таким образом, для симметричной нагрузки, соединенной в «треугольник», линейные токи больше фазных в $\sqrt{3}$ раз. При этом сдвиг фаз между ними составляет $\varphi_{Iл} - \varphi_{Iф} = -30^\circ$.

Если $\underline{Z}_{л} \neq 0$ (рис. 1), то проще всего осуществить преобразование «треугольник»-«звезда» для нагрузки и для полученной эквивалентной схемы замещения (рис. 3) найти линейные токи:

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{\frac{\underline{Z}}{3} + \underline{Z}_{л}}; \quad \underline{I}_B = \frac{\underline{U}_B}{\frac{\underline{Z}}{3} + \underline{Z}_{л}}; \quad \underline{I}_C = \frac{\underline{U}_C}{\frac{\underline{Z}}{3} + \underline{Z}_{л}}.$$

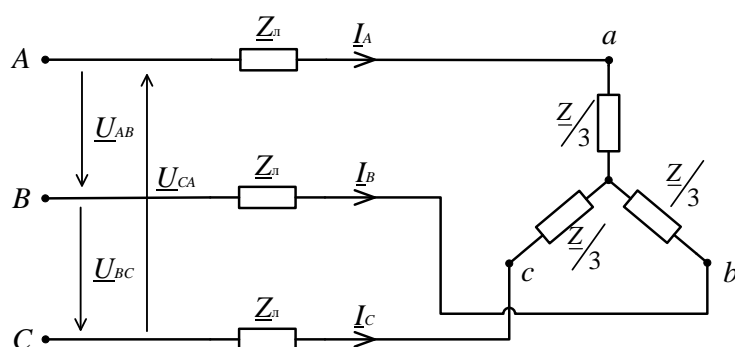


Рис. 3

Фазные токи «треугольника» (рис. 1) в дальнейшем могут быть найдены на основании законов Кирхгофа. Например, для тока \underline{I}_{ab} :

$$\underline{U}_{ab} = \underline{I}_A \frac{\underline{Z}}{3} - \underline{I}_B \frac{\underline{Z}}{3} = (\underline{I}_A - \underline{I}_B) \frac{\underline{Z}}{3},$$

$$\underline{I}_{ab} = \frac{\underline{U}_{ab}}{\underline{Z}_{ab}} = \frac{(\underline{I}_A - \underline{I}_B) \frac{\underline{Z}}{3}}{\underline{Z}} = \frac{\underline{I}_A - \underline{I}_B}{3}.$$

Токи \underline{I}_{bc} и \underline{I}_{ca} могут быть найдены аналогичным образом или с помощью оператора поворота $a = 1 \angle 120^\circ$:

$$\underline{I}_{bc} = a^2 \underline{I}_{ab},$$

$$\underline{I}_{ca} = a \underline{I}_{ab}.$$

2. Несимметричный режим трехфазной цепи при соединении фаз приемника «треугольником».

Если $\underline{Z}_{ab} \neq \underline{Z}_{bc} \neq \underline{Z}_{ca}$, то в цепи имеет на рис. 1 место несимметричный режим. При $\underline{Z}_{\Sigma} = 0$ фазные токи определяются по формулам:

$$\underline{I}_{ab} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_{ab}}; \quad \underline{I}_{bc} = \frac{\underline{U}_{BC}}{\underline{Z}_{bc}}; \quad \underline{I}_{ca} = \frac{\underline{U}_{CA}}{\underline{Z}_{ca}}.$$

При этом в общем случае при несимметричной нагрузке $I_{\Sigma} \neq \sqrt{3}I_{\phi}$.

Если $\underline{Z}_{\Sigma} \neq 0$, то для расчета цепи необходимо применить преобразование «треугольник»-«звезда» (рис. 4), как и при симметричной нагрузке.

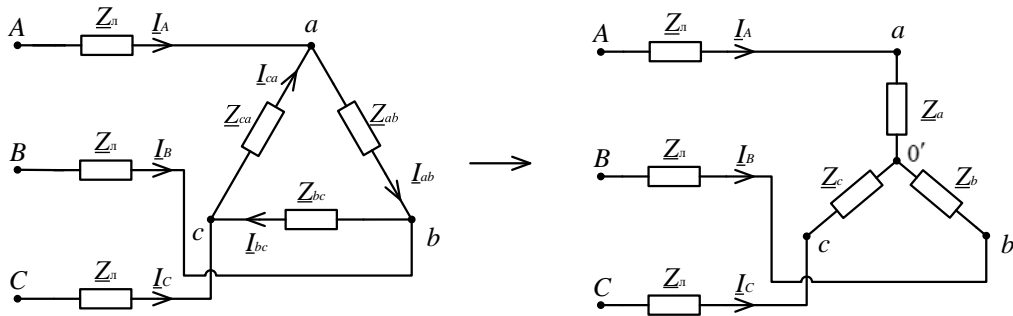


Рис. 4

Рассчитывается напряжение смещения нейтрали:

$$\underline{U}_{0'0} = \frac{\frac{\underline{U}_A}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_a} + \frac{\underline{U}_B}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_b} + \frac{\underline{U}_C}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_c}}{\frac{1}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_a} + \frac{1}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_b} + \frac{1}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_c}}.$$

Линейные токи определяются в соответствии с выражениями:

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A - \underline{U}_{0'0}}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_a}, \quad \underline{I}_B = \frac{\underline{U}_B - \underline{U}_{0'0}}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_b}, \quad \underline{I}_C = \frac{\underline{U}_C - \underline{U}_{0'0}}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_c}.$$

Фазные напряжения нагрузки:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a0'} &= \underline{I}_A \underline{Z}_a = \frac{\underline{U}_A - \underline{U}_{0'0}}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_a} \underline{Z}_a, \\ \underline{U}_{b0'} &= \underline{I}_B \underline{Z}_b = \frac{\underline{U}_B - \underline{U}_{0'0}}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_b} \underline{Z}_b, \\ \underline{U}_{c0'} &= \underline{I}_C \underline{Z}_c = \frac{\underline{U}_C - \underline{U}_{0'0}}{\underline{Z}_{\Sigma} + \underline{Z}_c} \underline{Z}_c. \end{aligned}$$

Линейные напряжения нагрузки:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{ab} &= \underline{U}_{a0'} - \underline{U}_{b0'}, \\ \underline{U}_{bc} &= \underline{U}_{b0'} - \underline{U}_{c0'}, \\ \underline{U}_{ca} &= \underline{U}_{c0'} - \underline{U}_{a0'}. \end{aligned}$$

Фазные токи определяются по формулам:

$$\underline{I}_{ab} = \frac{U_{ab}}{\underline{Z}_{ab}}; \quad \underline{I}_{bc} = \frac{U_{bc}}{\underline{Z}_{bc}}; \quad \underline{I}_{ca} = \frac{U_{ca}}{\underline{Z}_{ca}}.$$

3. Мощности в трехфазной цепи.

Трехфазная система, в которой генератор, линия и нагрузка симметричны, называется уравновешенной. Активная мощность трехфазного источника (потребителя) в уравновешенной системе определяется в соответствии с выражением:

$$\begin{aligned} P &= P_a + P_b + P_c = U_a I_a \cos \varphi_a + U_b I_b \cos \varphi_b + U_c I_c \cos \varphi_c = \\ &= U_\phi I_\phi \cos \varphi + U_\phi I_\phi \cos \varphi + U_\phi I_\phi \cos \varphi = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi. \end{aligned}$$

В приведенном соотношении φ представляет сдвиг фаз между фазным напряжением и фазным током.

При соединении фаз приемника по схеме «звезда» $U_\phi = U_\text{л} / \sqrt{3}$ и $I_\phi = I_\text{л}$, а по схеме «треугольник» – $U_\phi = U_\text{л}$ и $I_\phi = I_\text{л} / \sqrt{3}$. В таком случае при любой схеме соединения нагрузки активная мощность может быть определена в соответствии с выражением:

$$P = \sqrt{3} U_\text{л} I_\text{л} \cos \varphi.$$

Аналогичным образом определяют реактивную мощность:

$$Q = \sqrt{3} U_\text{л} I_\text{л} \sin \varphi.$$

Полная мощность в уравновешенной системе равна:

$$S = \sqrt{3} U_\text{л} I_\text{л}.$$

Коэффициент мощности симметричной трехфазной системы:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}.$$

В трехпроводной трехфазной цепи для измерения активной мощности применяют схему двух ваттметров (рис. 5). Она применима как для симметричной, так и для несимметричной трехфазной цепи.

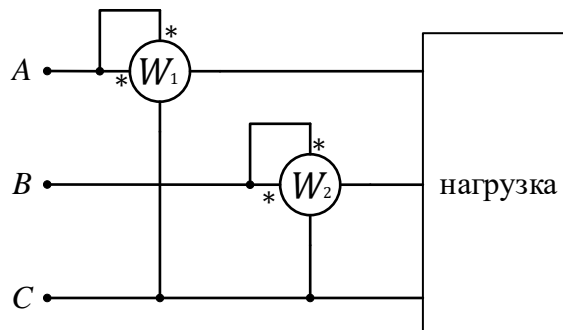


Рис. 5

Активная мощность нагрузки в таком случае равна сумме показаний ваттметров:

$$P = P_{W1} + P_{W2}.$$

Измерить активную мощность с помощью двух ваттметров можно и иным образом (рис. 6).

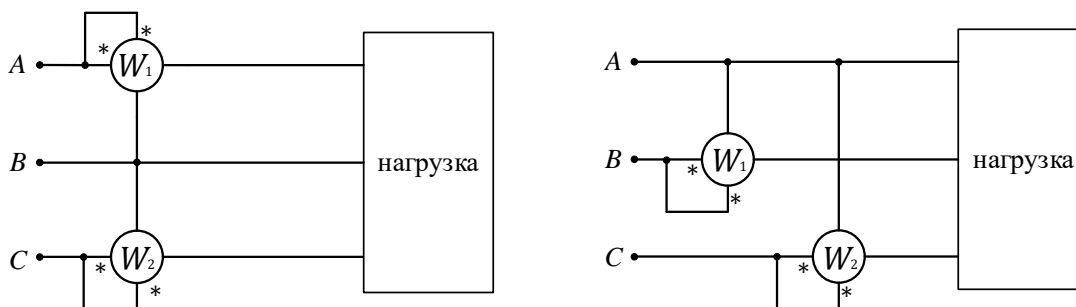


Рис. 6

При симметричном режиме реактивную мощность также можно измерить по схеме рис. 5. В этом случае реактивная мощность равна разности показаний ваттметров:

$$Q = \sqrt{3}(P_{W2} - P_{W1}).$$

4. Компенсация реактивной мощности

Компенсация реактивной мощности является, в первую очередь, электроэнергетическим понятием. Она необходима для того, чтобы уменьшить реактивную мощность эквивалентной трехфазной нагрузки, подключаемой к генератору (электроэнергетики при этом говорят, что компенсация реактивной мощности позволяет снизить реактивную мощность, передаваемую от источника к нагрузке).

На практике, как правило, сопротивления реальных потребителей имеют активно-индуктивный характер. В связи с этим для компенсации реактивной мощности в трехфазных электрических цепях обычно производится подключение параллельно с пассивными элементами (реальными потребителями) конденсаторов (конденсаторных батарей), как показано на рис. 7. В электроэнергетике это позволяет достичь ряда положительных эффектов:

- снизить значение тока в линии и, как следствие, увеличить КПД электропередачи;
- уменьшить модуль падения напряжения в линии;
- повысить коэффициент мощности.

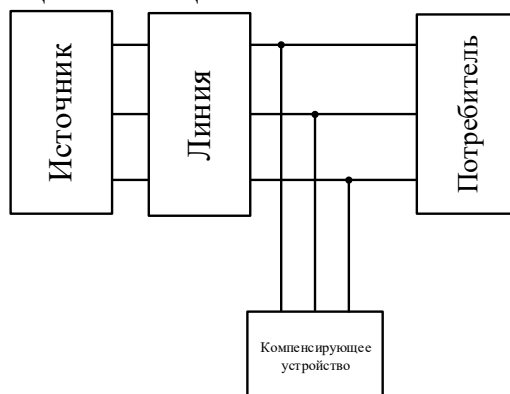


Рис. 7

Анализировать влияние компенсации реактивной мощности на режим трехфазной цепи на рис. 3П удобно с помощью эквивалентной однофазной схемы (рис. 8а), полученной в результате преобразования «треугольник»-«звезда». Векторная диаграмма, иллюстрирующая процесс компенсации в этой схеме, приведена на рис. 8б. Векторная диаграмма построена при условии, что линейные провода считаются идеальными $R_1 + R_A \approx 0$. Представленные ниже рассуждения справедливы и для соединений нагрузки в «звезду».

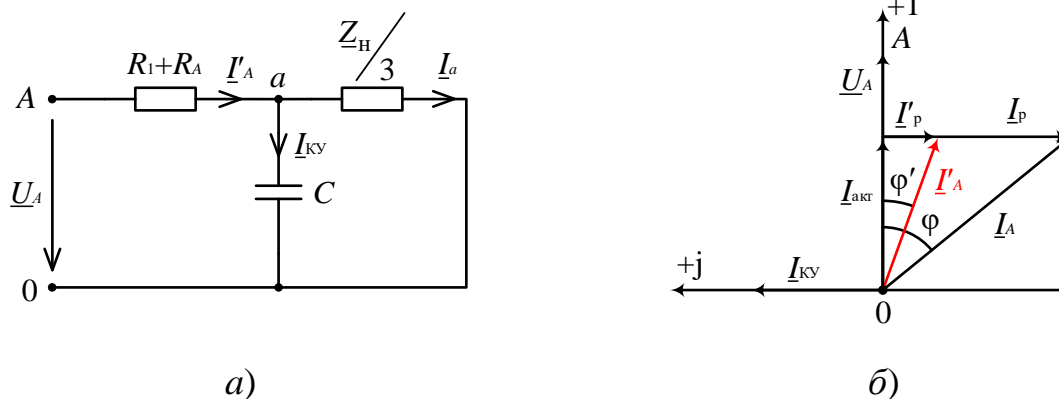


Рис. 8

После компенсации реактивной мощности для цепи имеем:

$$\underline{I}'_A = \underline{I}_A + \underline{I}_{KV}.$$

Здесь $\underline{I}_A = \underline{I}_a$ и представляет ток в цепи до компенсации.

Из векторной диаграммы (рис. 8б) видно, что после компенсации реактивной мощности ток в линии уменьшается по модулю ($I'_A < I_A$), также как и значение разности фаз между напряжением и током φ ($\varphi' < \varphi$).

Следует подчеркнуть, что реактивная мощность самого приемника зависит только от условий его работы, а компенсация происходит на входе приемника с параллельно включенным компенсирующим устройством.

Комплексная мощность трехфазного симметричного приемника \underline{S}_H при активно-индуктивном характере нагрузки равна:

$$\underline{S}_H = P_H + jQ_H,$$

где P_H , Q_H – соответственно активная и реактивная мощности приемника.

Для оценки значения реактивной мощности потребителя используется коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg} \varphi_H$:

$$\operatorname{tg} \varphi_H = \frac{Q_H}{P_H}.$$

Модуль реактивной мощности конденсатора для рассматриваемой однофазной схемы (рис. 8а) и во всех трех фазах:

$$|Q_C| = \frac{U_{ao}^2}{X_C},$$

$$|Q_{3C}| = 3 \frac{U_{ao}^2}{X_C} = \frac{U_{ab}^2}{X_C}.$$

Комплексная мощность эквивалентной нагрузки (то есть параллельно включенных симметричного приемника с активно-индуктивным характером сопротивления и конденсаторов) после компенсации реактивной мощности:

$$\underline{S}_H = P_H + jQ_{\text{КОМП}} = P_H + j(Q_H - Q_{3C}).$$

Коэффициент реактивной мощности после компенсации $\text{tg}\varphi_{\text{КОМП}}$ равен:

$$\text{tg}\varphi_{\text{КОМП}} = \frac{Q_H - Q_{3C}}{P_H}.$$

При $R_1 + R_A \approx 0$ активная мощность приемника P_H в результате компенсации не изменится. Это обусловлено тем, что напряжение потребителя равно напряжению источника. В таком случае при необходимости компенсировать реактивную мощность до некоторого заданного уровня, характеризуемого $\text{tg}\varphi_{\text{КОМП}}$, модуль реактивной мощности устанавливаемых конденсаторов можно найти в соответствии с выражением:

$$|Q_{3C}| = Q_H - P_H \text{tg}\varphi_{\text{КОМП}} = P_H (\text{tg}\varphi_H - \text{tg}\varphi_{\text{КОМП}}).$$

На практике линейные проводники являются неидеальными. Наличие сопротивлений у линейных проводов приводит к возрастанию напряжения на приемнике и, как следствие, увеличению его мощности. Как правило, эти изменения незначительны. При этом рассуждения, представленные выше, по большей части остаются справедливыми.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является экспериментальное исследование симметричных и несимметричных режимов работы трехфазной цепи при соединении приемника «треугольником». Для приемника с резистивно-индуктивной нагрузкой исследуется возможность компенсации реактивной мощности.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В качестве источника симметричного трехфазного напряжения используют модуль **ТРЕХФАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ (UZ)** с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 12$ В. Обмотки трехфазного источника соединены в «звезду», фазы приемника соединяются в «треугольник».

Исследуются 2 типа приемников: резистивный и активно-индуктивный.

В цепи с резистивным приемником цепи соединения выполняются по схеме рис. 1П. Фазы приемника в этой схеме состоят только из резисторов **МОДУЛЯ РЕЗИСТОРОВ**.

В цепи с активно-индуктивным приемником (рис. 2П) источник близок к идеальному, фаза приемника состоит из последовательного соединения идеальных индуктивных катушек с индуктивностью L_a (L_b , L_c) **ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ** и неидеальных индуктивных катушек **МОДУЛЯ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** с индуктивностью $L_{\text{н}}$. Неидеальные индуктивные катушки имеют активное сопротивление $R_{\text{н}}$.

Амперметры A_{ab} , A_{ab} , A_{ab} , расположенные в фазах нагрузки, имеют внутреннее сопротивление $R_A \approx 10$ Ом. Между источником и приемником включены амперметры A_A , A_B , A_C с внутренним сопротивлением $R_A \approx 10$ Ом. Сопротивления этих амперметров вместе с резистивным сопротивлением R_1 имитируют сопротивления соединительных проводов линии.

Для измерения фазных и линейных токов используются амперметры электромагнитной системы из блока **МОДУЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ**, напряжения измеряют **МУЛЬТИМЕТРОМ** в режиме вольтметра, вольтметром **PV** (2–15 В) из блока **МОДУЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ** и **ЭЛЕКТРОННЫМ ВОЛЬТМЕТРОМ**. Активные и реактивные мощности измеряют методом двух ваттметров с помощью **МОДУЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ И ФАЗЫ** по схеме рис. 4. В симметричной трехфазной цепи в лабораторных условиях удобно применять метод двух ваттметров, используя схему на рис. 2 с одним ваттметром. Для этого реализуют два режима:

1. Измеряют мощность P_{W1} по схеме рис. 2;
2. Меняют фазы A и C местами у источника и измеряют мощность P_{W2} ;
3. Вычисляют мощности по формулам $P = P_{W1} + P_{W2}$, $Q = \sqrt{3}(P_{W2} - P_{W1})$.

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

3.1. Для схемы на рис. 1П ($U_{\text{л}} = 12$ В) рассчитать токи, построить векторную диаграмму токов и напряжений для следующих режимов:

- а) симметричный режим с резистивным приемником R (см. табл. 1П);
- б) обрыв в одной из фаз приемника (в остальных фазах остается резистивная нагрузка);

в) обрыв в линейном проводе (нагрузка в фазах – резистивная).

3.2. Для схемы на рис. 2П с симметричным активно-индуктивным приемником рассчитать токи, активную и реактивную мощность, коэффициент мощности $\cos\varphi$ приемника. Фаза приемника состоит из последовательного соединения индуктивных катушек L_a (L_b , L_c) **ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ**, индуктивных катушек **МОДУЛЯ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** L и подключается к выводам abc . Индуктивные катушки L содержат также активное сопротивление R . На схеме рис. 2П параметры катушки указаны как L_n и R_n . Данные для расчета берутся из табл. 1П.

3.3. Определить коэффициент мощности нагрузки после подключения компенсирующего устройства (КУ) (рис. 3П).

3.4. Записать формулы для определения активной P и реактивной мощностей Q , коэффициента мощности $\cos\varphi$ после компенсации в трехфазной цепи (относительно выводов abc) по показаниям приборов в схеме на рис. 2П (см. Теоретическую справку).

Варианты задания, значения параметров элементов схем R , R_1 , L_a (L_b , L_c), R_n , L_n , емкости конденсаторов компенсирующего устройства (КУ) C приведены в табл. 1П. Сопротивления всех амперметров при расчетах принять равным $R_A=10$ Ом.

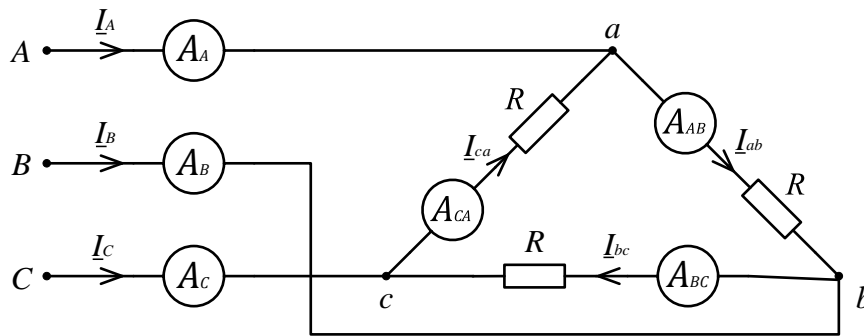


Рис. 1П

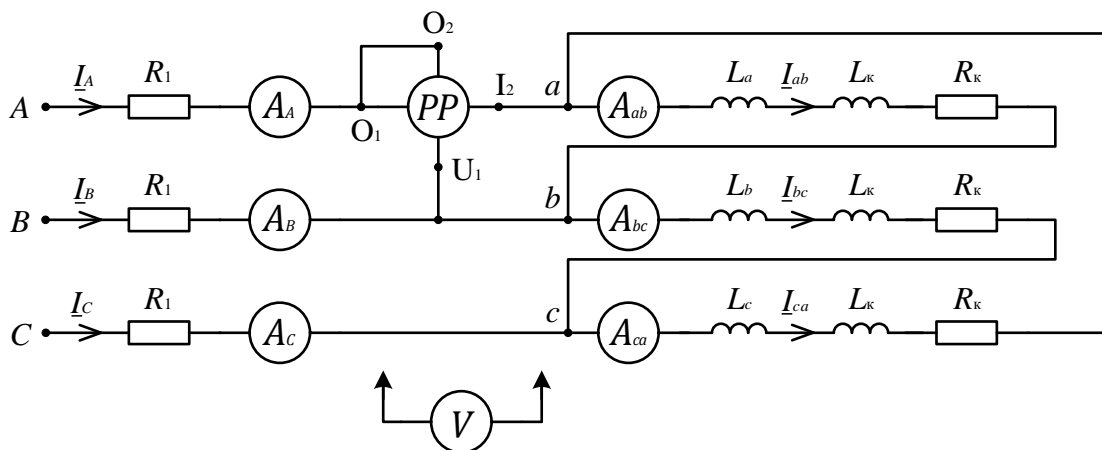


Рис. 2П

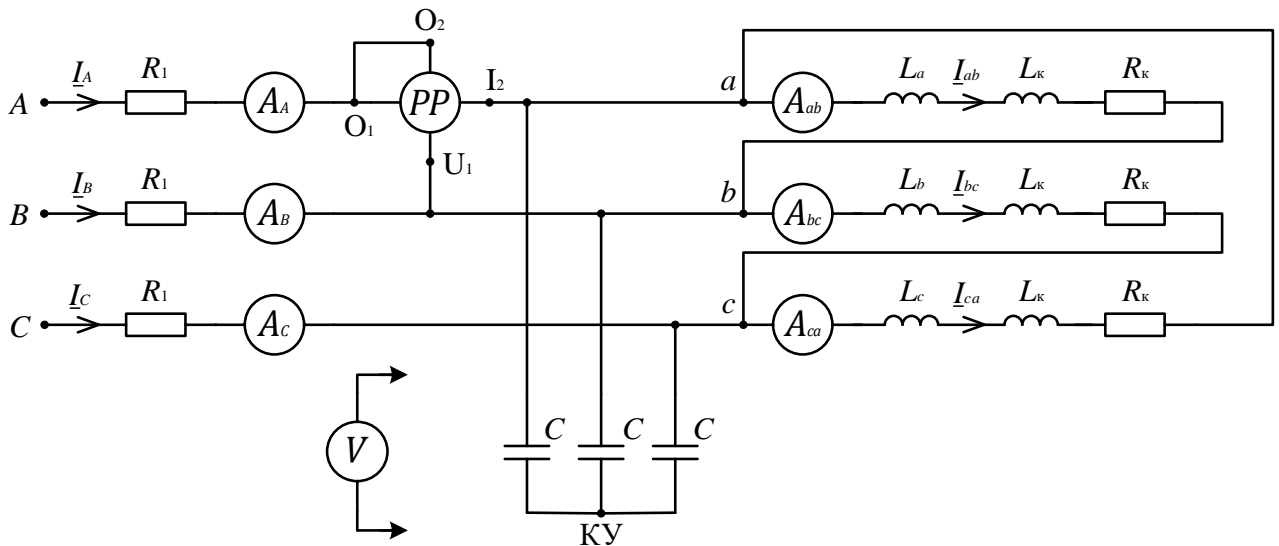


Рис. 3П

Таблица 1П

№ Бригады	Режимы и параметры трехфазной цепи с резистивной нагрузкой (схема – рис. 1П)			Параметры трехфазной цепи с активно- индуктивной нагрузкой (схема – рис. 2П) и подключенным КУ (схема – рис. 3П)				
	Обрыв в фазе нагрузки	Обрыв в линейном проводе	$R, \text{ Ом}$	$R_1, \text{ Ом}$	$L_a, \text{ мГн}$	$R_n, \text{ Ом}$	$L_n, \text{ мГн}$	$C, \text{ мкФ}$
1,7	А-В	А	100	10	125	40	40	22
2,8	А-В	В	150	10	125	50	50	33
3,9	С-А	С	100	10	125	60	60	47
4,10	В-С	А	100	10	125	40	40	22
5,11	В-С	В	150	10	125	50	50	33
6,12	С-А	С	150	10	125	60	60	47

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ДОПУСКА СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ

1. Обозначить на схеме рис. 1П линейные и фазные токи и напряжения. Как измерить эти величины?
2. Рассказать последовательность выполнения измерений в цепи на рис. 1П при различных режимах работы цепи: в симметричном режиме, обрыве линейного провода, обрыве фазы нагрузки.
3. Рассказать последовательность выполнения работы в цепи с активно-индуктивной нагрузкой (рис. 2П).
4. Какие величины и каким образом необходимо измерить в цепи на рис. 2П в рабочем задании работы?
5. Рассказать последовательность нахождения коэффициента мощности приемника в цепи на рис. 2П.
6. Как измерить активную и реактивную мощности в цепи приемника с параллельно включенным компенсатором на рис. 3П?
7. Как измерить коэффициент мощности в цепи на рис. 3П?
8. Для чего подключают конденсаторы в схеме на рис. 3П? Какие величины будут изменяться в цепи на рис. 3П после их подключения?

5. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Симметричный режим в цепи с резистивной нагрузкой (рис. 1П)

5.1. Собрать цепь по схеме на рис. 1П с измерительными приборами:

- Собрать трехфазный генератор модуля **ТРЕХФАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ** по схеме «звезда»

- Регулятором напряжения **RP** установить фазное напряжение трехфазного источника питания U_{AB} (соответствует напряжению U_{13} в обозначениях выводов источника на стенде) равным 12 В (проверить подключением вольтметра **PV**).

- Установить в блоке **МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ** сопротивления фаз R из табл. 1П.

- Проверить собранную цепь в присутствии преподавателя.

- Включить тумблер **SA** модуля **ТРЕХФАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ** и автоматический выключатель **QF** блока **МОДУЛЬ ПИТАНИЯ**.

5.2. Измерить линейные и фазные токи амперметрами из блока **МОДУЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ**. Измеренные значения занести в табл. 2П протокола измерений. По результатам измерений построить векторные диаграммы токов и напряжений.

Несимметричный режим в цепи с резистивной нагрузкой (рис.1П)

5.3. Выполнить обрыв нагрузки в фазе, рассмотренной в Подготовке к работе (см. табл. 1П). Измерить линейные и фазные токи; полученные значения занести в табл. 2П. По результатам измерений построить векторные диаграммы токов и напряжений.

5.4. Сделать обрыв линейного провода в фазе, рассмотренной в Подготовке к работе (см. табл. 1П). Измерить линейные и фазные токи, полученные значения занести в табл. 2П. По результатам измерений построить векторные диаграммы токов и напряжений.

Симметричный режим при активно-индуктивной нагрузке (рис. 2П)

5.5. Собрать цепь по схеме рис. 2П с измерительными приборами. Выполнить измерения действующих значений линейных и фазных токов, линейных напряжений в приемнике U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , занести данные в табл. 3П.

Ваттметром модуля **ИЗМЕРИТЕЛЬ ФАЗЫ** определить показания P_1 , затем, поменяв местами фазу A на фазу C источника, измерить P_2 и занести данные в табл. 3П. Рассчитать активную, реактивную мощности и коэффициент мощности приемника.

Компенсация реактивной мощности (рис. 3П)

5.6. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 3П. Выполнить измерения действующих значений линейных и фазных токов, напряжений U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , занести данные в табл. 4П. Рассчитать активную и реактивную мощности, коэффициент мощности приемника с параллельно включенным компенсатором. Измерения токов проводить также как в п. 5.5.

5.7. Протокол измерений утвердить и подписать у преподавателя. Выключить автоматический выключатель **QF** блока **МОДУЛЬ ПИТАНИЯ**, тумблер **Сеть** модуля **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР** и **ОСЦИЛЛОГРАФ**.

6. ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 10

Симметричный и несимметричный режимы

Линейные напряжения источника $U_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ В; $U_{BC} = \underline{\hspace{2cm}}$ В; $U_{CA} = \underline{\hspace{2cm}}$ В.

Сопротивление нагрузки $R = \underline{\hspace{2cm}}$ Ом.

Таблица 2П

Режим работы цепи	I _A , мА	I _B , мА	I _C , мА	I _{AB} , мА	I _{BC} , мА	I _{CA} , мА
1. Симметричный						
2. Обрыв фазы нагрузки						
3. Обрыв линейного провода						

Симметричный режим при активно-индуктивной нагрузке

Таблица 3П

I _A , мА	I _B , мА	I _C , мА	I _{AB} , мА	I _{BC} , мА	I _{CA} , мА	P ₁ , Вт	P ₂ , Вт

$U_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}$ В; $U_{bc} = \underline{\hspace{2cm}}$ В; $U_{ca} = \underline{\hspace{2cm}}$ В.

Расчеты:

$P = \underline{\hspace{2cm}}$ Вт; $Q = \underline{\hspace{2cm}}$ вар;

$\text{tg}\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$; $\cos\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$.

Компенсация реактивной мощности

Емкость компенсирующего конденсатора $C = \underline{\hspace{2cm}}$ мкФ.

Таблица 4П

I _A ', мА	I _B ', мА	I _C ', мА	I _{AB} ', мА	I _{BC} ', мА	I _{CA} ', мА	P ₁ , Вт	P ₂ , Вт

$U_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}$ В; $U_{bc} = \underline{\hspace{2cm}}$ В; $U_{ca} = \underline{\hspace{2cm}}$ В.

Расчеты:

$P = \underline{\hspace{2cm}}$ Вт; $Q = \underline{\hspace{2cm}}$ вар;

$\text{tg}\varphi' = \underline{\hspace{2cm}}$; $\cos\varphi' = \underline{\hspace{2cm}}$.

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Корректно оформленная подготовка к работе.
2. Нарисовать схемы замещения трехфазной цепи для каждого опыта, указав условно-положительные направления токов и измерительные приборы.
3. По результатам измерений провести необходимые расчеты и построить векторные диаграммы токов и напряжений для симметричного и несимметричного режимов работы трехфазной цепи (рис. 1П).
4. По результатам измерений провести необходимые расчеты и построить векторные диаграммы токов и напряжений для опытов с симметричной активно-индуктивной нагрузки и режима компенсации реактивной мощности (рис. 2П, 3П).
5. Сделать письменный вывод о проделанной работе.

8. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. Рассчитать токи в цепи рис. 1П при симметричном резистивном приемнике с сопротивлением $R=200$ Ом.
2. Рассчитать токи в цепи рис. 1П при обрыве фазы приемника, если $R=200$ Ом.
3. Рассчитать токи в цепи рис. 1П при обрыве линейного провода, если $R=180$ Ом.
4. Найти активную мощность в цепи рис. 1П при симметричном резистивном приемнике с сопротивлением $R=200$ Ом.
5. Рассчитать токи в цепи рис. 1П при симметричном активно-индуктивном приемнике с сопротивлениями $R=80$ Ом и $X=60$ Ом.
6. Рассчитать активную мощность в цепи рис. 2П при симметричном активно-индуктивном приемнике с сопротивлениями $R=80$ Ом и $X=60$ Ом.
7. Рассчитать реактивную мощность в цепи рис. 2П при симметричном активно-индуктивном приемнике с сопротивлениями $R=60$ Ом и $X=80$ Ом.
8. Найти коэффициент мощности в цепи рис. 1П при симметричном активно-индуктивном приемнике с сопротивлениями $R=80$ Ом и $X=60$ Ом.
9. По значениям табл. 3П рассчитать линейное напряжение на приемнике U_{ab} .
10. По значениям табл. 3П рассчитать активную мощность трехфазного источника на рис. 2П.
11. По значениям табл. 3П рассчитать реактивную мощность трехфазного источника на рис. 2П.
12. По значениям табл. 4П рассчитать коэффициент мощности трехфазного источника на рис. 3П.
13. По значениям табл. 4П рассчитать активную мощность трехфазного источника на рис. 3П.
14. По значениям табл. 4П рассчитать реактивную мощность трехфазного источника на рис. 3П.