

Министерство образования и науки Челябинской области

ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ**

по дисциплине: **ОП.03 Основы электротехники**

по специальности **08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

г. Троицк, 2023 г.

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Основы электротехники» по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Разработчик: Перфильева Л.С., преподаватель профессионального цикла высшей квалификационной категории.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля

Протокол № 6 от «30» мая 2023 г.

**Содержание:**

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ
3. Требования к технике безопасности при выполнении работ
4. Тематика и содержание лабораторных работ
5. Список используемой литературы.

## **1. Пояснительная записка**

Целью проведения лабораторных работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования общих и профессиональных компетенций

Согласно учебного плана и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение лабораторных работ составляет 6 часов.

## **2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета, критерии оценивания работ.**

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.

4. Перечень оборудования и приборов.
3. Электрическую схему работы, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Расчетные формулы и примеры расчетов. Таблицу с экспериментальными и расчетными данными.
5. Выводы по работе.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД на листах формата А4 разборчивым почерком чернилами одного цвета (синего или черного). Чертежи, схемы выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов.

Каждую лабораторную работу начинают с нового листа, на который нанесена рамка рабочего поля со штампом (приложение 1). Рамки отстоят от внешней стороны листа слева на 20 мм, от других сторон на 5 мм.

Описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Титульный лист оформляется в соответствии со стандартом техникума.

### **3. Требования к технике безопасности при выполнении работ**

1. Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, ход ее выполнения.
2. Приступить к выполнению работы учащиеся могут только с разрешения преподавателя.
3. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны, точно выполняйте указания преподавателя.
4. Учащимся категорически запрещается доступ к распределительным щитам и установкам, не относящимся к выполняемой ими работы.
5. Не оставляйте рабочее место без разрешения преподавателя.
6. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.
7. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.
8. Производите сборку электрических цепей, переключения в них только при отключенном источнике питания.

9. Не включайте источники электропитания без разрешения преподавателя.
10. Проверяйте наличие напряжения на источнике питания или других частях электроустановки с помощью указателя напряжения.
11. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники, при сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно зажимайте клеммами. Выполняйте наблюдения и измерения, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным проводам (токоведущим частям, находящимся под напряжением).
12. Не прикасайтесь к конденсаторам даже после отключения электрической цепи от источника электропитания: их сначала нужно разрядить.
13. По окончании работы отключите источники электропитания, после чего разберите электрическую цепь.
14. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом преподавателю.
15. В случае аварии, во время работы НЕМЕДЛЕННО отключить питающий автомат.

#### **4. Тематика и содержание лабораторных работ**

##### **Перечень лабораторных работ**

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Тема
1	Изучение способов соединения резисторов	2	2
2	Исследование однофазной цепи переменного тока.	2	3
3	Исследование трехфазных цепей при соединении потребителя «звездой» и «треугольником».	2	3

## Лабораторная работа №1

**Тема работы:** Изучение способов соединения резисторов.

**Цель работы:** проверить на опыте особенности последовательного и параллельного соединения резисторов.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд «Уралочка», магазины сопротивлений - 3шт., мультиметры - 4шт., методические указания по выполнению лабораторных работ.

### Краткие теоретические сведения

Последовательное соединение резисторов – это такое соединение, когда к концу одного резистора присоединяется начало второго, к концу второго – начало третьего и т.д. и при этом образуется неразветвленная цепь или участок цепи. Для последовательного соединения характерно то, что во всех этих резисторах возникает одинаковый ток, а падения напряжения на них пропорциональны сопротивлениям:

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2 \quad U_3 = IR_3$$

Каждое сопротивление можно найти по формуле:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}, \quad R_2 = \frac{U_2}{I}, \quad R_3 = \frac{U_3}{I}$$

Падение напряжения на всём участке цепи равно сумме падений напряжений на каждом резисторе:  $U=U_1+U_2+U_3$

Эквивалентное сопротивление участка цепи равно сумме сопротивлений каждого резистора  $R_{\text{экв}}=R_1+R_2+R_3$

Если же к концам участка вместо трёх резисторов подключить эквивалентный резистор с сопротивлением и подать такое напряжение  $U$ , то в участке установится ток такой же силы  $I$ , что и при последовательном соединении резисторов:

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}}$$

Следовательно,  $R_{\text{экв}} = \frac{U}{I}$

Если сопротивление резисторов  $R_1=R_2=R_3=R$ , то эквивалентное соединение  $R_{\text{экв}} = n \cdot R$ , где  $n$  – число последовательно соединенных резисторов.

Мощность резисторов можно определить по формулам:

$$P_1 = U_1 I = I^2 R_1 = \frac{U_1^2}{R}; \quad P_2 = U_2 I = I^2 R_2 = \frac{U_2^2}{R_2};$$

Мощность всего участка с последовательным соединением резисторов:

$$P = UI = I^2 R_{\text{экв}} = \frac{U^2}{R_{\text{экв}}}$$

Параллельное соединение резисторов - это такое соединение, когда начала всех резисторов соединены в одну точку, а концы в другую. Для параллельного соединения характерно одинаковое падение напряжения на каждом резисторе и на всем участке:  $U_1=U_2=U_3=U$ . Сила токов в параллельных ветвях обратно пропорциональна сопротивлениям:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Каждое сопротивление можно найти по формуле:

$$R_1 = \frac{U}{I_1} \quad R_2 = \frac{U}{I_2} \quad R_3 = \frac{U}{I_{31}}$$

Сила тока в неразрывной части цепи равна сумме сил токов всех ветвей:  $I=I_1+I_2+I_3$

Эквивалентное сопротивление двух ветвей:  $R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)}$ ,

трёх ветвей:  $R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}$

Большое количество ветвей можно группировать по две или три, а затем аналогично находить эквивалентное сопротивление.

Если сопротивления ветвей равны, то эквивалентное сопротивление участка:  $R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R}{n}$ , где  $n$  - число параллельных ветвей.

Эквивалентная проводимость при параллельном соединении определяется как сумма проводимостей всех ветвей:

$$G_{\text{ЭКВ}} = G_1 + G_2 + G_3,$$

где:  $G_1 = \frac{1}{R_1} G_3 = \frac{1}{R_3} G_2 = \frac{1}{R_{21}}$  - проводимость ветвей.

Для  $n$ -одинаковых резисторов эквивалентная проводимость  $G_{\text{ЭК}} = n \cdot G$

Сила токов в ветвях находится по формуле:

$$I_1 = U G_1 I_2 = U G_2 I_3 = U G_3$$

Мощность, поглощаемая резисторами при параллельном соединении, можно рассчитать по формулам, аналогичным для последовательного соединения:

$$P_1 = U I_1 = I_1^2 R_1 = \frac{U^2}{R_1} = U^2 G_1 \quad P_2 = U I_2 = I_2^2 R_2 = \frac{U^2}{R_2} = U^2 G_2$$

Электрическая энергия, выработанная источником, в потребителях переходит в другие виды энергии: тепловую, механическую, и т.д. поэтому будет справедливо уравнение, называемое балансом мощностей:  $P=P_1+P_2+P_3$ , где  $P=EI$  - мощность источника энергии,  $P_1, P_2, P_3$  - мощности потребителей.

## **Задание**

- Изобразить схему последовательного соединения трёх резисторов с измерительными приборами и схему параллельного соединения этих резисторов, необходимую для достижения поставленной цели. Ознакомить преподавателя со схемой.
- Для цепи с последовательным соединением рассчитать сопротивление и мощность каждого резистора, эквивалентное сопротивление, а также мощность всей цепи. Результаты расчётов записать в табл. 1. Проверить баланс мощностей.
- Для цепи с параллельным соединением рассчитать сопротивление, проводимость и мощность каждого резистора и всей цепи, результаты расчётов записать в табл. 2. Проверить баланс мощностей.

## **Порядок выполнения работы**

- Собрать цепи из последовательно соединенных резисторов и показать её преподавателю для проверки.
- Включить цепь, установить необходимое напряжение. Измерить силу тока в цепи, падения напряжения на каждом участке при двух-трех значениях сопротивлений. Результаты записать в таблицу 1.

Таблица 1

Из опыта					Из расчёта								
I, А	U <sub>1</sub> , В	U <sub>2</sub> , В	U <sub>3</sub> , В	U, В	R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	R <sub>3</sub> , Ом	R, Ом	P <sub>1</sub> , Вт	P <sub>2</sub> , Вт	P <sub>3</sub> , Вт	P, Вт	

- Собрать цепь для параллельного соединения резисторов и показать все преподавателю для проверки.
- Включить цепь, установить необходимое напряжение и измерять силу токов в ветвях при двух-трех значениях сопротивлений. Результаты записать в таблицу 2.

Таблица 2.

Из опыта					Из расчёта											
U В	I <sub>1</sub> А	I <sub>2</sub> А	I <sub>3</sub> А	I <sub>4</sub> А	R <sub>1</sub> Ом	R <sub>2</sub> Ом	R <sub>3</sub> Ом	R <sub>ЭК</sub> Ом	G <sub>1</sub> , См	G <sub>2</sub> См	G <sub>3</sub> См	G <sub>ЭК</sub> См	P <sub>1</sub> , Вт	P <sub>2</sub> , Вт	P <sub>3</sub> , Вт	P, Вт

- По лабораторной работе сделать выводы относительно:

- а) распределения напряжения на резисторах при последовательном соединении;
  - б) распределение тока в ветвях при параллельном соединении резисторов.
  - в) подтверждение первого и второго законов Кирхгофа.
  - г) причины неполного совпадения расчетных и опытных результатов.
- Выводы записать в отчёт.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют последовательным и параллельным соединением?
2. Запишите формулы: для расчёта эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении.
3. Сформируйте первый и второй законы Кирхгофа.
4. Сформулируйте и запишите закон Ома для участка цепи и для полной цели.
6. На каком из последовательно соединенных двух разных по величине резисторов будет больше падение напряжения?
7. В какой из двух параллельных ветвей, имеющих разное сопротивление, будет больше ток?
8. Как рассчитать проводимость ветвей и эквивалентную проводимость при параллельном соединении резисторов?
9. Как рассчитать эквивалентную проводимость для последовательного соединения резисторов?
10. По каким формулам можно найти мощность, потребляемую резистором?

### **Содержание отчета**

1. Тема работы, цель, задание.
2. Схемы, таблицы с результатами измерений и расчетов, формулы.
3. Выводы по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы.

## **Лабораторная работа № 2**

### **Тема работы: Исследование однофазной цепи переменного тока**

**Цель работы:** Определить основные параметры исследуемой цепи, содержащую последовательно соединенные сопротивления  $R_K$ ,  $X_L$  (катушка) и  $X_C$  (конденсатор).

**Оборудование и оснащение:** Лабораторный стенд «Уралочка», ваттметр, 3 мультиметра, катушка индуктивности, магазин конденсаторов, методические указания по выполнению лабораторных работ.

### **Задание и порядок выполнения**

1. Ознакомиться с методическими указаниями и исследуемой схемой.
2. Собрать схему, произвести измерения, выполнить расчеты.
3. Оформить отчет.

### **Краткие теоретические сведения**

При последовательном включении катушки индуктивности и конденсаторной батареи получаем электрическую цепь с последовательным соединением активного  $R_K$ , индуктивного  $X_L$  и емкостного  $X_C$  сопротивлений.

При последовательном соединении катушки и конденсатора ток цепи определяется по закону Ома:  $I = U/Z$ , где  $Z$  – полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad X = X_L - X_C \text{ - реактивное сопротивление цепи}$$

В такой цепи можно выделить три характерных режима работы в случаях, когда  $X_L > X_C$ ,  $X_L < X_C$ ,  $X_L = X_C$ . Векторные диаграммы для этих режимов представлены на рис.1.

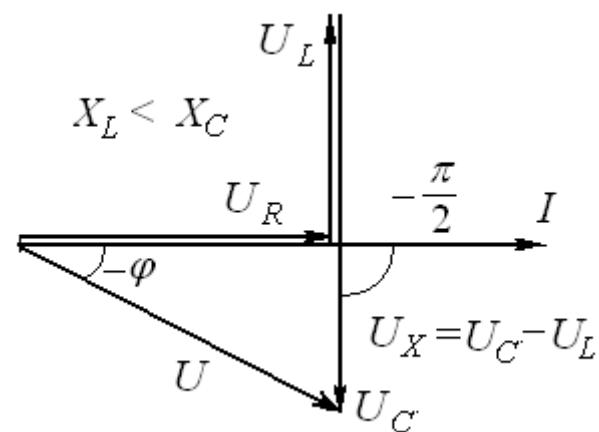
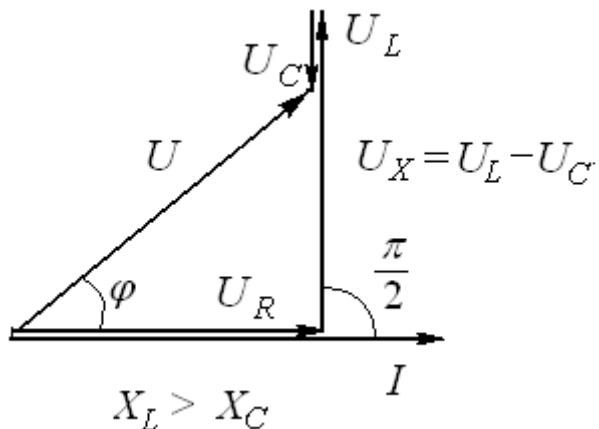


Рис. 1а  $X_L > X_C$

Рис. 1б  $X_L < X_C$

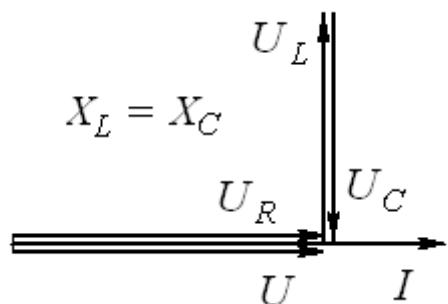


Рис. 1с  $X_L = X_C$

Если  $X_L > X_C$ , то участок цепи с R, L, C-элементами имеет активно-индуктивный характер, и при этом ток отстает по фазе от напряжения на угол  $\varphi$ . При соотношении сопротивлений  $X_L < X_C$  нагрузка имеет активно-емкостной характер и ток опережает напряжение на фазовый угол  $\varphi$

$$\varphi = \arctg (X/R) - \text{угол сдвига фаз между напряжением и током.}$$

Напряжения на участках:

$$U_R = RI; \quad U_L = X_L I; \quad U_C = X_C I$$

$$\text{Активная мощность:} \quad P = R I^2 = U_R I = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$\cos\phi = P/S = U_R/U = R/Z$  - коэффициент мощности

Реактивные мощности:  $Q_L = X_L I^2 = U_L I$ ;  $Q_C = X_C I^2 = U_C I$ ;

$Q = Q_L - Q_C = U \cdot I \cdot \sin\phi$        $\sin\phi = Q/S = (U_L - U_C)/U = (X_L - X_C)/Z$

Полная мощность цепи:  $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$

### Задание и порядок выполнения работы

- Собрать электрическую схему (рис.2). Предъявить преподавателю для проверки.

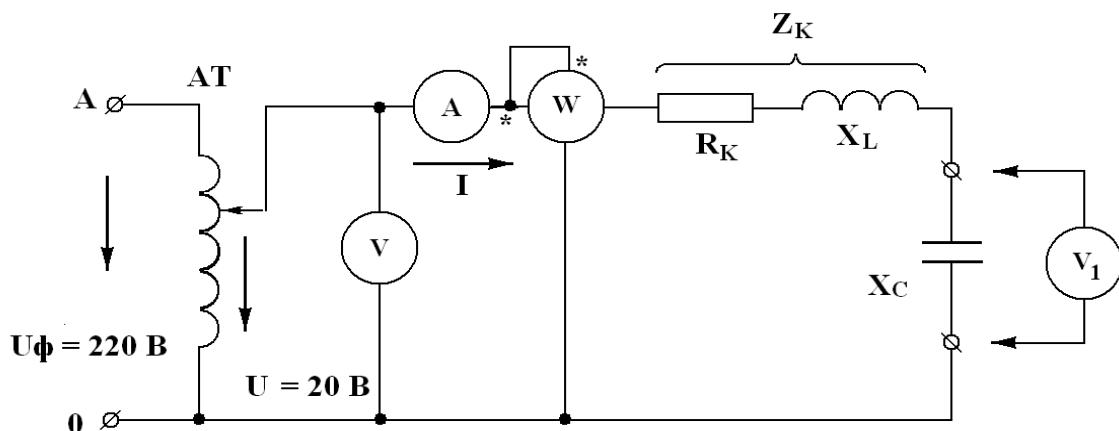


Рис.2.

- Подать на схему напряжение питания, заданное преподавателем.
- Измерить ток в цепи I, напряжения на элементах и активную мощность P при условии  $X_L > X_C$ . Показания приборов занести в таблицу 1.
- Повторить пп.2 и 3 для режимов  $X_L < X_C$  и  $X_L = X_C$ .
- Рассчитать параметры, указанные в табл., заполнить таблицу.
- Построить векторные диаграммы.

Таблица 1

Режим	U, В	I, А	U <sub>R</sub> , В	U <sub>L</sub> , В	U <sub>C</sub> , В	P, Вт	R, Ом	X <sub>L</sub> , Ом	X <sub>C</sub> , Ом	Z, Ом	Q, вар	S, ВА	C, мкФ	φ
$X_L > X_C$														
$X_L < X_C$														
$X_L = X_C$														

### Контрольные вопросы

- Что такое сдвиг фаз?

2. Чему равны индуктивное и емкостное сопротивления, и в каких единицах их измеряют?
3. Чему равно полное сопротивление неразветвленной цепи с R,L,C
4. Записать закон Ома для действующих значений однофазной цепи переменного тока.

### **Содержание отчета**

1. Тема работы, цель, задание.
2. Схема, таблица с результатами измерений и расчетов, векторные диаграммы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа № 3

### Тема работы: Исследование трехфазных цепей при соединении потребителя звездой и треугольником.

**Цель работы:** определение основных соотношений между фазными и линейными значениями токов и напряжений при включении активного потребителя звездой и треугольником.

**Оборудование и оснащение:** Стенд «Уралочка», мультиметры -7шт., магазины сопротивлений 3шт, соединительные провода, методические указания.

#### Основные теоретические сведения.

1. Фазы трехфазного потребителя могут соединяться звездой или треугольником. Потребитель считается симметричным, если комплексы сопротивления его фаз равны.

$$Z_A = Z_B = Z_C.$$

Если обмотки трехфазного генератора соединены звездой, то линия может быть трехпроводной (без нейтрального провода) и четырехпроводной (с нейтральным проводом).

При соединении в звезду фазный ток равен линейному:  $I_\Phi = I_L$

Напряжения на фазах потребителя симметричны:

$$U_A = I_A Z_A, \quad U_B = I_B Z_B, \quad U_C = I_C Z_C,$$

а их действующие значения меньше линейного напряжения в  $\sqrt{3}$  раз:

$$U_A = U_B = U_C = U_\Phi = U_L / \sqrt{3}$$

2. При соединении потребителя в треугольник фазные напряжения равны линейным:  $U_L = U_\Phi$ .

В фазных потребителях возникают фазные токи:  $I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}$ , а в линейных проводах линейные:  $I_A, I_B, I_C$ . Используя первый закон Кирхгофа для комплексов токов, можно записать выражение линейных токов:

$$I_a = I_{ab} - I_{ca}; \quad I_b = I_{ab} - I_{bc}; \quad I_c = I_{ca} - I_{bc}.$$

Фазные токи определяются по закону Ома:  $I_{AB} = U_{ab}/Z_{ab}$ ;  $I_{BC} = U_{bc}/Z_{bc}$ ;  $I_{CA} = U_{ca}/Z_{ca}$ .

При симметричной нагрузке фазные токи равны по величине и сдвинуты между собой по фазе на угол  $120^\circ$ . При этом линейные токи больше фазных:  $I_L = \sqrt{3}I_\Phi$ .

3. Полная мощность каждой фазы:  $S_\Phi = U_\Phi I_\Phi$

Активную мощность фаз можно найти по формуле:  $P_\Phi = U_\Phi I_\Phi \cos \varphi$

Реактивную:  $Q_\Phi = U_\Phi I_\Phi \sin \varphi$

Угол  $\varphi$  - по тригонометрической функции каждой фазы:

$\sin \varphi = X/Z$  или  $\cos \varphi = R/Z$

Полная мощность всего потребителя:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ . При симметричной нагрузке мощность всех фаз одинаковы по величине и характеру поэтому:  $P = 3P_\Phi = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi$ ,  $Q = 3Q_\Phi = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi$ ,  $S = 3S_\Phi = \sqrt{3}U_L I_L$ .

### Задание и порядок выполнения.

#### 1. Исследование цепи при соединении звездой

1.1. Собрать электрическую цепь согласно схеме (рис.1).

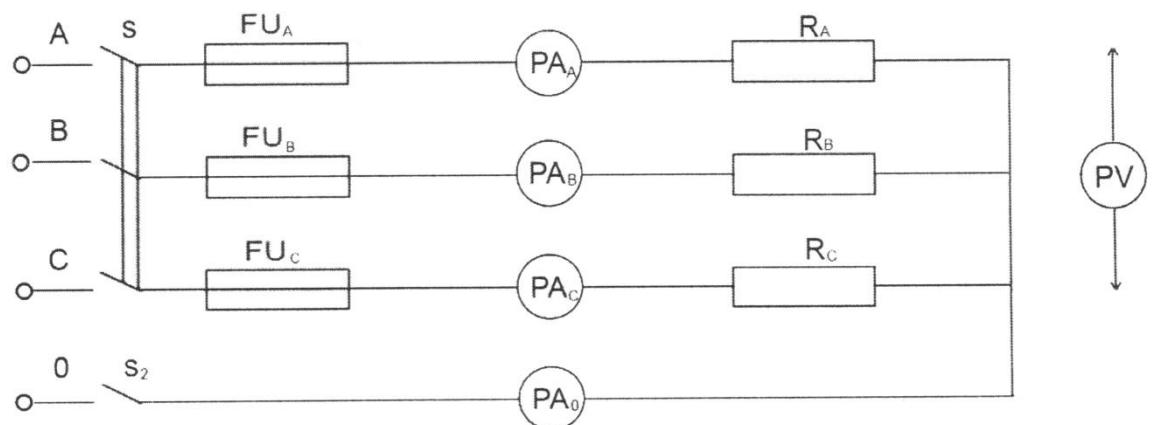


Рис. 1

1.2. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы.

Напряжение источника:  $U$ , сопротивление фаз:  $R_A = R_B = R_C$ .

1.3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

1.4. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в таблицу 1

Таблица 1.

№ опыта	Ключ (S <sub>2</sub> )	Из опыта										Из расчетов			
		I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>	U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>	U <sub>AB</sub>	U <sub>BC</sub>	U <sub>CA</sub>	I <sub>N</sub>	P <sub>A</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>C</sub>	P
		A	B	C	B	B	B	B	B	B	A	Bт	Bт	Bт	Bт
	Вкл.														
	Откл.														

1.5. Отключить источник питания.

1.6. Произвести необходимые расчеты и занести в таблицу 1.

## 2. Исследование цепи при соединении треугольником

2.1. Собрать схему (рис.2)

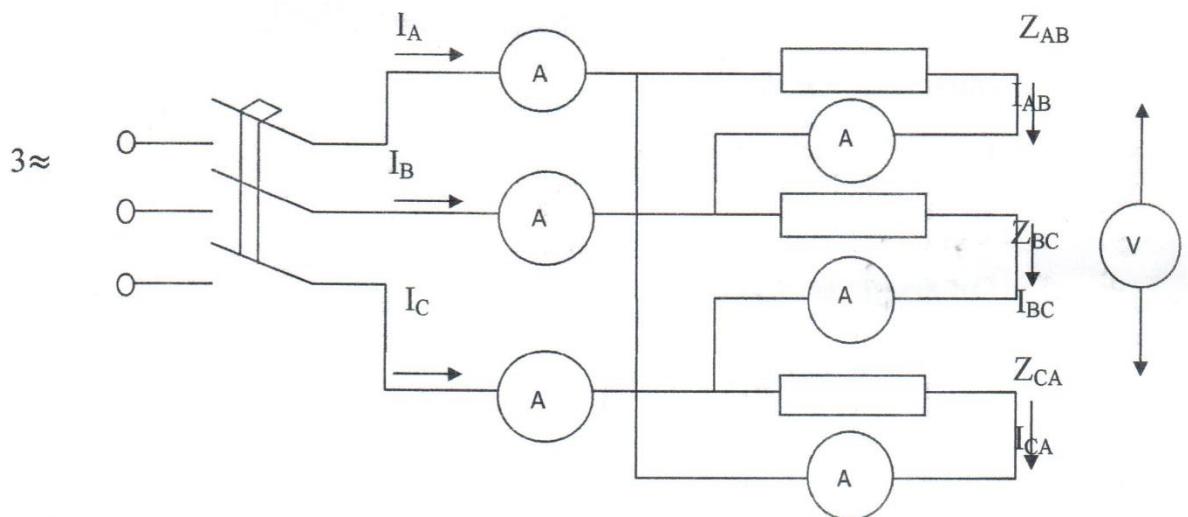


Рис. 2

2.2. Установить на магазинах сопротивлений заданные параметры  $Z$  и пределы измерения приборов.

2.3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

2.4. Подать питание на стенд, снять показание приборов  $I_a, I_b, I_c, I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}$ , измерить переносным вольтметром напряжение  $U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}$ , результаты измерений записать в таблицу 2.

Таблица 2

№	Нагрузка, Ом	измерить									вычислить			
		$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{ca}$	$I_a$	$I_b$	$I_c$	$I_{ab}$	$I_{bc}$	$I_{ca}$	$P_{ab}$	$P_{bc}$	$P_{ca}$	P
		B	B	B	A	A	A	A	A	A	Bm	Bm	Bm	Bm
1	$Z_{ab} =$ $Z_{bc} = Z_{ca} =$													

2.5. Отключить источник питания.

2.6. Произвести необходимые расчеты и занести в таблицу 2.

### Контрольные вопросы

1. Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями и токами для симметричной системы при соединении в треугольник?
2. Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями и токами для симметричной системы при соединении в треугольник?
3. Понятие нулевого провода, его назначение.
4. От каких факторов зависит угол сдвига между фазным напряжением и током?

### Содержание отчета

1. Тема, цель, перечень оборудования.
2. Схема, таблица с результатами опыта и расчетов.
3. Векторные диаграммы.
4. Контрольные вопросы и ответы.

## **5. Список используемой литературы.**

1. Ярочкина, Г.В. Электротехника: учебник для студентов СПО/ Г.В. Ярочкина. – М.: Академия, 2021. – 240 с.
2. Зайцев, В.Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок: учеб. Пособие для СПО / В.Е. Зайцев, Т.А. Нестерова, - М.: Академия, 2021. – 128 с.