

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. Приступать 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:

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

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:

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

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: $G_1 = \frac{1}{R_1}$ $G_3 = \frac{1}{R_3}$ $G_2 = \frac{1}{R_2}$ - проводимость ветвей.

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

Сила токов в ветвях находится по формуле:

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

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

1. Изобразить схему последовательного соединения трёх резисторов с измерительными приборами и схему параллельного соединения этих резисторов, необходимую для достижения поставленной цели. Ознакомить преподавателя со схемой.
2. 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.
3. 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

1. Собрать цепи из последовательно соединённых резисторов и показать её преподавателю для проверки.
3. 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, A	U_1, B	U_2, B	U_3, B	U, B	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R, Ом$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	$P_3, Вт$	$P, Вт$

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

Таблицу 2.

Из опыта					Из расчёта											
U, B	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_{ЭК}, Ом$	$G_1, См$	$G_2, См$	$G_3, См$	$G_{ЭК}, См$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	$P_3, Вт$	$P, Вт$

3. 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. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа.
4. Сформулируйте и запишите закон Ома для участка цепи и для полной цепи.
6. На каком из последовательно соединённых 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.

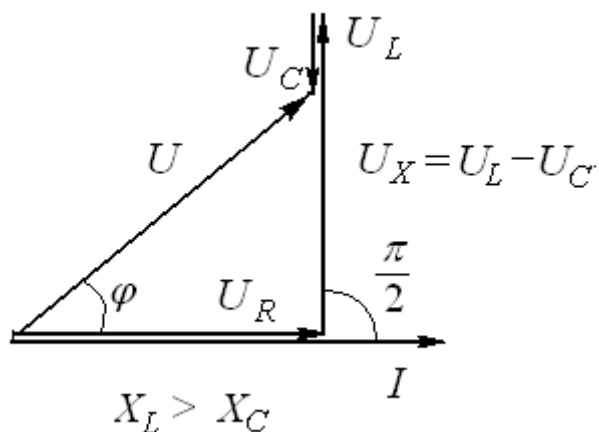


Рис. 1а $X_L > X_C$

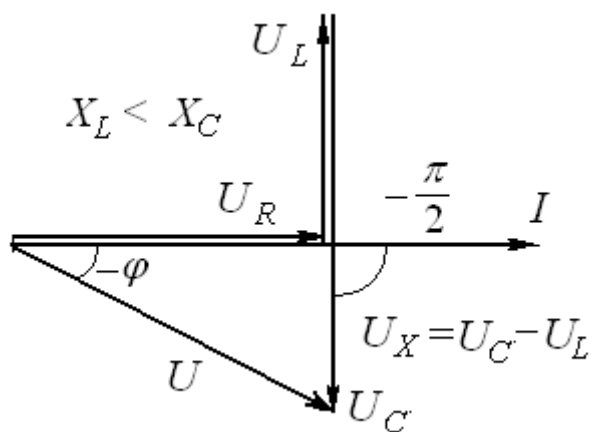


Рис. 1б $X_L < X_C$;

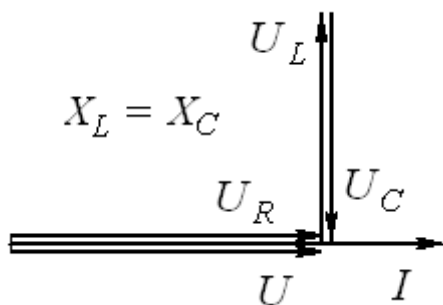


Рис. 1с $X_L = X_C$

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 φ . При соотношении сопротивлений $X_L < X_C$ нагрузка имеет активно-емкостной характер и ток опережает напряжение на фазовый угол φ

$\varphi = \arctg (X/R)$ – угол сдвига фаз между напряжением и током.

Напряжения на участках:

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

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

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

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

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

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

Задание и порядок выполнения работы

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

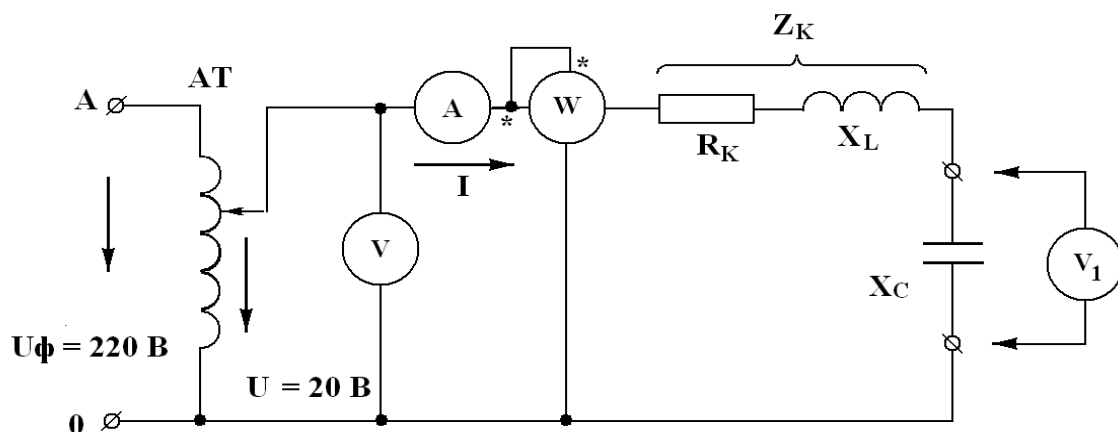


Рис.2.

2. Подать на схему напряжение питания, заданное преподавателем.

3. Измерить ток в цепи I , напряжения на элементах и активную мощность P при условии $X_L > X_C$. Показания приборов занести в таблицу 1.

4. Повторить пп.2 и 3 для режимов $X_L < X_C$ и $X_L = X_C$.

5. Рассчитать параметры, указанные в табл., заполнить таблицу.

6. Построить векторные диаграммы.

Таблица 1

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

Контрольные вопросы

1. 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 сопротивлений 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: $I_{AB} = U_{ab} / Z_{ab}; \quad I_{BC} = U_{bc} / Z_{bc}; \quad I_{CA} = U_{ca} / Z_{ca}.$

При симметричной нагрузке фазные токи равны по величине и сдвинуты между собой по фазе на угол 120° . 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 φ - 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).

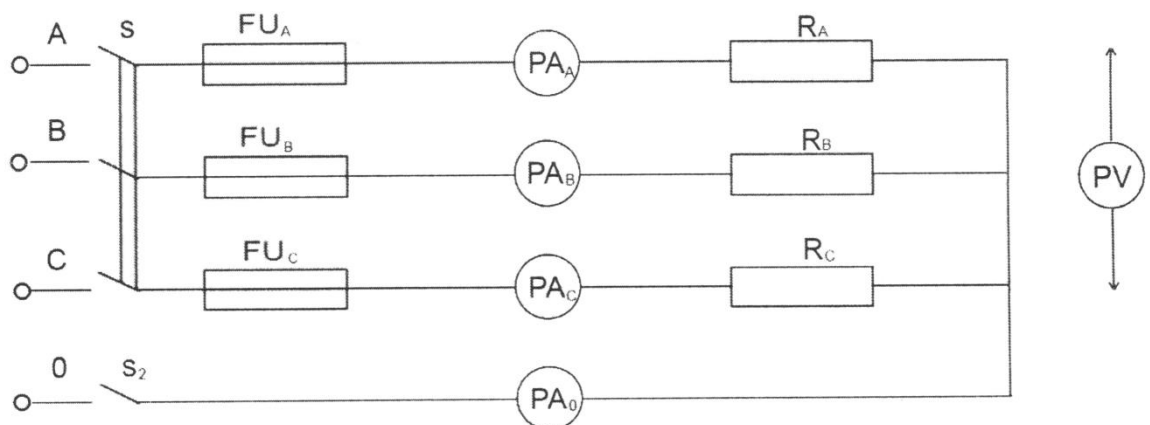


Рис. 1

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 ₂)	Из опыта										Из расчетов			
		I _A	I _B	I _C	U _A	U _B	U _C	U _{AB}	U _{BC}	U _{CA}	I _N	P _A	P _B	P _C	P
		A	B	C	B	B	B	B	B	B	A	Вт	Вт	Вт	Вт
	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)

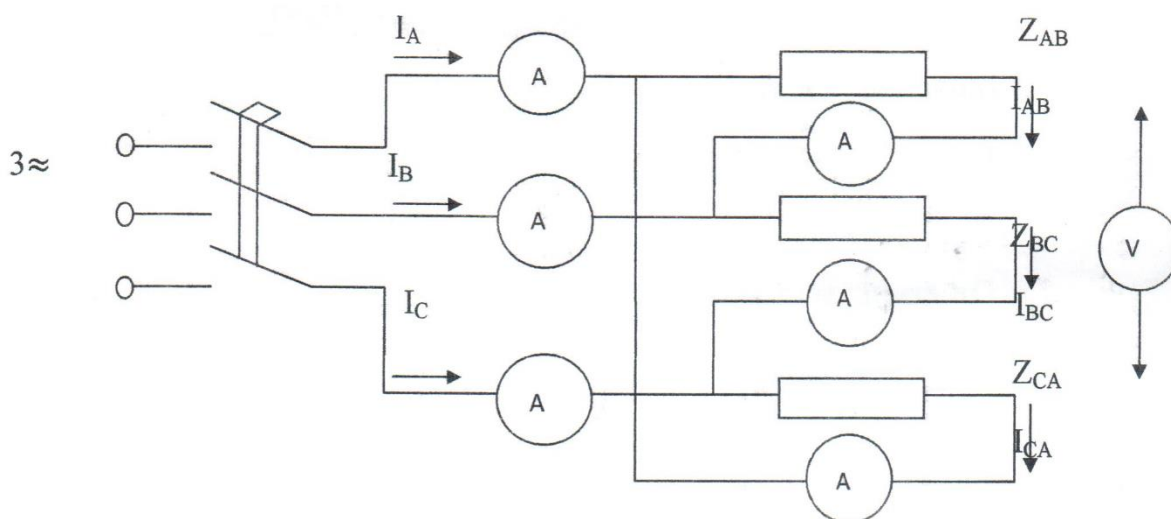


Рис. 2

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	Вт	Вт	Вт	Вт
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.