

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Степанов Павел Иванович

Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ

Дата подписания: 27.02.2022

Уникальный программный ключ:

8c65c591a26b2d9e460977740cf757622aa3b295

Филиал федерального государственного

образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НТИ НИЯУ МИФИ)

Колледж НТИ

Цикловая методическая комиссия

промышленного и гражданского строительства

ОДОБРЕНО

Учёным Советом НТИ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 31 марта 2022 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

(базовый уровень)

ОП.03 «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

для студентов колледжа НТИ НИЯУ МИФИ

обучающихся по программе среднего профессионального образования

специальность 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

очная форма обучения

на базе основного общего образования

квалификация

техник

Новоуральск 2022

РАССМОТРЕНО:
на заседании цикловой методической
комиссии промышленного и
гражданского строительства
Протокол № 1/03 от 23.03.2022 г.

Разработана на основе ФГОС СПО (утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 2, примерной основной образовательной программы части совокупности обязательных требований к результатам освоения программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» среднего профессионального образования в очной форме обучения, действующим учебным планом.

Методические указания к лабораторным работам учебной дисциплины ОП.03 «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» – Новоуральск: Изд-во колледжа НТИ НИЯУ МИФИ, 2022.

АННОТАЦИЯ

Методические указания к лабораторным работам по учебной дисциплине ОП.03 «Электротехника и электроника» предназначены для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» среднего профессионального образования, обучающихся на базе основного общего образования и содержит разделы:

Разработчик: Беглик Н.Е., преподаватель ЦМК ПГС НТИ НИЯУ МИФИ

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОП.03 «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» 4 2 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ 4

3 Лабораторная работа №1 «Изучение способов соединений резисторов».	5
4 Лабораторная работа №2 «Исследование цепи переменного тока»	13
5 Лабораторная работа №3 Исследование трёхфазных цепей при соединении потребителей «звездой» и «треугольником	19
.6 Информационное обеспечение реализации программы	28

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ОП.03 «Электротехника и электроника»

1.1. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы:

Учебная дисциплина «Электротехника и электроника» является обязательной частью общепрофессионального цикла основной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

Учебная дисциплина «Электротехника и электроника» обеспечивает формирование профессиональных и общих компетенций по всем видам деятельности ФГОС по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений. Особое значение дисциплина имеет при формировании и развитии

1.2. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины:

В рамках программы учебной дисциплины обучающимися осваиваются умения и знания

Код ПК, ОК	Умения	Знания
ОК1-ОК7, ПК-2.1, ПК4.1, ПК4.2	- читать электрические схемы; - вести оперативный учет работы энергетических установок	- основы электротехники; - устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов; - устройство и принцип действия аппаратуры управления электроустановками.

3 Перечень лабораторных работ

№ занятия	Наименование тем по тематическому плану УД	Тема лабораторных работ
1	Тема 2. Постоянный электрический ток	Лабораторная работа №1. «Изучение способов соединений резисторов».
2	Тема 3. Переменный электрический ток	Лабораторная работа №2. «Исследование однофазной цепи переменного тока».
3		Лабораторная работа №3. «Исследование трёхфазных цепей при соединении потребителей «звездой» и «треугольником».

Лабораторная работа №1. «Изучение способов соединений резисторов».

Тема 2. Постоянный электрический ток

1 Объём учебного времени, отведённого на лабораторную работу – 2 часа

2 Основные цели лабораторной работы:

2.1 Освоение основных законов электрических цепей;

2.2 Решение теоретических и практических задач.

3 Требования ФГОС СПО к результатам освоения учебной дисциплины, реализуемые на лабораторной работе

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- читать электрические схемы;
- вести оперативный учет работы энергетических установок

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- основы электротехники;
- устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов;
- устройство и принцип действия аппаратуры управления электроустановками.

4 Оборудование

4.1 Реостаты на 150 Ом-5 шт;

4.2 Источник постоянного тока 4- 12 В;

4.3 Амперметры -на 2 А;

4.4 Вольтметр многопредельный 1-30 В.

4.5 Набор проводов

5 Теоретические сведения

Для регулирования и ограничения силы тока применяют переменные резисторы (реостаты). В схемах электропривода широко применяют пусковые и пускорегулирующие резисторы и реостаты возбуждения.

Различают реостаты металлические и жидкостные. В металлических реостатах используются константановые, никелиновые, фехралевые и другие металлические ленты или проволоки с высоким удельным сопротивлением, способные выдерживать длительный нагрев до температуры 300 -400⁰С.

5.1 Виды соединений резисторов (реостатов)

Всякая электрическая цепь состоит из нескольких резисторов (сопротивлений) включенных в нее тем или иным способом. Основные типы соединения сопротивлений - последовательное и параллельное.

5.1.1 Последовательное соединение резисторов.

Последовательным называется такое соединение, при котором конец первого проводника (сопротивления) соединен с началом второго, а конец второго с началом третьего (рисунок 1) Последовательное соединение сопротивлений увеличивает общее сопротивление электрической цепи, а параллельное - уменьшает его. Общее суммарное сопротивление последовательно включенных сопротивлений равно их сумме:

$$R_{\text{общ.}} = R1 + R2 + R3 \quad (1)$$

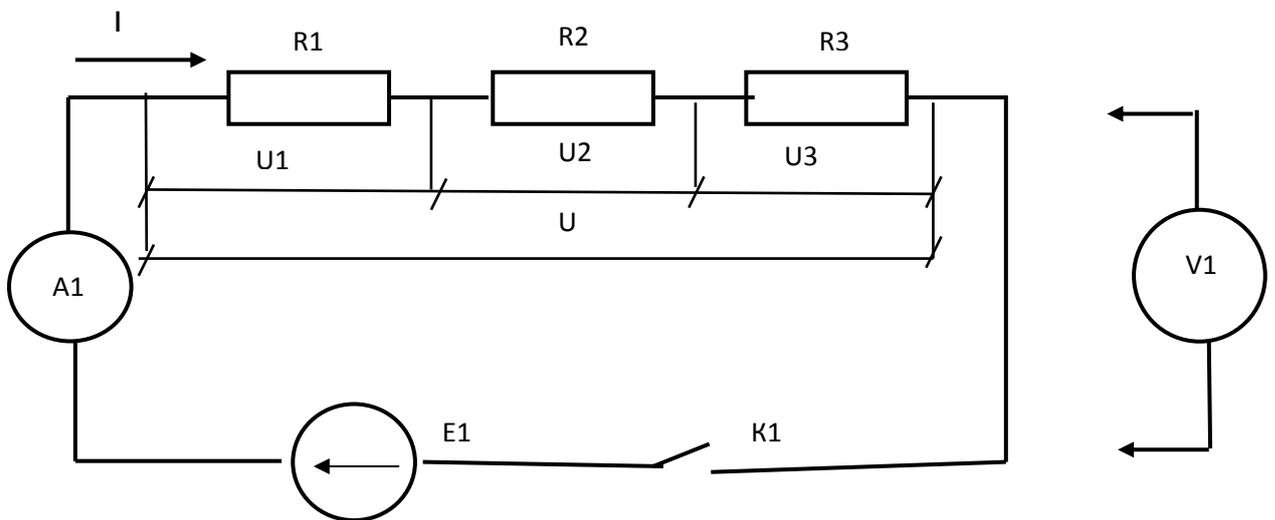


Рисунок 1 Схема последовательного соединения резисторов

5.1.2 Параллельное соединение резисторов

Параллельным называют соединение элементов цепи, при котором к двум точкам электрической цепи присоединено несколько элементов, образующих разветвление (рисунок 2). При этом в цепи образуются узлы, где соединяются несколько начальных и несколько конечных проводов. На рисунке 2 это точки **a** и **b**. Ток I текущий по цепи, разветвляется в точке **a** на три тока, величина которых зависит от величины сопротивлений отдельных ветвей цепи.

Для определения общего суммарного сопротивления параллельно включенных сопротивлений (рисунок 2), необходимо сложить не сопротивления, а их проводимости (т.е. величины, обратные сопротивлениям), найдя тем самым суммарную проводимость цепи:

По суммарной проводимости легко определяется суммарное сопротивление $R_{\text{общ}}$.

Так для схемы (рисунок 2) можно написать:

$$G_{\text{общ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \quad (2)$$

$$R_{\text{общ}} = 1/G_{\text{общ}} \quad (3)$$

При параллельном включении нескольких одинаковых по величине сопротивлений (резисторов) их суммарное значение равно сопротивлению одного, деленному на их количество. Формулы (1.), (2), (3), (4) и (5) остаются справедливыми при любом количестве последовательно или параллельно включенных сопротивлений, соответственно изменяется лишь число слагаемых в них.

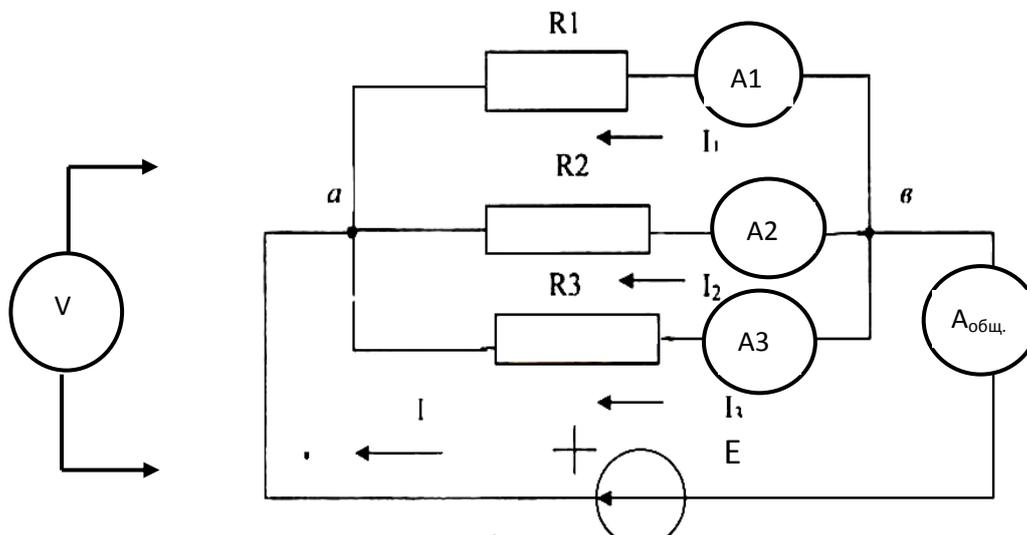


Рисунок 2. Схема параллельного соединения проводников

5.1.3 Смешанное соединение.

Обычно в электрических цепях одновременно содержатся оба рассматриваемых типа соединений проводников: как параллельное соединение, так и последовательное. Такие цепи называют цепями со смешанным соединением сопротивлений (рисунок 3)

Сопротивления R1 и R3 соединены последовательно, следовательно, их сопротивление равно сумме сопротивлений:

$$R_{1,3} = R_1 + R_3;$$

Сопротивления R2 и R4, также соединены последовательно и их сопротивление равно сумме сопротивлений:

$$R_{2,4} = R_2 + R_4;$$

Полученные сопротивления R_{1,3} и R_{2,4} соединены параллельно, следовательно, их общее сопротивление равно:

$$R_{\text{общ } 1-3-2-4} = 1 / G_{\text{общ } 1-3-2-4}$$

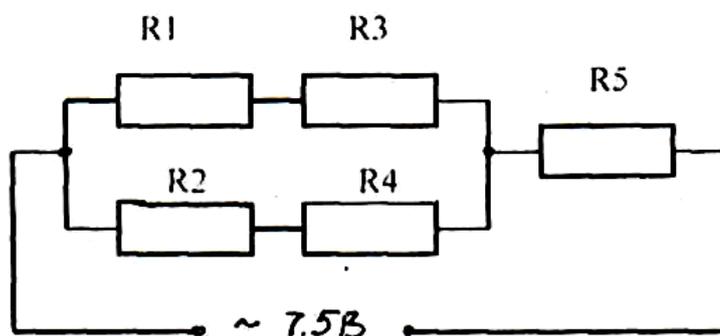


Рисунок 3- Смешанное соединение потребителей

Общее сопротивление смешанного соединения потребителей определяется по формуле:

$$R_{\text{общ}} = 1 / G_{\text{общ } 1-3-2-4} + R_5 \quad (4)$$

5.2 Закон Ома

Одним из основных законов электротехники является закон Ома, определяющий зависимость силы тока, протекающего в цепи, от действующего в ней напряжения и сопротивления:

-сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к этому участку, и обратно пропорциональна сопротивлению участка.

Согласно определению закон Ома может быть выражен формулой:

$$I = U/R, \quad (5)$$

где I - сила тока, А; U - напряжение, В; R -сопротивление, Ом.

Но сопротивление цепи складывается из сопротивлений внешнего R и внутреннего $R_{\text{внутр}}$ -(источника питания), $R_{\text{цепи}} = R + R_{\text{внутр}}$. участков цепи, Тогда выражение (1) приобретает вид:

$$I = E/(R + R_{\text{внутр}}) \quad (6)$$

Это выражение называют законом Ома для всей цепи.

Преобразуя закон Ома, получим $E = IR + IR_{\text{внутр}}$, где IR –падение напряжения на внешнем участке цепи или напряжение на зажимах источника U при замкнутой внешней цепи:

$$U = E - IR_{\text{внутр}}. \quad (7)$$

Из выражения (7) видно, что напряжение на зажимах источника при замкнутой внешней цепи меньше электродвижущей силы источника на величину $IR_{\text{внутр}}$. – падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника.

6 Рекомендации (инструкции, методика работы) по выполнению заданий

- внимательно изучить теоретическую часть лабораторной работы;
- изучить устройство, назначение, принцип действия оборудования и электроизмерительных приборов;
- строго соблюдать правила электробезопасности.

6.1. Тренировочное (учебное) задание

6.2 Собрать электрическую схему последовательного соединения потребителей электрической энергии (рисунок 1), убедиться в правильности её сборки.

6.3 Включить источник питания 4-8 В, и измерить ток I в последовательной цепи и падения напряжения U_1, U_2, U_3 на резисторах R_1, R_2 и R_3 и общее напряжение в цепи U, E .

$$\begin{aligned} U_1 &= IR_1 \\ U_2 &= IR_2 \\ U_3 &= IR_3 \end{aligned} \quad (8)$$

Общее напряжение в последовательной цепи, должно равняться сумме падений напряжений на каждом резисторе (проверить данное утверждение):

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

6.4 Используя закон Ома формула (1), рассчитать общее сопротивление потребителей(резисторов) $R_{\text{общ}} = U/I$

6.5 По закону Ома рассчитать сопротивление отдельного потребителя (резисторов) R_1, R_2 . и R_3 , формуле (3) рассчитать общее сопротивление при последовательном соединении.

6.6 Сравнить полученные результаты пунктов 6.2.3 и 6.2.4 (объяснить расхождение).

6.7 Измерить ЭДС « E » на источнике питания при разомкнутой внешней

цепи и рассчитать внутреннее сопротивление источника тока по формуле:

$$R_{\text{ист}} = (E/I) - R_{\text{общ}} \quad (9)$$

6.8 Полученные расчетные и экспериментальные данные свести в таблицу 1.

Таблица 1 Экспериментальные и расчетные данные при последовательном соединении потребителей

Сила тока I в последовательной цепи, А	ЭДС источника, В	Напряжение, В			Сопротивления (расчетные), Ом					
		U ₁ , В на R 1	U ₁ , В на R 2	U ₁ , В на R3	R1	R2	R3	R _{общ.}	R _{ист.}	

7 Задания для самостоятельного выполнения

7.1 Собрать электрическую схему (рисунок 2), убедиться в правильности её сборки.

7.2 Измерить силу тока в ветвях и падение напряжения на сопротивлениях R1, R2 и R3.

По формуле (1) рассчитать величину сопротивлений, а по формуле (4) их проводимость.

7.3 По формуле (2) рассчитать общую проводимость G_{общ} параллельной цепи, а по формуле (3) общее сопротивление R_{общ} параллельно соединенных потребителей. Убедиться в том, что при параллельном соединении сопротивлений общее сопротивление цепи меньше сопротивления любой ветви.

7.4 Рассчитать токи в ветвях I₁ = U₁/R1; I₂ = U₂/R2; I₃ = U₃/R3; А и сравнить с измеренными токами (объяснить расхождение при его наличии).

7.5 Полученные расчетные и экспериментальные данные свести в таблицу 2.

Таблица 2 Экспериментальные и расчетные данные при параллельном соединении потребителей

Расчетные токи в ветвях, А			Измеренные токи в ветвях, А			Падения напряжений на сопротивлениях, В			Общая проводимость, Сим	Общее сопротивление, Ом
I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	U ₁	U ₂	U ₃	G _{общ1-3-2-4}	R _{общ.}

7.6 Собрать схему (рисунок 4) смешанного соединения потребителей (резисторов). Убедиться в правильности её сборки.

7.7 Вычислить проводимость G параллельно соединенных ветвей и сопротивление этого участка, значения сопротивлений R1, R2 и R3. (см. пункт 6.1-7.3)

6.4.8 По формуле (4) рассчитать общее сопротивление смешанного соединения потребителей.

6.4.9 Измерить силу тока в ветвях и падение напряжения на сопротивлениях R1, R2 и R3.

6.4.10 Рассчитать токи в ветвях $I_1 = U_1 / R_1$; $I_2 = U_2 / R_2$; и общий ток $I_3 = U / R_{\text{общ.}}$; А и сравнить с измеренными токами (объяснить расхождение при его наличии).

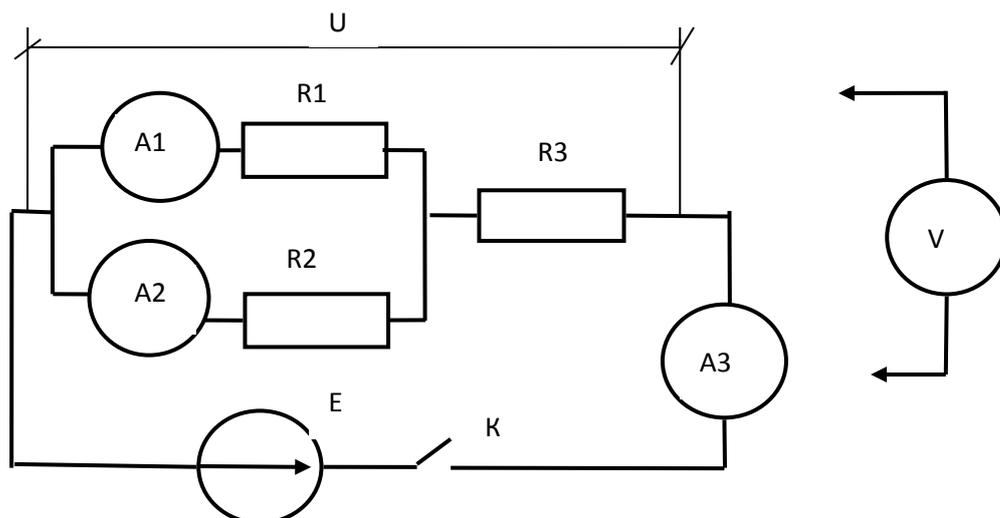


Рисунок 4 Смешанное соединение потребителей для выполнения задания 7.6

6.4.11 Полученные расчетные и экспериментальные данные свести в таблицу 3

Таблица 3 Экспериментальные и расчетные данные при параллельном соединении потребителей

Расчетные токи в ветвях, А		Расчетный ток в неразветвленной части цепи, А	Измеренные токи в ветвях, А,		Измеренный ток в неразветвленной части цепи, А	Падения напряжений на сопротивлениях, В		Общее напряжение, В	Проводимость параллельных соединенных ветвей, Сим	Сопротивление этого участка, Ом	Общее сопротивление всей цепи, Ом
I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U	G	R	$R_{\text{общ}}$

7 Контрольное задание для отчёта

Задача

Определить токи и падение напряжений на сопротивлениях, в цепи изображенной на рисунке 5, при следующих данных:

ЭДС источника $E = 2$ В, внутреннее сопротивление источника $R_{\text{вн. ист.}} = 0,5$ Ом, $R_1 = 3,5$ Ом., $R_2 = 5$ Ом., $R_3 = 100$ Ом., $R_4 = 25$ Ом.

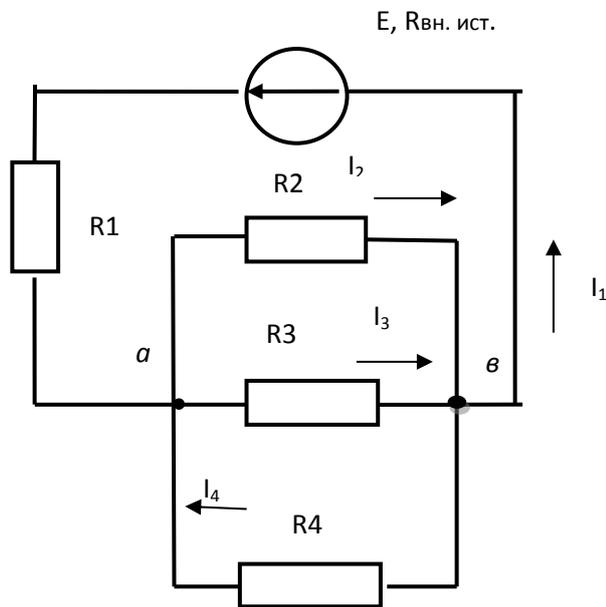


Рисунок 5 Схема к контрольному заданию

8 Требования к структуре и содержанию отчёта по лабораторной работе

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам». Образец оформления титульного листа отчета приведён в Приложении А.

В отчёте необходимо указать:

- объём учебного времени, отведённого на лабораторную работу;
- основные цели лабораторной работы;
- требования ФГОС СПО к результатам освоения учебной дисциплины, реализуемые на лабораторной работе;
- оборудование;
- план проведения занятия;
- результаты решения профессиональных задач (анализ производственных ситуаций, выполнение вычислений, расчётов, работа с электроизмерительными приборами, оборудованием, правила электробезопасности при электроизмерениях, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и др.);
- перечень контрольных вопросов для отчёта;
- ответы на контрольные вопросы для отчета;
- вывод, сформулированный по полученным результатам.

9 Формы и методы контроля и критерии оценки результатов обучения

Результаты обучения	Критерии оценки	Методы оценки
Умения: Читать схемы электрических сетей	Читает схемы электрических сетей	Текущий контроль: тестирование, оценивание практических занятий, лабораторных работ. Оценка докладов и сообщений, рефератов,
Вести оперативный учет работы энергетических установок	Ведёт оперативный учет работы энергетических установок	

Для проведения оценки результатов обучения установлены следующие критерии:

- оценка «5» (отлично). Обучающийся выполняет профессиональные действия и демонстрирует практические умения без ошибок, в полной мере владеет учебным материалом, самостоятельно интерпретирует полученные результаты, технически грамотно формулирует выводы. Не допускает ошибок в процессе защиты отчёта. Отчёт оформлен в соответствии с установленными требованиями;

- оценка «4» (хорошо) Обучающийся выполняет профессиональные действия и демонстрирует практические умения без ошибок, владеет учебным материалом, самостоятельно интерпретирует полученные результаты, технически грамотно формулирует выводы. Допускает неточности в процессе защиты отчёта. Отчёт оформлен в соответствии с установленными требованиями;

- оценка «3» (удовлетворительно) Обучающийся выполняет профессиональные действия с затруднением и практические умения демонстрирует, допуская ошибки, учебным материалом владеет не полно, интерпретирует полученные результаты не точно, не в полной мере формулирует выводы. Допускает ошибки в процессе защиты отчёта. Отчёт не совсем соответствует с установленным требованиям;

- оценка «2» (неудовлетворительно) Обучающийся не выполняет профессиональные действия и не демонстрирует практические умения, не владеет учебным материалом, технически безграмотен. Отчёт оформлен не в соответствии с установленными требованиями.

Лабораторная работа №2 Исследование цепи переменного тока

Тема 3. Переменный электрический ток

1 Объём учебного времени, отведённого на лабораторную работу– 2 часа

2 Основные цели лабораторной работы:

2.2 Освоение основных законов электрических цепей;

2.2 Решение теоретических и практических задач.

3 Требования ФГОС СПО к результатам освоения учебной дисциплины, реализуемые на лабораторной работе

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- читать электрические схемы;
- вести оперативный учет работы энергетических установок

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- основы электротехники;
- устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов;
- устройство и принцип действия аппаратуры управления электроустановками.

4 Оборудование

4.1 Генератор переменного тока ГЗ-109;

4.2 Реостат 150 Ом;

4.3 Конденсатор -2мкФ;

4.4 Катушка индуктивности;

4.5 Амперметры -2 А, 3 шт;

4.6 Набор проводов.

5 Теоретические сведения

5.1 Параллельная цепь переменного тока

Параллельная цепь переменного тока показана на рисунок 6. На зажимах каждого из параллельно включенных элементов R , L и C напряжение равно напряжению генератора. Токи же в параллельных ветвях различны и зависят от сопротивлений ветвей

$$I_a = U/R ;$$

$$I_L = U/X_L; \quad (10)$$

$$I_C = U/X_C;$$

где I_a , I_L , I_C — токи в ветвях.

Согласно первому закону Кирхгофа общий ток цепи равен сумме токов ветвей:

$$I = I_a + I_L + I_C$$

Таким образом, на векторной диаграмме для нахождения вектора общего тока цепи необходимо сложить векторы токов в ветвях. Абсолютная величина общего тока в соответствии с диаграммой равна

$$I = \sqrt{I_a^2 + (I_L - I_C)^2} \quad (11)$$

Угол сдвига фаз φ между напряжением и током определяется из формул

$$\cos \varphi = I_a / I \text{ или } \operatorname{tg} \varphi = I_p / I_a, \quad (12)$$

где $I_{ap} = I_L - I_C$ — реактивный ток.

5.2. Разветвленная цепь переменного тока

Общим случаем электрической цепи является разветвленная цепь, имеющая как последовательное, так и параллельное соединение элементов.

Рассмотрим распространенный случай подключения к генератору синусоидального напряжения катушки, имеющей индуктивность L и активное сопротивление R и параллельно с ней конденсатора (рисунок 6).

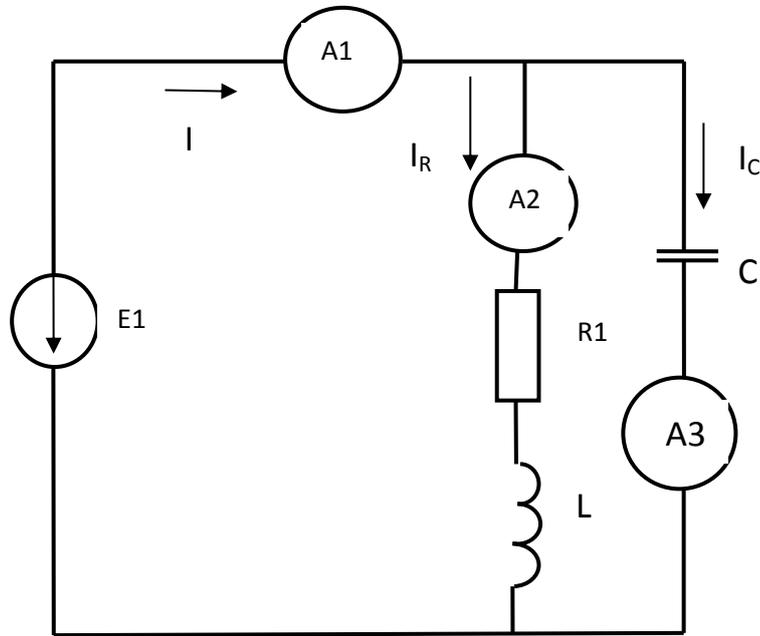


Рисунок 6 Реальная разветвленная цепь

В ветви с последовательно соединенными R и L ток определяется из выражения

$$I_1 = U / \sqrt{R^2 + X_L^2}. \quad (13)$$

Этот ток отстает от приложенного напряжения на угол φ_1 и имеет две составляющие: активную $I_a = I_1 \cos \varphi$ и индуктивную $I_L = I_1 \sin \varphi$.

Активная составляющая тока совпадает по фазе с приложенным напряжением, а индуктивная — отстает от напряжения на угол 90° :

$$\begin{aligned} \cos \varphi_1 &= R / \sqrt{R^2 + X_L^2}, \\ \sin \varphi_1 &= X_L / \sqrt{R^2 + X_L^2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Ток емкости векторно складывается с током I_1 , и опережает напряжение на угол 90° и поэтому из конца вектора I_1 будет направлен вертикально вверх.

Векторная диаграмма (рисунок 7) наглядно показывает, что при включении параллельно катушке емкости ток в неразветвленной части цепи становится меньше.

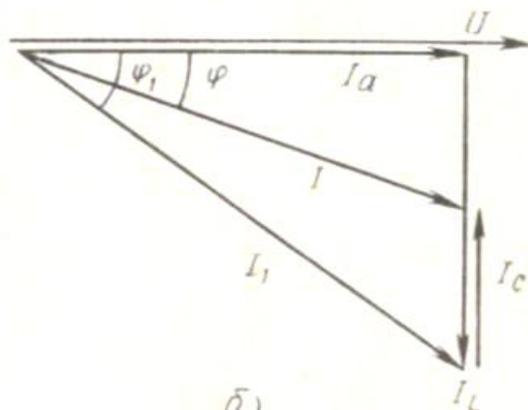


Рисунок 7 Векторная диаграмма

В зависимости от соотношения величин реактивных токов I_L и I_C ток в неразветвленной части цепи может отставать от напряжения, приложенного к цепи, опережать его или совпадать с ним по фазе.

Третий случай возможен только тогда, когда реактивные токи равны между собой, т. е. $I_L = I_C$. Случай этот называют резонансом токов. При резонансе токов векторная диаграмма имеет вид (рисунок 8).

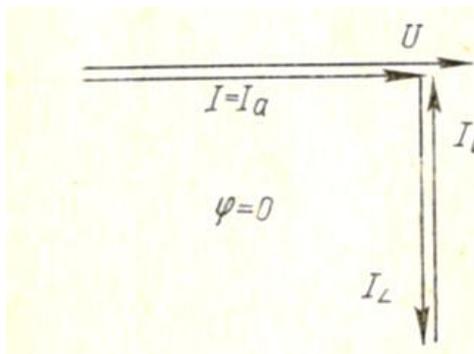


Рисунок 8 Векторная диаграмма – резонанс токов

Общий ток цепи, несмотря на большие реактивные токи, минимален и равен активному току:

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = I_R \quad (14)$$

Угол сдвига фаз между напряжением, приложенным к цепи, и током равен нулю $\varphi = 0$, т. е.

$$\cos \varphi = 1.$$

Это значит, что вся мощность S , потребляемая цепью, равна активной мощности P :

$$P = UI \cos \varphi = UI = S.$$

В момент резонанса токов вся энергия, подводимая к цепи, расходуется на выделение тепла в активном сопротивлении, а между индуктивностью и емкостью происходит обмен запасенной энергией. Когда разряжается конденсатор, его энергия переходит в энергию магнитного поля индуктивности, а затем индуктивность, отдавая энергию, заряжает конденсатор.

Если потребитель, забирая из сети мощность S , имеет низкий коэффициент мощности $\cos \varphi$, то только небольшая часть забираемой мощности используется активно. В то же время большие токи, протекающие в проводах, вызывают большие потери.

При резонансе токов эффективно используется мощность источника, и уменьшаются потери на нагрев проводов.

С резонансом токов связан производственный метод увеличения коэффициента мощности потребителя, имеющего активно-индуктивное сопротивление (таким сопротивлением, например, обладают обмотки электрических машин переменного тока).

Для увеличения коэффициента мощности параллельно потребителю включается батарея конденсаторов. Емкость конденсаторов подбирается так, чтобы в цепи возник резонанс токов. Этим методом широко пользуются, так как оплата электроэнергии на предприятиях дифференцирована так, что стоимость 1 кВт-ч, энергии уменьшается с увеличением коэффициента мощности приложенного к цепи..

- 6 Рекомендации (инструкции, методика работы) по выполнению заданий
- внимательно изучить теоретическую часть лабораторной работы;
 - изучить устройство, назначение, принцип действия оборудования и электроизмерительных приборов;
 - строго соблюдать правила электробезопасности.

6.1. Тренировочное (учебное) задание

6.2 Собрать электрическую схему разветвленной цепи переменного тока (рисунок), убедиться в правильности её сборки.

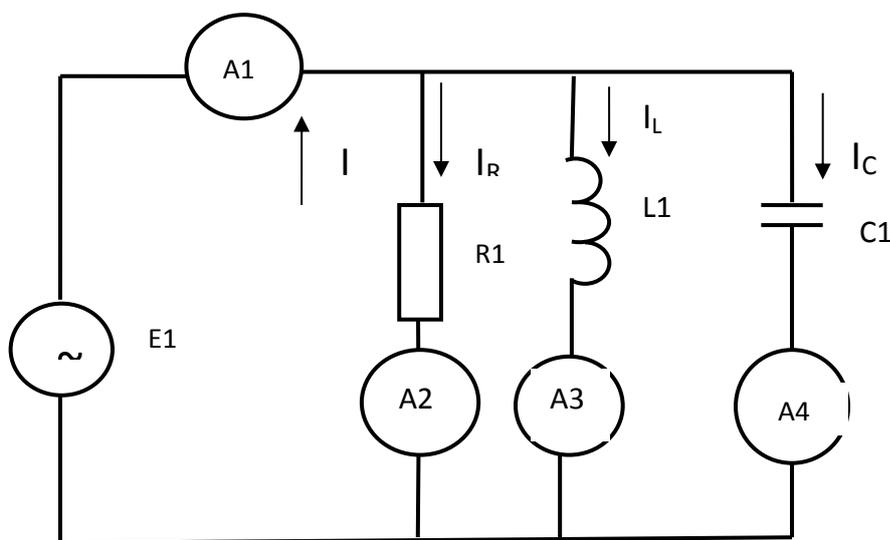


Рисунок 9 Сложная разветвленная цепь переменного тока

- 6.2.1 Включить в сеть генератор сигналов: ЗГ-109, включить тумблер сети генератора, сигнальная лампа генератора должна загореться.
- 6.2.2 Установить ступенчатый переключатель генератора на множитель 10, установить на выходе генератора напряжение 10-12 В и вращая лимб добиться максимального значения тока.
- 6.2.3 Вращая лимб в очень малых пределах проследить за изменением тока, установить точную резонансную частоту, при этом ток на индуктивности должен быть равен току на емкости.

Полученные экспериментальные данные свести в таблицу 4.

Таблица 4 Экспериментальные токи в ветвях при резонансе

Напряжение генератора, В	Сила тока на активном	Сила тока на ёмкости I_C , А	Сила тока на индуктивности	Общий ток I , А
--------------------------	-----------------------	--------------------------------	----------------------------	-------------------

	сопротивлении I_R, A		I_L, A	

7 Задания для самостоятельного выполнения

- 7.1 Построить векторную диаграмму в момент резонанса токов (диаграмма рисунок 8).
- 7.2 Построить векторную диаграмму в момент, когда $I_C < I_L$
- 7.3 Построить векторную диаграмму в момент, когда $I_C > I_L$
- 7.4 Рассчитать коэффициент мощности потребляемой данной электрической цепью.

8 Контрольное задание для отчёта

Задача

1 При подключении к индуктивности источника постоянного тока, напряжением 8 В, амперметр показал 120 мА, а при подключении источника переменного тока напряжением 60 В, амперметр показал 110 А, частота сети 50 Гц.

Рассчитать активное сопротивление, реактивное, полное сопротивление индуктивности.

Рассчитать емкость конденсатора при подключении, конденсатора в цепь параллельно.

8 Требования к структуре и содержанию отчёта по лабораторной работе

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам». Образец оформления титульного листа отчета приведён в Приложении А.

В отчёте необходимо указать:

- объём учебного времени, отведённого на лабораторную работу;
- основные цели лабораторной работы;
- требования ФГОС СПО к результатам освоения учебной дисциплины, реализуемые на лабораторной работе;
- оборудование;
- план проведения занятия;
- результаты решения профессиональных задач (анализ производственных ситуаций, выполнение вычислений, расчётов, работа с электроизмерительными приборами, оборудованием, правила электробезопасности при электроизмерениях, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и др.);
- перечень контрольных вопросов для отчёта;
- ответы на контрольные вопросы для отчета;
- вывод, сформулированный по полученным результатам.

9 Формы и методы контроля и критерии оценки результатов обучения

Результаты обучения	Критерии оценки	Методы оценки
---------------------	-----------------	---------------

Умения: Читать схемы электрических сетей	Читает схемы электрических сетей	Текущий контроль: тестирование, оценивание практических занятий, лабораторных работ. Оценка докладов и сообщений, рефератов,
Вести оперативный учет работы энергетических установок	Ведёт оперативный учет работы энергетических установок	

Для проведения оценки результатов обучения установлены следующие критерии:

- оценка «5» (отлично). Обучающийся выполняет профессиональные действия и демонстрирует практические умения без ошибок, в полной мере владеет учебным материалом, самостоятельно интерпретирует полученные результаты, технически грамотно формулирует выводы. Не допускает ошибок в процессе защиты отчёта. Отчёт оформлен в соответствии с установленными требованиями;

- оценка «4» (хорошо) Обучающийся выполняет профессиональные действия и демонстрирует практические умения без ошибок, владеет учебным материалом, самостоятельно интерпретирует полученные результаты, технически грамотно формулирует выводы. Допускает неточности в процессе защиты отчёта. Отчёт оформлен в соответствии с установленными требованиями;

- оценка «3» (удовлетворительно) Обучающийся выполняет профессиональные действия с затруднением и практические умения демонстрирует, допуская ошибки, учебным материалом владеет не полно, интерпретирует полученные результаты не точно, не в полной мере формулирует выводы. Допускает ошибки в процессе защиты отчёта. Отчёт не совсем соответствует с установленным требованиям;

- оценка «2» (неудовлетворительно) Обучающийся не выполняет профессиональные действия и не демонстрирует практические умения, не владеет учебным материалом, технически безграмотен. Отчёт оформлен не в соответствии с установленными требованиями.

Лабораторная работа №3. «Исследование трёхфазных цепей при соединении потребителей «звездой» и «треугольником».

Тема 3. Переменный электрический ток

1 Объём учебного времени, отведённого на лабораторную работу– 2 часа

2 Основные цели лабораторной работы:

2.3 Освоение основных законов электрических цепей;

2.2 Решение теоретических и практических задач.

3 Требования ФГОС СПО к результатам освоения учебной дисциплины, реализуемые на лабораторной работе

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- читать электрические схемы;
- вести оперативный учет работы энергетических установок

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- основы электротехники;
- устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов;
- устройство и принцип действия аппаратуры управления электроустановками.

4 Оборудование

4.1 Понижающий трехфазный трансформатор 380/42 В;

4.2 Панель с набором ламп накаливания;

4.3 Амперметры на 200 мВ -4 шт;

4.4 Вольтметр многопредельный;

4.5 Соединительные провода.

3 Теоретические сведения

Потребители электроэнергии в трехфазной системе переменного тока обычно соединяются по схеме звезды.

Если при соединении потребителей звездой активные и реактивные сопротивления в фазах

$$R_A=R_B=R_C \text{ и } X_A=X_B=X_C$$

а значит, полные сопротивления всех фаз равны между собой, то такой потребитель называется симметричным (рисунок 10).

После подключения трехфазного потребителя к генератору в трехфазной цепи возникают токи.

Ток, протекающий в фазе, называется фазным током I_{ϕ} , а ток, протекающий в линейном проводе, — линейным $I_{\text{л}}$.

Принято считать, что в обмотках генератора фазные токи направлены от концов фаз к их началам, а линейные токи направлены от генератора к потребителю. В фазах потребителя фазные токи принято считать направленными от начала фаз к их концам. Нетрудно заметить, что при соединении фаз звездой соответствующие фазные и линейные токи равны между собой, т. е. $I_{\phi} = I_{\text{л}}$.

При симметричной нагрузке фазные токи потребителя тоже равны между собой и сдвинуты друг относительно друга на угол 120° или по времени на $1/3$ периода.

Так как сумма трех одинаковых векторов, расположенных под углом 120° друг к другу, равна нулю, то ток в нулевом проводе не протекает.

Поэтому при соединении звездой симметричного потребителя нулевой провод не нужен.

Так как при симметричной нагрузке треугольник линейных напряжений подобен треугольнику линейных напряжений генератора, то фазное напряжение потребителя меньше

линейного в $\sqrt{3}$ раз, поэтому, если обмотки трехфазного генератора соединены звездой и линейное напряжение потребителя, например, равно 380 В, то каждая фаза симметричного потребителя находится под напряжением 220 В. Если же линейное напряжение равно 220 В, то фазное — 127 В.

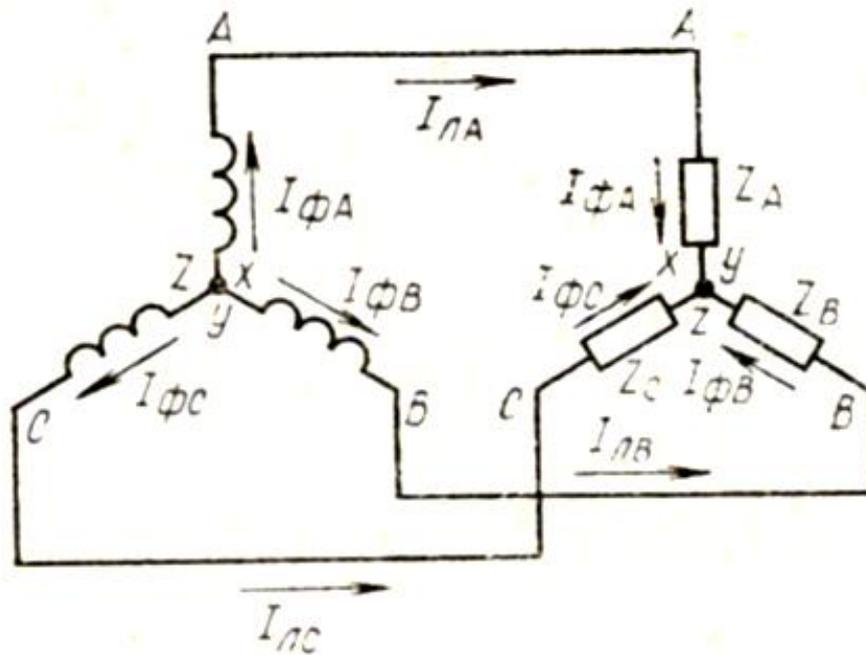


Рисунок 10. Соединение потребителей, звездой
По закону Ома, фазные токи равны:

$$I_A = U_A / Z_A, \quad I_B = U_B / Z_B \quad \text{и} \quad I_C = U_C / Z_C. \quad (1)$$

Углы сдвигов между фазными током и напряжением определяются через их косинусы:

$$\cos \varphi_A = R_A / Z_A, \quad \cos \varphi_B = R_B / Z_B \quad \text{и} \quad \cos \varphi_C = R_C / Z_C. \quad (2)$$

У симметричного потребителя углы сдвига фаз между фазным током и напряжением во всех фазах одинаковы.

В случае несимметричного потребителя, соединенного звездой, и в отсутствие нулевого провода фазные напряжения в отличие от линейных не равны друг другу. Векторная диаграмма напряжений для этого случая изображена на рисунке 11. Изменение фазных напряжений ведет к ухудшению работы потребителя и даже может при вести к выходу его из строя.

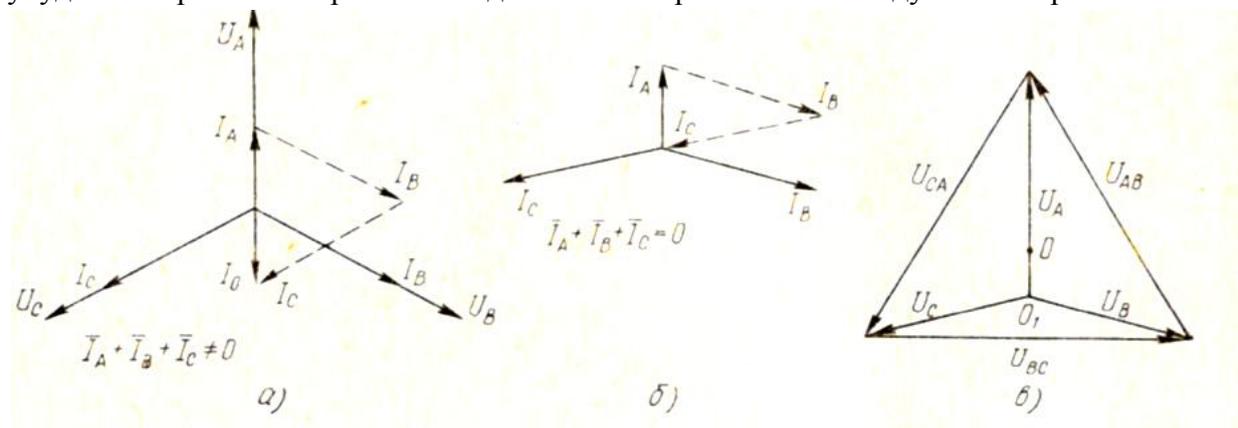


Рисунок 11 Векторные диаграммы токов и напряжений при несимметричной нагрузке и соединении потребителей звездой

Это вызвано тем, что первый закон Кирхгофа не может быть выполнен, если фазные токи не равны между собой, но сдвинуты друг относительно друга на 120° (рисунок 2, а). Первый закон Кирхгофа выполняется только в том случае, если углы сдвига фаз между токами не равны 120° (рисунок 2б). Изменение углов между фазными токами влечет за собой изменение углов между фазными напряжениями (рисунок 11в).

Увеличение напряжения U_A может вывести из строя потребитель.

Частными случаями несимметричной нагрузки являются короткое замыкание одной из фаз потребителя и обрыв одного из линейных проводов, идущих к потребителю.

В случае короткого замыкания фазы ток в ней сильно возрастает, а напряжение на этой фазе потребителя станет равным нулю. Зато напряжения на двух других фазах увеличатся до линейного. На рисунок 3, а показана векторная диаграмма напряжений потребителя при коротком замыкании фазы. Нулевая точка диаграммы сместилась в верхний угол треугольника линейных напряжений.

При обрыве линейного провода напряжение на одной из фаз становится равным нулю, а напряжение на двух других фазах равно половине линейного. На рисунке 12б показана векторная диаграмма напряжений потребителя при обрыве одного линейного провода А. Напряжение на фазе А равно нулю, а напряжения на фазах В и С равны $U_{BC}/2$. Линейные напряжения U_{AB} и U_{CA} также равны половине линейного напряжения U_{BC} и поэтому вершина треугольника линейных напряжений легла на его основание.

Таким образом, при обрыве линейного провода в трехпроводной цепи приемники фазы, где произошел обрыв, перестают работать, а приемники в двух других фазах работают при пониженном напряжении. Из диаграммы видно, что система трехфазного переменного тока при обрыве линейного провода превратилась в однофазную.

Для того чтобы выровнять фазные напряжения при несимметричном потребителе, необходимо соединить нулевые точки генератора и потребителя нулевым проводом. При этом образуется так называемая четырехпроводная система. В нулевом проводе потечет ток I_0 (рисунок 12 а) и поэтому диаграмма напряжений не искажается.

Четырехпроводная система просто необходима в случае осветительной нагрузки, так как нагрузка, а значит и токи фаз будут различны. При осветительной нагрузке ток в нулевом проводе меньше линейных токов, поэтому сечение нулевого провода меньше сечения нулевых проводов.

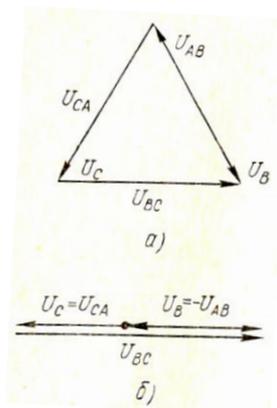


Рисунок 12 Частный случай несимметричной нагрузки (а-короткое замыкание, б – обрыв линейного провода).

На рисунке 13 показана схема включения осветительных приборов в трехфазную сеть. При такой схеме изменение числа потребителей в одной из фаз не вызывает изменения фазных напряжений.

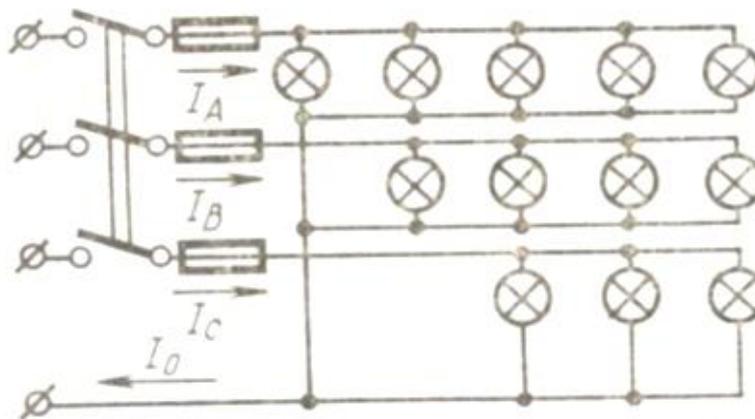


Рисунок 13 Осветительная сеть

Если фазные обмотки генератора (трансформатора) соединить так, чтобы конец первой обмотки был соединен с началом второй, конец второй – с началом третьей, а конец третьей с началом первой и от точек соединения фаз протянуть провода к потребителю, то получится соединение, которое называют треугольником (рисунок 14).

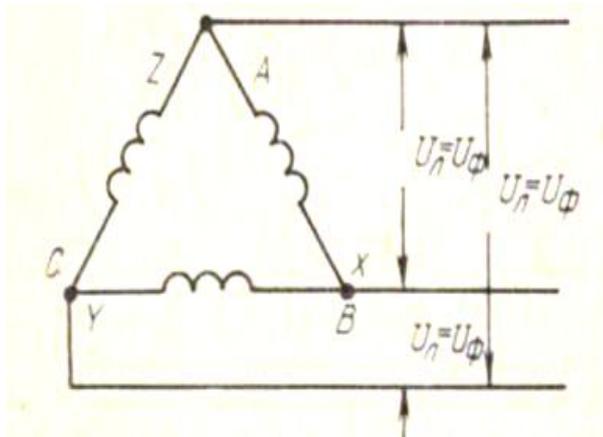


Рисунок 14 Соединение обмоток генератора треугольником

Напряжение между линейными проводами в этом случае равно фазному, так как линейные провода подключены к концу каждой фазы, т. е.

$$\begin{aligned} U_{ab} &= U_a, \\ U_{bc} &= U_b, \\ U_{ca} &= U_c \end{aligned} \quad (3)$$

Так как в любой момент времени сумма э. д. с. фаз равна нулю, то в замкнутом контуре, образованном обмотками фаз генератора, ток отсутствует.

При неправильном включении обмоток генератора треугольником возможен случай короткого замыкания цепи. Например, при неправильном соединении концов у и z, С и А получим

$$E_A + E_B = -E_C;$$

$$-E_C - E_C = -2E_C,$$

т. е. сумма э. д. с. в замкнутом контуре равна удвоенному значению фазной э. д. с., а так как сопротивление обмоток генератора очень мало, то это равносильно короткому замыканию.

На рисунок 14. показана конструктивная схема трехфазного трансформатора. Трансформатор имеет общий магнитопровод для первичных и вторичных обмоток всех трех фаз.

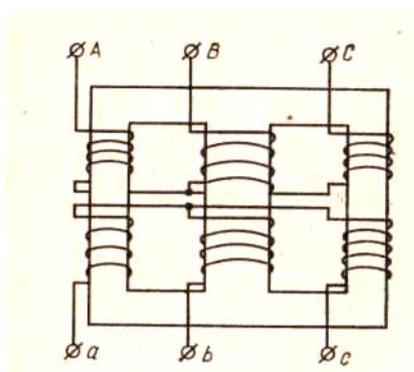


Рисунок 14 Схема трехфазного трансформатора

Применяют три схемы соединения обмоток трехфазных трансформаторов: звезда — звезда с выведенным нулем, звезда — треугольник, звезда с нулем — треугольник (рисунок 15)

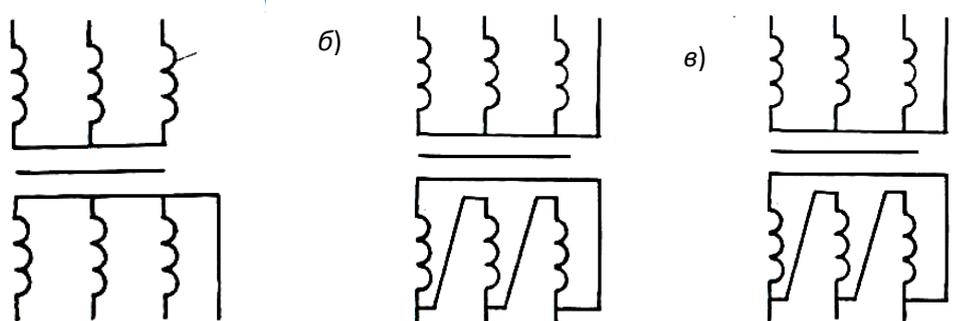


Рисунок 15 Схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора а- звезда — звезда а с выведенным нулем; б- звезда — треугольник; в)- звезда с нулем — треугольник.

Выбор той или иной схемы соединения обмоток трехфазных трансформаторов определяется техническими и экономическими соображениям. Например, при соединении звездой фазная ЭДС в $\sqrt{3}$ раз меньше линейной. Поэтому для получения необходимой величины ЭДС потребуется в $\sqrt{3}$ раз меньше витков, чем при соединении фаз треугольником, когда фазная ЭДС равна линейной. Таким образом, экономится больше количество дорогого цветного металла и поэтому обычно у трансформаторов малой и средней мощности обмотки соединяются по схеме «звезда — звезда». Обмотки мощных трансформаторов обычно соединяются по схеме «звезда — треугольник», так как при больших мощностях токи в обмотках, т. е. фазные токи, в $\sqrt{3}$ раз меньше токов линейных проводов. Это позволяет при сравнительно небольших сечениях обмоток трансформатора питать мощные потребители трехфазного тока.

Исследование режимов работы трехфазного трансформатора выполняется на трехфазном трансформаторе **380/42 В**.

Трансформатор размещен в специальном корпусе. На переднюю, панель корпуса выведены зажимы начал и концов вторичных обмоток. Зажимы от обмоток на корпусе расположены в два ряда, начала обозначены буквами (А-В-С), концы обмоток (х-у-з). Зажимы расположены так, что при замыкании зажимов (х-у-з) или (а-в-с) горизонтальными перемычками вторичные обмотки (фазы) трансформатора соединяются в звезду, а при замыкании зажимов тремя вертикальными перемычками фазы соединяются в треугольник (рисунок 16). Такое расположение зажимов позволяет, не раздумывая, производить переключения обмоток со звезды на треугольник.

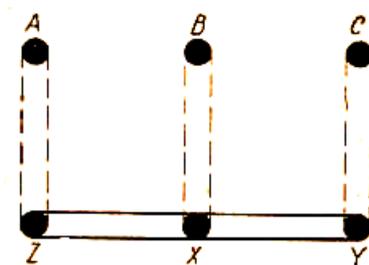


Рисунок 16 Схема соединения выводов вторичной обмотки трехфазного трансформатора
Линейные напряжения $U_{\text{Л}АВ}$, $U_{\text{Л}ВС}$, $U_{\text{Л}АС}$, фазные напряжения $U_{\text{Ф}А}$, $U_{\text{Ф}В}$, $U_{\text{Ф}С}$ измеряются вольтметром электромагнитной системы.

6 Тренировочное (учебное) задание

6.1 Соединить вторичные обмотки трансформатора по схеме показанной на рисунке 16, убедиться в правильности сборки.

6.2 Включить электрическую вилку трансформатора в сеть, включить автомат выключатель.

6.3 Измерить линейные напряжения $U_{АВ}$, $U_{АС}$, $U_{ВС}$.

6.4 Измерить фазные напряжения $U_{АХ}$, $U_{СХ}$, $U_{ВХ}$, измерения свести в таблицу 5.

6.5 Убедиться в справедливости $U_{\text{Л}} > \sqrt{3} U_{\text{Ф}}$.

Таблица 5 Экспериментальные измерения линейных и фазных напряжений

Линейные напряжения, В			Фазные напряжения, В		
$U_{АВ}$	$U_{АС}$	$U_{ВС}$	$U_{АХ}$	$U_{ВХ}$	$U_{СХ}$

6.6 Отключить трансформатор от сети и соединить вторичные обмотки трансформатора в треугольник, для этого установить переключки вертикально.

6.7 Измерить фазные и линейные напряжения, убедиться в справедливости $U_{Л} = U_{Ф}$.

7 Задания для самостоятельного выполнения

7.1 Собрать электрическую схему соединения ламп накаливания в звезду (рисунок 17), убедиться в правиле сборки.

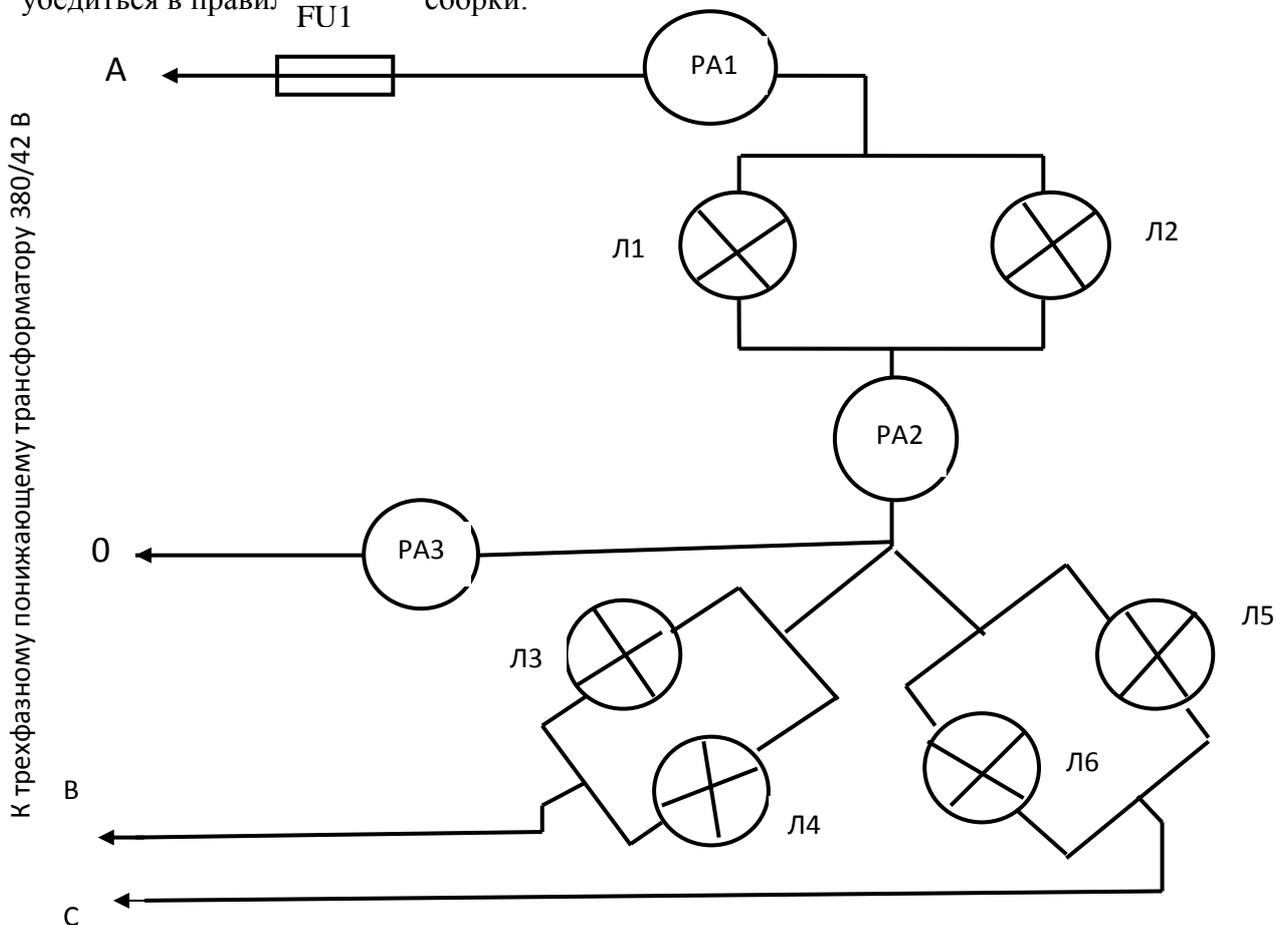


Рисунок 17 Схема соединения потребителей электрической энергии (ламп накаливания) звездой

Трехфазным источником питания служит понижающий трехфазный трансформатор 380/42 В, вторичные обмотки которого соединить по схеме звезда (см. передняя панель трехфазного трансформатора).

7.2 Включить электрическую вилку трансформатора в сеть, включить автомат выключатель.

7.3 Измерить силу тока в нулевом проводе, I_0 , измерить линейный $I_{Л}$, и фазный $I_{Ф}$, токи.

Убедиться, что в случае соединения потребителей звездой линейный ток равен фазному току.

$$I_{Л} = I_{Ф}, (A).$$

7.4 Вывернуть предохранитель FU1, тем самым создать обрыв линейного провода в фазе А, убедиться, что при обрыве линейного провода напряжение на фазе $U_{ФА}$ равна нулю, а напряжение на фазах $U_{ФВ}$ и $U_{ФС}$ равно половине линейного, система превратилась в однофазную.

7.5 Результаты измерений свети в таблицу 6.

Таблица 6 Экспериментальные и расчетные данные

Ток в нулевом проводе I_0 , А	Линейный ток I_L , А	Фазный ток I_ϕ , А	Линейное напряжение, В			Фазное напряжение, В			При обрыве линейного провода	
			$U_{Л\Delta B}$	$U_{Л\Delta C}$	$U_{Л\Delta A}$	$U_{\phi A}$	$U_{\phi B}$	$U_{\phi C}$	$U_{\phi C}$	$U_{\phi B}$

8 Контрольное задание для отчёта

Задача

Три катушки с сопротивлением $Z = 10 \text{ Ом}$, соединены звездой и подключены к сети с линейным напряжением $U_L = 120 \text{ В}$. Определить активную мощность фазы и всей цепи, если активное сопротивление каждой катушки $R = 6 \text{ Ом}$.

Задача 2

Активная мощность развиваемая в трехфазной цепи 20 кВт, а реактивная 15 кВАр. чему равен $\cos\phi$ цепи?

9 Требования к структуре и содержанию отчёта по лабораторной работе

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам». Образец оформления титульного листа отчета приведён в Приложении А.

В отчёте необходимо указать:

- объём учебного времени, отведённого на лабораторную работу;
- основные цели лабораторной работы;
- требования ФГОС СПО к результатам освоения учебной дисциплины, реализуемые на лабораторной работе;
- оборудование;
- план проведения занятия;
- результаты решения профессиональных задач (анализ производственных ситуаций, выполнение вычислений, расчётов, работа с электроизмерительными приборами, оборудованием, правила электробезопасности при электроизмерениях, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и др.);
- перечень контрольных вопросов для отчёта;
- ответы на контрольные вопросы для отчета;
- вывод, сформулированный по полученным результатам.

10 Формы и методы контроля и критерии оценки результатов обучения

Результаты обучения	Критерии оценки	Методы оценки
Умения: Читать схемы электрических сетей	Читает схемы электрических сетей	Текущий контроль: тестирование, оценивание

Вести оперативный учет работы энергетических установок	Ведёт оперативный учет работы энергетических установок	практических занятий, лабораторных работ. Оценка докладов и сообщений, рефератов,
--	--	---

Для проведения оценки результатов обучения установлены следующие критерии:

- оценка «5» (отлично). Обучающийся выполняет профессиональные действия и демонстрирует практические умения без ошибок, в полной мере владеет учебным материалом, самостоятельно интерпретирует полученные результаты, технически грамотно формулирует выводы. Не допускает ошибок в процессе защиты отчёта. Отчёт оформлен в соответствии с установленными требованиями;

- оценка «4» (хорошо) Обучающийся выполняет профессиональные действия и демонстрирует практические умения без ошибок, владеет учебным материалом, самостоятельно интерпретирует полученные результаты, технически грамотно формулирует выводы. Допускает неточности в процессе защиты отчёта. Отчёт оформлен в соответствии с установленными требованиями;

- оценка «3» (удовлетворительно) Обучающийся выполняет профессиональные действия с затруднением и практические умения демонстрирует, допуская ошибки, учебным материалом владеет не полно, интерпретирует полученные результаты не точно, не в полной мере формулирует выводы. Допускает ошибки в процессе защиты отчёта. Отчёт не совсем соответствует с установленным требованиям;

- оценка «2» (неудовлетворительно) Обучающийся не выполняет профессиональные действия и не демонстрирует практические умения, не владеет учебным материалом, технически безграмотен. Отчёт оформлен не в соответствии с установленными требованиями.

11 Информационное обеспечение реализации программы

Для реализации программы библиотечный фонд образовательной организации должен иметь печатные и/или электронные образовательные и информационные ресурсы, рекомендуемых для использования в образовательном процессе.

12 Печатные издания

1. Синдеев Ю. Г. Электротехника с основами электроники : учеб. пособие / Ю. Г. Синдеев. – М. : Феникс, 2018. – 416 с.
2. Данилов И. А. Общая электротехника с основами электроники : учеб. пособие для СПО и ВУЗов/ И.А. Данилов. – М.: Высш. шк., 2016. – 663 с.
3. Зайцев, В. Е. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок : учеб. пособие для сред. проф. образования / В. Е. Зайцев, Т. А. Нестерова. – М. : Академия, 2018. – 128 с.

13 Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Электрик [Электронный ресурс], Режим доступа : elektrik.org/elbook/site2.php
2. Электроснабжение и рациональное использование электроэнергии Электрик [Электронный ресурс], Режим доступа : <http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/gl12.htm>

14. Дополнительные источники

1. Теплякова, О. А. Электротехника и электроника : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Электротехника / О. А. Теплякова. – Волгоград : Ин-фолио, 2012. – 272 с.
2. Немцов М. В. Электротехника : учеб. пособие / М. В. Немцов, И. И. Светлакова. – М. : Феникс, 2013. – 360 с.
3. Шеховцов, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В. П. Шеховцов. – М.: ИНФРА-М: ФОРУМ., 2011. – 136 с.
4. Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование / В. П. Шеховцов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 416с.:
5. Склавинский, А. К. Электротехника с основами электроники : учеб. пособие / А. К. Склавинский, И. С. Туревский. – М.: ИД “ФОРУМ”, 2009. – 448с.:
6. Афонин, А. М. Энергосберегающие технологии в промышленности : учеб. пособие / А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова, С. А. Петрова. – М.: ФОРУМ, 2013. – 272с.
7. Алиев, И. И. Электротехника и электрооборудование : Справочник / И. И. Алиев. – М.: Высш. шк., 2012. – 1200 с.

Приложение А

Образец оформления титульного листа отчёта по лабораторной работе
на базе основного общего образования

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Новоуральский технологический институт
(колледж НТИ НИЯУ МИФИ)

Цикловая методическая комиссия
промышленного и гражданского строительства

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ НА ТЕМУ

**«Исследование трёхфазных цепей при соединении потребителей «звездой» и
«треугольником».**

Учебная дисциплина

ОП.03 «Основы электротехники»

Специальность СПО 08.02.01

«Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

очная форма обучения

Выполнил

студент группы КСТ–28 Д

Иванов И.И.

дата

Подпись

Проверил

преподаватель

дата

Подпись

Новоуральск 2022