



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А.И.Колесниченко

ОП.03 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методическое пособие для выполнения лабораторных занятий по специальности

23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ

РАЗРАБОТЧИК	Вахрамеева А.М.
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Чечеткина А.А.
ГОД РАЗРАБОТКИ	2022
ГОД ОБНОВЛЕНИЯ	2025

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 2/47

Содержание

Введение	3
Перечень лабораторных работ	6
Раздел 1 Электрические цепи постоянного тока	7
Тема 1.1 Конденсаторы	7
Лабораторная работа № 1 Расчет суммарной емкости при различных соединениях конденсаторов	7
Тема 1.3 Расчет электрической цепи постоянного тока	11
Лабораторная работа № 2 Расчет цепи постоянного тока при последовательном соединении потребителей	11
Лабораторная работа № 3 Расчет цепи постоянного тока при смешанном соединении потребителей	14
Лабораторная работа № 4 Исследование электрической цепи при последовательном соединении потребителей	18
Лабораторная работа № 5 Исследование электрической цепи при параллельном соединении потребителей	21
Лабораторная работа № 6 Исследование электрической цепи при смешанном соединении потребителей	23
Раздел 2 Электромагнетизм	23
Тема 2.2. Электромагнитная индукция	23
Лабораторная работа № 7 Исследование явления электромагнитной индукции	23
Раздел 3. Электрические приборы и измерения	25
Тема 3.2 Измерительные приборы	25
Лабораторная работа № 8 Поверка измерительных приборов	25
Лабораторная работа № 9 Измерение сопротивлений	28
Раздел 4. Однофазные цепи переменного тока	31
Тема 4.2. Расчет однофазных цепей переменного тока	31
Лабораторная работа № 10 Исследование последовательного соединения активного сопротивления и индуктивности	31
Лабораторная работа № 11 Исследование последовательного соединения активного сопротивления и емкости	33
Лабораторная работа № 12 Исследование резонанса токов	36
Раздел 5 Трехфазные цепи переменного тока	38
Тема 5.1 Способы соединения трехфазных цепей	38
Лабораторная работа № 13 Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей «звездой»	38
Лабораторная работа № 14 Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей «треугольником»	41
Раздел 7 «Электрические машины»	43
Тема 7.2. «Электрические машины переменного тока»	43
Лабораторная работа № 15 Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	43
Используемые источники литературы	47

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 3/47

Введение

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой «Электротехника и электроника» для специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей.

Рабочей программой дисциплины «Электротехника и электроника» для специальности 23.02.07. «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» для проведения лабораторных работ предусмотрено 40 академических часов.

Целью проведения лабораторных работ является формирование компетенций закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Кроме того, в процессе выполнения лабораторных работ теоретические знания обобщаются, систематизируются, конкретизируются, возникает способность применять теоретические знания на практике.

Выполнение лабораторных работ направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	С. 4/47

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1. Осуществлять диагностику систем, узлов и механизмов автомобильных двигателей.

ПК 2.1. Осуществлять диагностику электрооборудования и электронных систем автомобилей.

ПК 2.2. Осуществлять техническое обслуживание электрооборудования и электронных систем автомобилей согласно технологической документации.

ПК 2.3. Проводить ремонт электрооборудования и электронных систем автомобилей в соответствии с технологической документацией.

В данной дисциплине проведение лабораторных работ вырабатывает навык монтажа электрических схем, умение пользоваться электроизмерительными приборами, способность обрабатывать полученные результаты исследования, делая при этом выводы.

Перед проведением лабораторных работ курсанты должны изучить соответствующий материал, понять цель работы, ознакомиться с содержанием и последовательностью работы, а преподаватель проверить их готовность к проведению задания.

К лабораторным работам допускаются обучающиеся, прошедшие инструктаж по технике безопасности, пожарной безопасности, обученные правилам и приемам их выполнения. Основные требования по правилам техники безопасности даны в приложении.

Основной целью методических пособий является оказание помощи обучающимся при выполнении лабораторных работ. Методические указания к каждой лабораторной работе содержат пояснение цели работы, перечень используемых в данной работе приборов и оборудования, исследуемую электрическую схему, порядок выполнения работы, вопросы для самоконтроля и форму отчета по проделанной работе.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 5/47

При оформлении отчета по лабораторной работе необходимо схемы, графики, таблицы выполнять с помощью чертежных инструментов, карандашом.

Расчеты следует производить, используя все единицы измерения в системе СИ.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 6/47

Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
Раздел 1. Электрические цепи постоянного тока		
Тема 1.1. Конденсаторы		
1	Расчет суммарной емкости при различных соединениях конденсаторов	3
Тема 1.3. Расчет электрической цепи постоянного тока		
2	Расчет цепи постоянного тока при последовательном соединении потребителей	3
3	Расчет цепи постоянного тока при смешанном соединении потребителей	3
4	Исследование электрической цепи при последовательном соединении потребителей	3
5	Исследование электрической цепи при параллельном соединении потребителей	3
6	Исследование электрической цепи при смешанном соединении потребителей	3
Раздел 2. Электромагнетизм		
Тема 2.2. Электромагнитная индукция		
7	Исследование явления электромагнитной индукции	3
Раздел 3. Электрические приборы и измерения		
Тема 3.2. Измерительные приборы		
8	Поверка измерительных приборов	3
9	Измерение сопротивлений	3
Раздел 4. Однофазные цепи переменного тока		
Тема 4.2. Расчет однофазных цепей переменного тока		
10	Исследование последовательного соединения активного сопротивления и индуктивности	3
11	Исследование последовательного соединения активного сопротивления и емкости	2
12	Исследование резонанса токов	2
Раздел 5. Трехфазные цепи переменного тока		
Тема 5.1. Способы соединения трехфазных цепей		
13	Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей «звездой»	2
14	Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей «треугольником»	2
Раздел 7. Электрические машины		
Тема 7.2. Электрические машины переменного тока		
15	Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2
Итого		40

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 7/47

Раздел 1 Электрические цепи постоянного тока
Тема 1.1 Конденсаторы
Лабораторная работа № 1 Расчет суммарной емкости при различных соединениях конденсаторов

Цель работы:

* Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3

- Закрепление знаний по теме «Конденсаторы»;
- Привитие практических навыков и умений рассчитывать общую емкость при различных соединениях конденсаторов;
- Изучение распределения напряжения, заряда в цепи при различных соединениях конденсаторов.

Содержание и порядок выполнения работы:

Краткие сведения из теории

При *последовательном* соединении конденсаторов (рис. 1.14) электрические заряды на обкладках конденсаторов равны по величине:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q.$$

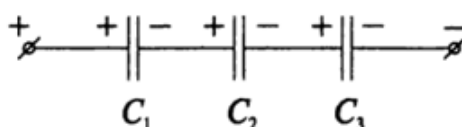


Рис. 1.14

Напряжение между обкладками отдельных конденсаторов может быть различно:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{Q}{C_2}; \quad U_3 = \frac{Q}{C_3}.$$

Общее напряжение определяется суммой напряжений на каждом конденсаторе:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

Эквивалентная емкость конденсаторов:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{U_1 + U_2 + U_3}.$$

Преобразовав последнее выражение, получим:

$$\frac{1}{C} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

Отсюда эквивалентная емкость трех последовательно включенных конденсаторов:

$$C = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3},$$

А эквивалентная емкость двух последовательно соединенных конденсаторов:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Если последовательно включить n одинаковых конденсаторов с емкостью $C(i)$, то их эквивалентная емкость составит:

$$C = \frac{C_i}{n}.$$

На практике чаще применяют параллельное соединение конденсаторов (рис. 1.15), при котором напряжение на всех конденсаторах одинаково:

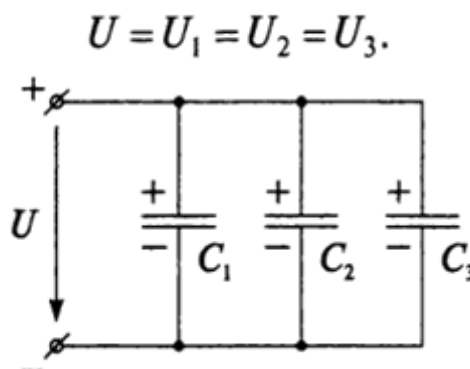


Рис. 1.15

Величина заряда на обкладках конденсаторов имеет разные значения и зависит от емкости:

$$Q_1 = C_1 U; \quad Q_2 = C_2 U; \quad Q_3 = C_3 U.$$

Эквивалентный заряд всех конденсаторов:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Определим эквивалентную емкость параллельно соединенных конденсаторов:

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	С. 9/47

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{U} = C_1 + C_2 + C_3.$$

Если параллельно включить n одинаковых конденсаторов емкостью $C(i)$, то их эквивалентная емкость составит:

$$C = nC_i.$$

Пример 1.1

Для цепи со смешанным соединением конденсаторов (рис. 1.16) определить эквивалентную емкость, заряд и энергию электрического поля всей цепи, если $C_1 = 10$ мкФ, $C_2 = C_3 = C_4 = 20$ мкФ. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения 120 В.

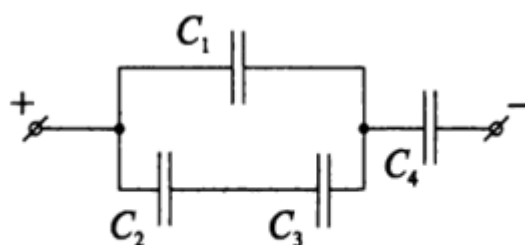


Рис. 1.16

Решение:

$$C_{2,3} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10 \text{ мкФ};$$

$$C_{1-3} = C_1 + C_{2,3} = 10 + 10 = 20 \text{ мкФ};$$

$$C = \frac{C_{1-3} C_4}{C_{1-3} + C_4} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10 \text{ мкФ};$$

$$Q = UC = 120 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ Кл};$$

$$W_{\text{Э}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 120^2}{2} = 0,07 \text{ Дж}.$$

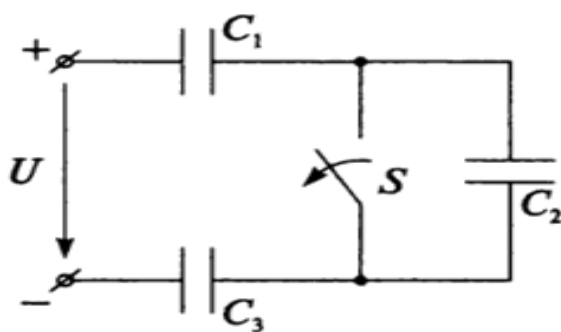


Рис. 1.17

1. Изучите краткие сведения из теории.
2. Рассмотрите, как соединить конденсаторы последовательно, параллельно и смешанно.
3. Уясните и запомните соотношения между напряжениями, зарядами и емкостями конденсаторов
4. Разберитесь с примером 1.1., приведенном в кратких сведениях из теории.
5. Решите задачу на расчет суммарной емкости при смешанном соединении конденсаторов в соответствии с заданием (вариантом). Расчет занесите в тетрадь для отчетов по лабораторным работам.
6. В результате проделанной работы высказать свои соображения по распределению напряжения, зарядов, а также зависимости общей емкости от способа соединения конденсаторов.

Вопросы для самопроверки и закрепления темы:

1. В каких единицах измеряется емкость? Производные единицы и соотношения между ними.
2. Что представляет собой конденсатор?
3. От каких факторов зависит емкость конденсаторов?
4. Как определяется общая емкость при последовательном соединении конденсаторов?
5. Как определяется общая емкость при параллельном соединении конденсаторов?
6. Как определяется емкостное сопротивление? Как оно зависит от частоты?

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 11/47

Тема 1.3 Расчет электрической цепи постоянного тока
Лабораторная работа № 2 Расчет цепи постоянного тока при
последовательном соединении потребителей

Цель работы:

- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- * Закрепление знаний по теме «Расчет цепи постоянного тока»;
- * Привитие практических навыков и умений рассчитывать цепь постоянного тока
- * Изучение распределения тока, напряжения при последовательном соединении потребителей.

Содержание и порядок выполнения работы:

Краткие сведения из теории:

Особенность цепи с последовательным соединением потребителей электрической энергии: по всем ее элементам течет один и тот же ток. Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для цепи (рис. 3.4), приняв обход контура совпадающим с направлением тока. Считаем, что сопротивления источников равны нулю.

$$E_1 - E_2 + E_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3. \quad (3.1)$$

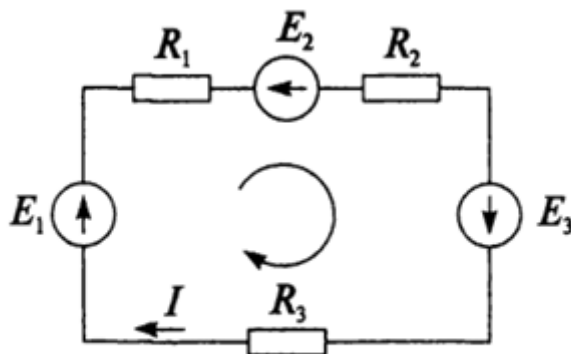


Рис. 3.4

Из уравнения (3.1) выразим ток:

$$I = \frac{E_1 - E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

$$E_1 - E_2 + E_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3.$$

Из уравнения (3.1) выразим ток:

$$I = \frac{E_1 - E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

Анализ данного выражения показывает, что с увеличением числа последовательно соединенных резисторов ток в цепи уменьшается. Эквивалентное сопротивление цепи можно определить:

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3.$$

В случае соединения n одинаковых последовательно включенных резисторов с сопротивлением R , их эквивалентное сопротивление составит:

$$R_{\text{экв}} = nR_i.$$

Умножив обе части уравнения (3.1) на ток I , получим уравнение баланса мощностей:

$$E_1 I - E_2 I + E_3 I = I^2 R_1 + I^2 R_2 + I^2 R_3.$$

Преобразуем цепь, как показано на рис. 3.5.

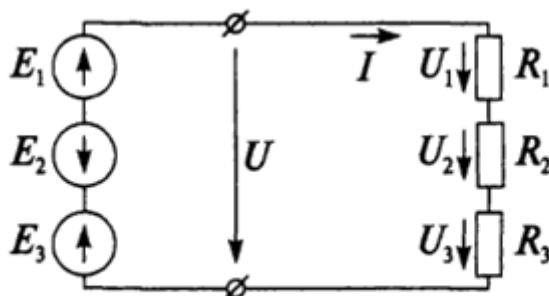


Рис. 3.5

Тогда можно записать:

$$U = E_1 - E_2 + E_3 = U_1 + U_2 + U_3,$$

где $U_1 = IR_1$; $U_2 = IR_2$; $U_3 = IR_3$.

Недостаток последовательного соединения элементов заключается в том, что при выходе из строя хотя бы одного элемента прекращается работа всех остальных.

Пример 3.2

Потребитель питается от сети с напряжением 220В. Какое сопротивление следует включить последовательно с потребителем, чтобы уменьшить его ток с 6 до 2 А?

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 13/47

Решение:

$$R_{\text{потреб}} = \frac{U}{I_1} = \frac{220}{6} = 36,67 \text{ Ом};$$

$$R = \frac{U}{I_2} - R_{\text{потреб}} = \frac{220}{2} - 36,67 = 73,33 \text{ Ом}.$$

1. Изучите вопросы теории о последовательном соединении потребителей электрической энергии;
2. Рассмотрите соотношения между токами, напряжениями при последовательном соединении потребителей.
3. Разберитесь с решением примера, приведенного в кратких сведениях из теории;
4. Решите задачи в соответствии с заданием (вариантом). Расчеты занести в тетрадь для отчетов по лабораторным работам.
5. В результате проделанной работы высказать свои соображения по распределению напряжения, токов, а также зависимости общего сопротивления от способа соединения резисторов.

Вопросы и задания для самопроверки и закрепления темы:

1. В чем состоит особенность неразветвленной электрической цепи?
2. Как определить эквивалентное сопротивление последовательно соединенных резисторов?
3. Определите эквивалентное сопротивление 15-ти последовательно соединенных резисторов, каждый из которых имеет сопротивление 10 Ом.
4. Как определить падение напряжения на участке электрической цепи?
5. Как определить общее напряжение при последовательно соединенных резисторах?
6. Какой недостаток имеет последовательное соединение элементов?
7. Электрический чайник с номинальным напряжением 120В и сопротивлением 60 Ом необходимо включить в сеть с напряжением 220В. Какое сопротивление следует включить последовательно с чайником, чтобы он мог работать при номинальном напряжении?

МО–23 02 07-ОП.03.Л3	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 14/47

8. Записать и сформулировать закон Ома для участка цепи, для полной электрической цепи.

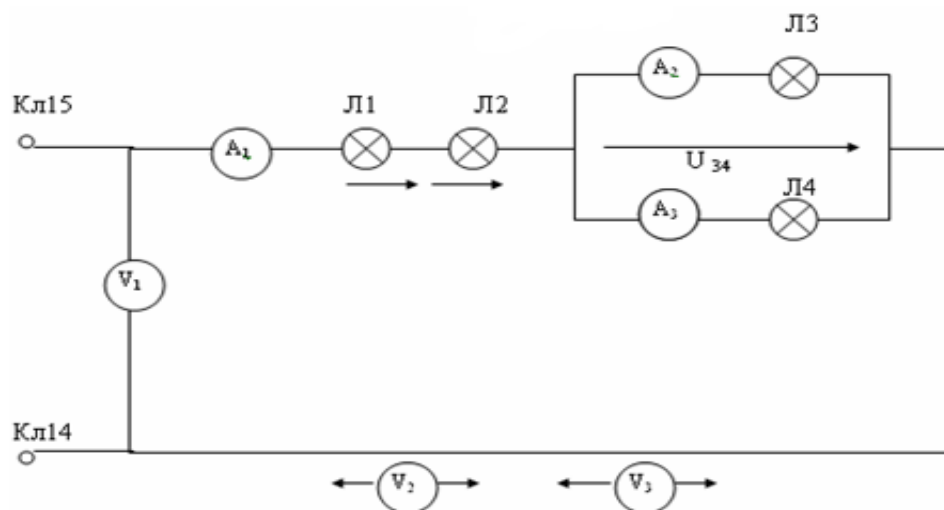
9. Записать и сформулировать закон Джоуля - Ленца.

10. Записать единицы измерения следующих электрических величин: напряжение, электрический заряд, электрический ток, проводимость, удельное сопротивление, плотность электрического тока, электродвижущая сила.

Тема 1.3 Расчет электрической цепи постоянного тока Лабораторная работа № 3 Расчет цепи постоянного тока при смешанном соединении потребителей

Цель работы:

- * *Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- * Закрепление знаний по теме «Расчет цепи постоянного тока»;
- * Привитие практических навыков и умений рассчитывать цепь постоянного тока при смешанном соединении потребителей.
- * Изучение распределения напряжения и тока при смешанном соединении потребителей.



Содержание и порядок выполнения работы

Краткие сведения из теории:

В электрических цепях потребители электрической энергии могут быть соединены тремя способами – последовательно, параллельно и смешанно.

Смешанное соединение представляет собой комбинацию двух видов соединений – последовательного и параллельного. Для расчета таких цепей надо

хорошо знать соотношения между токами и напряжениями при вышеназванных соединениях, а также формулы расчета общего сопротивления при последовательном и параллельном соединениях.

58 • ГЛАВА 3. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

3. При каком условии осуществляется замена треугольника сопротивлений эквивалентной звездой и наоборот?
4. Начертите схему моста Витстона.

3.5. Расчет эквивалентного сопротивления цепи

Цепь со смешанным соединением содержит последовательно-параллельное соединение резисторов. Расчет таких цепей начинается с определения эквивалентного сопротивления. Цепь (рис. 3.11) при этом «свертывают», начиная с конца, противоположного от источника, т.е. с резистора R_8 .

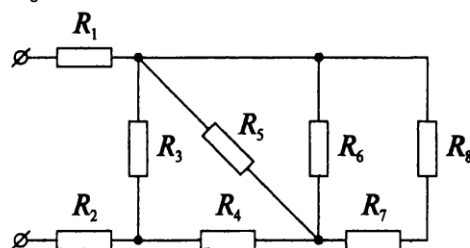


Рис. 3.11

Очевидно, общее сопротивление резисторов R_7 и R_8 , соединенных последовательно, равно их сумме

$$R_{7,8} = R_7 + R_8.$$

И цепь имеет следующий вид (рис. 3.12).

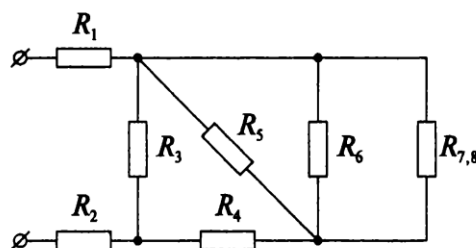


Рис. 3.12

Сопротивление группы $R_{7,8}$ включено параллельно с сопротивлением R_6 , и цепь принимает вид (рис. 3.13)

$$R_{6-8} = \frac{R_{7,8} R_6}{R_{7,8} + R_6}.$$

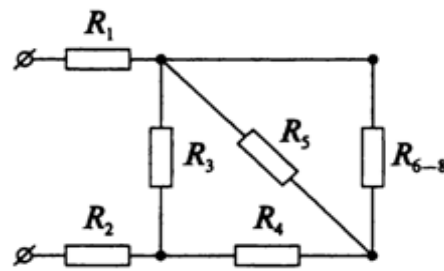


Рис. 3.13

Продолжим упрощение схемы:

$$R_{5-8} = \frac{R_{6-8} R_5}{R_{6-8} + R_5}.$$

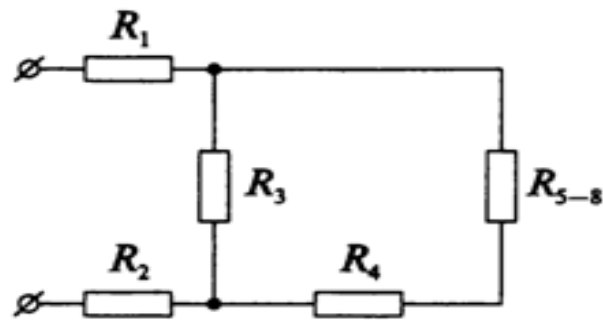


Рис. 3.14

Далее:

$$R_{4-8} = R_{5-8} + R_4.$$

По рисунку 3.15 можно записать

$$R_{3-8} = \frac{R_{4-8} R_3}{R_{4-8} + R_3},$$

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_{3-8}$$

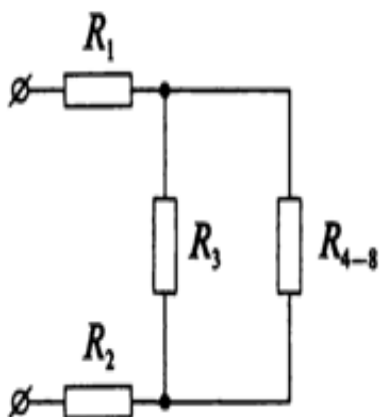


Рис. 3.15

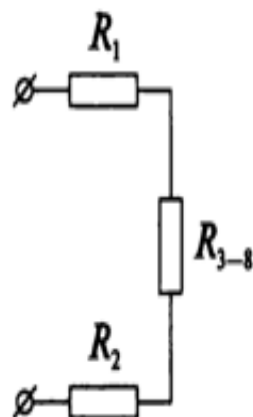


Рис. 3.16

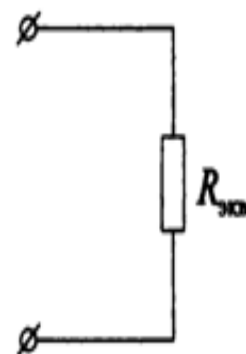


Рис. 3.17

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 17/47

В итоге определяем эквивалентное сопротивление всей цепи по рис. 3.16, а исходная цепь принимает вид, показанный на рис. 3.17.

Пример 3.5

Определить эквивалентное сопротивление цепи (рис. 3.18), состоящей из резисторов каждый по 5 Ом

Решение

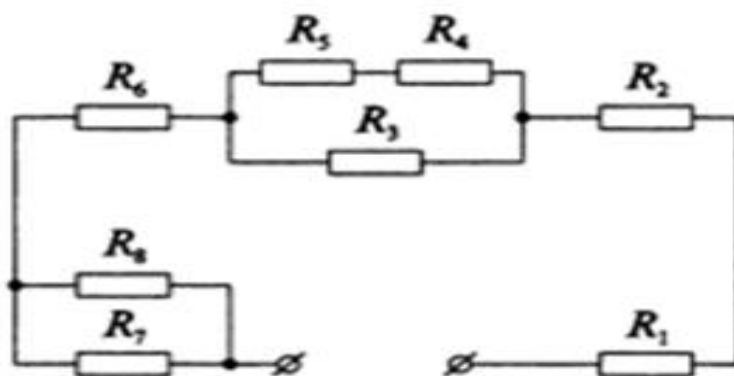


Рис. 3.18

$$R_{4,5} = R_4 + R_5 = 5 + 5 = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{3-5} = \frac{R_{4,5} R_3}{R_{4,5} + R_3} = \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 \text{ Ом};$$

$$R_{7,8} = \frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8} = \frac{5 \cdot 5}{5 + 5} = 2,5 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_{3-5} + R_6 + R_{7,8} = 5 + 5 + 3,33 + 5 + 2,5 = 20,83 \text{ Ом}.$$

1. Изучите вопросы, связанные со смешанным соединением потребителей электрической энергии.
2. Рассмотрите пример расчета цепи со смешанным соединением в кратких сведениях из теории.
3. Уясните вопросы, связанные с распределением токов и напряжений на отдельных участках цепи.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 18/47

4. Решите задачу в соответствии с заданием (вариантом) и занесите решение задачи в тетрадь для отчетов по лабораторным работам.

Вопросы для самопроверки и закрепления знаний:

1. Что такое электрическое сопротивление?
2. Какое соединение называется смешанным?
3. Как сформулировать закон Ома для участка и для всей цепи?
4. Запишите выражения для общего сопротивления при последовательном соединении.

5. Запишите выражение для общего сопротивления при параллельном соединении сопротивлений.

Лабораторная работа № 4 Исследование электрической цепи при последовательном соединении потребителей

Цель работы:

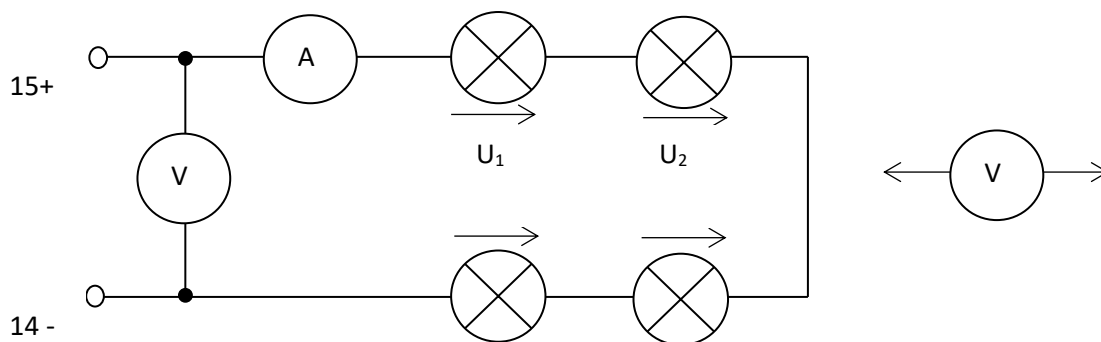
- *Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление знаний по темам «Расчет электрических цепей постоянного тока», «Измерительные приборы».
- Приобретение практических навыков исследования режимов работы цепи постоянного тока.
- Изучение распределения тока, напряжений и мощностей в данной цепи.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Исходные данные:

Приборы и оборудование:

1. Амперметр М-367 3А А
2. Вольтметр М-367 50В V₁
3. Вольтметр М-367 15В V₂
4. Лампы накаливания МО 24В 4 штуки.

Электрическая схема:



Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать их технические данные.
2. Собрать схему цепи.
3. Установить напряжение в цепи U и измерить ток в цепи I , падение напряжения на лампах U_1, U_2, U_3, U_4 . Данные измерений занести в таблицу №1.

Таблица 1

I	U	U_1	U_2	U_3	U_4
A	B	B	B	B	B

4. Проверить справедливость равенства $U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$, пользуясь результатами опыта.
5. Определить сопротивление и мощность отдельных участков и всей цепи. Проверьте справедливость соотношений:

$$U_1 : U_2 = R_1 : R_2 \quad U_3 : U_4 = R_3 : R_4$$

$$P_{л1} : P_{л2} = R_1 : R_2 \quad P_{л3} : P_{л4} = R_3 : R_4$$

6. Изменяя напряжение на зажимах цепи от U установленного до 0, измерить ток в цепи и данные замеров занести в таблицу 2.

Таблица 2

U	B					
I	A					

По полученным данным постройте в масштабе зависимость $I=f(U)$

Выводы и предложения:

Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 20/47

В результате проделанной работы высказать свои выводы по распределению напряжения и мощности между участками цепи.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы».
4. Список используемых источников
5. Выводы и предложения

Вопросы для самопроверки:

1. Записать и сформулировать закон Ома для участка цепи, для полной электрической цепи.
2. Какие виды соединения потребителей бывают в электрических цепях?
3. Для последовательного соединения записать соотношения:
 - для токов на участках цепи
 - для напряжений на участках цепи
 - для мощностей на участках цепи
4. Как определяется общее сопротивление при последовательном соединении?
5. Записать и сформулировать закон Джоуля - Ленца.
6. В чем физическая суть первого правила Кирхгофа?
7. Что понимается под электрическим сопротивлением? В каких единицах оно измеряется? Назовите производные единицы и соотношения между ними.
8. От каких факторов и как зависит электрическое сопротивление?
9. Сформулировать и записать выражение закона Ома для полной электрической цепи, для участка цепи; закона Джоуля - Ленца.
10. Как определяется общее сопротивление цепи при последовательном соединении потребителей; при параллельном соединении?
11. Записать единицы измерения следующих электрических величин: напряжение, электрический заряд, электрический ток, проводимость, удельное сопротивление, плотность электрического тока, электродвижущая сила.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 21/47

Лабораторная работа № 5 Исследование электрической цепи при параллельном соединении потребителей

Цель работы:

- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление знаний по темам «Расчет электрических цепей постоянного тока», «Измерительные приборы».
- Приобретение практических навыков исследования режимов работы цепи постоянного тока.
 - Изучение распределения тока, напряжений и мощностей в данной цепи.
 - Привитие интереса к избранной специальности.

Краткие сведения из теории

При параллельном соединении ко всем потребителям приложено одно и то же напряжение, а токи определяются по закону Ома:

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

Эквивалентное сопротивление цепи определяется из выражения:

$$\frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{или} \quad R_{\text{общ.}} = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3}.$$

Для двух потребителей:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Приборы и оборудование:

1. Источник постоянного регулирующего напряжения.
2. Вольтметр магнитоэлектрической системы
3. Амперметры магнитоэлектрической системы (3 шт.).
4. Набор резисторов или других потребителей.

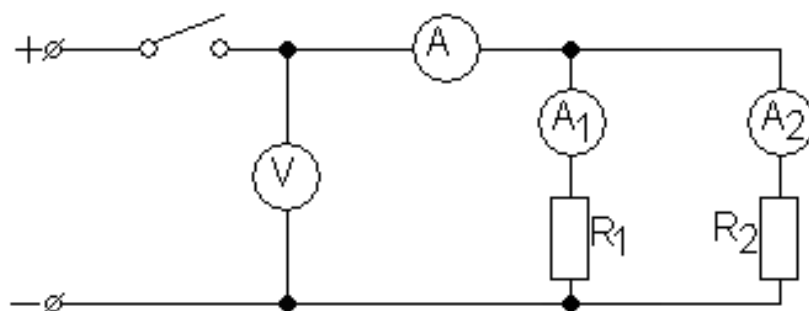
Порядок выполнения работы:

1. Собрать цепь для параллельного соединения потребителей и показать преподавателю для проверки.

2. После проверки цепи преподавателем подключите её к источнику питания, установите необходимое напряжение, определите цену деления шкал измерительных приборов.

3. Измерить общее напряжение, силу тока в общем проводе и ветвях. Результаты записать в таблицу.

Электрическая схема:



Таблица

Из опыта				Из расчёта								
U, В	I, А	I ₁ , А	I ₂ , А	R _{общ.} , Ом	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	G _{общ.} , См	G ₁ , См	G ₂ , См	P _{общ.} , Вт	P ₁ , Вт	P ₂ , Вт

4. Для цепи с параллельным соединением потребителей рассчитайте общее сопротивление и сопротивления ветвей, проводимость и мощность каждого потребителя и всей цепи. Результаты расчётов занесите в таблицу. Проверьте свойства цепи при параллельном соединении.

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои выводы по распределению напряжения и мощности между участками цепи.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы».
4. Список используемых источников.
5. Выводы и предложения.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 23/47

Вопросы для самопроверки:

1. Какой параметр является одинаковым для всех участков цепи?
2. Как распределяются токи между ветвями цепи?
3. Каким внутренним сопротивлением должен обладать амперметр и почему?
4. Каким внутренним сопротивлением должен обладать вольтметр и почему?
5. Что произойдёт, если амперметр включить параллельно к источнику питания?
6. Вольтметр ошибочно включили последовательно с потребителем, при этом потребитель перестал работать. Почему?

Лабораторная работа № 6 Исследование электрической цепи при смешанном соединении потребителей

Цель работы:

- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление знаний по темам «Электрические цепи постоянного тока», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение практических навыков исследования режимов работы цепи постоянного тока.
- Изучение распределения тока, напряжений и мощностей в данной цепи.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Раздел 2 Электромагнетизм

Тема 2.2 Электромагнитная индукция

Лабораторная работа № 7 Исследование явления электромагнитной индукции

Цель работы:

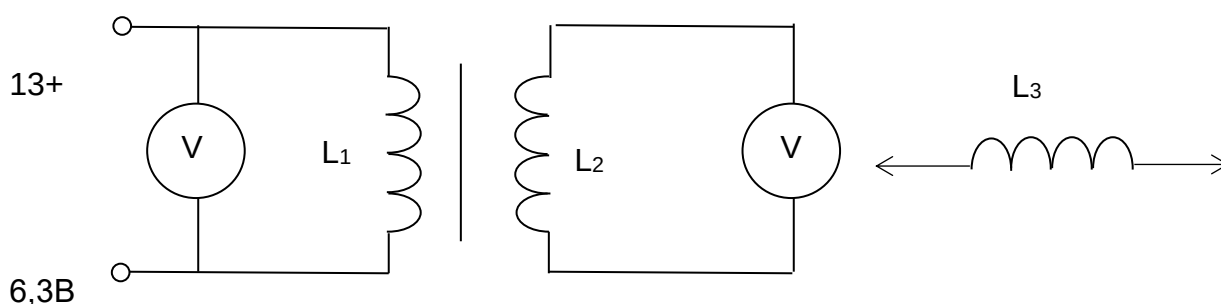
- Формирование компетенций ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 2.3, ОК1 - ОК5, ОК 8, ОК 9.
- Закрепление теоретических знаний по темам «Электромагнетизм», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение навыков исследования явления электромагнитной индукции и причин возникновения данного явления.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Исходные данные:

Приборы и оборудование:

1. Вольтметр М 367 – 15В – V_1
2. Вольтметр Ц 4311 – 3В – V_2
3. Электромагнит – L_1
4. Катушка индуктивности – 2340 витков – L_2
5. Катушка индуктивности 4800 витков – L_3

Электрическая схема:



Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием и записать технические данные;
2. Собрать схему.
3. Изменяя напряжение U_1 от 0 до 4 В (через 0.5 В), измерить значение наведенной ЭДС в катушке L_2 с помощью вольтметра V_2 . Аналогичное исследование произвести с катушкой L_3 . Данные измерений занести в таблицу.

U_1 В	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
U_2 В									
U_3 В									

4. Перемещая электромагнит в катушке L_2 или L_3 , по вольтметру V_2 убедиться в существовании явления электромагнитной индукции.
5. На основании данных таблицы построить графики $U_2 = f(U_1)$; $U_3 = f(U_1)$
6. Рассчитать коэффициенты трансформации

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 25/47

$$K_{\text{тр},1} = U_2/U_1; K_{\text{тр},2} = U_3/U_1 \text{ при } U_1 = 1.5\text{В}$$

Выводы и предложения по работе:

В результате проделанной работы высказать свои соображения по причинам возникновения ЭДС индукции.

Содержание отчета:

1. Цель работы
2. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы».
3. Список использованных источников
4. Выводы и предложения
5. Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1. В чем физическая сущность явления электромагнитной индукции?
2. Чем создается магнитное поле?
3. Как определяется направление магнитных силовых линий?
4. От каких параметров зависит индуктивность катушки?
5. В каких единицах измеряется индуктивность?
6. При каких условиях возникает явление самоиндукции?
7. В чем разница между самоиндукцией и взаимной индукцией?
8. В чем сущность правила Ленца? Сформулируйте его.

Раздел 3 Электрические приборы и измерения Тема 3.2 Измерительные приборы Лабораторная работа №8 Поверка измерительных приборов

Цель работы:

- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по теме «Измерительные приборы».
- Приобретение практических навыков поверки амперметров и вольтметров
- Привитие интереса к избранной специальности

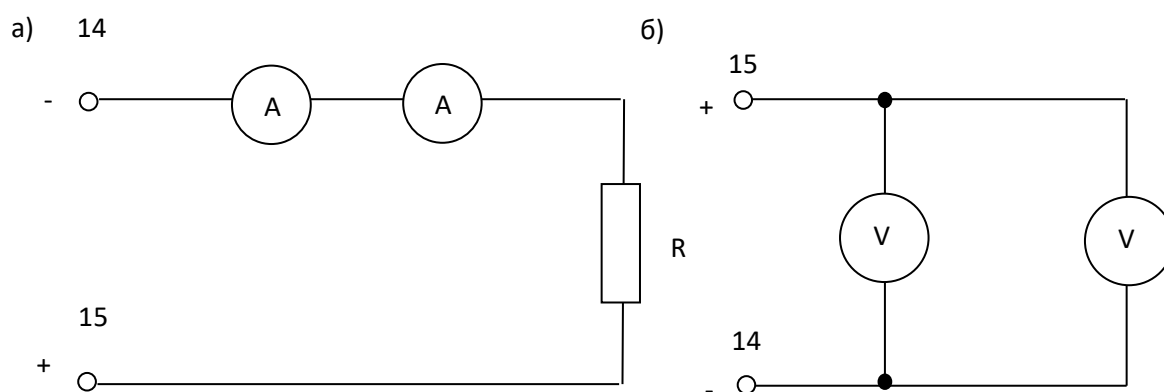
Исходные данные:

Приборы и оборудование:

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 26/47

1. Амперметр (образцовый)	М 1104	3А	А _о
2. Амперметр (поверяемый)	М 367	3А	А
			класс точности 1,5
3. Вольтметр (образцовый)	Э 59	60 В	V _о
4. Вольтметр (поверяемый)	М 367	50 В	V
			Класс точности.
			1,5
5. Реостат	РПШ	1000м. 2А	

Электрические схемы:



Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.
2. Собрать схему а) для поверки амперметра.
3. Выставляя на поверяемом амперметре значения I изм. = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 А, снять значения образцового прибора I действ..
4. По данным замеров определить: ΔI , $\Delta I_{\max}$, $\Delta I\%$, $Y_{\text{прив}}\%$.
5. Данные замеров и расчетов занести в таблицу 1

Таблица 1

I изм.	I действ.	ΔI	$\Delta I\%$	$Y_{\text{прив}}\%$
0÷1,2 А				

6. Собрать схему б) для поверки вольтметра

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 27/47

7. Выставляя на поверяемом вольтметре значения $U_{\text{изм.}} = 0; 10; 20; 30; 40; 50\text{В.}$, снять значения $U_{\text{действ.}}$.

8. По данным замеров определить ΔU , $\Delta U\%$, $\Delta U_{\text{мах}}$, $U_{\text{прив}}\%$.

9. Данные замеров и расчетов занести в таблицу 2

Таблица 2

U изм.	U дейст.	ΔU	$\Delta U \%$	$U_{\text{прив}}\%$
0÷50 В				

10. По результатам расчетов построить графики зависимости

$$\Delta I = f_1(I_{\text{изм}}); \quad \Delta U = f_2(U_{\text{изм}}).$$

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои соображения о соответствии поверяемых приборов (амперметра и вольтметра) своему классу точности.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы»
4. Список используемых источников.
5. Выводы и предложения.

Вопросы для самопроверки:

1. Какое значение измеряемой величины показывает образцовый прибор? Рабочий прибор?
2. Как определить абсолютную погрешность? Относительную погрешность? Приведенную погрешность?
3. Какие классы точности имеют электроизмерительные приборы, и что значит класс точности прибора 1,0?
4. Для каких целей проводится поверка приборов и каким путем её производят?
5. Для каких целей используют амперметры, вольтметры, ваттметры?
6. Как включается в схему для измерений амперметр? Вольтметр?

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 28/47

Лабораторная работа № 9 Измерение сопротивлений

Цель работы:

- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам «Электромагнетизм», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение навыков исследования явления электромагнитной индукции и причин возникновения данного явления.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Приборы и оборудование:

1. Омметр.
2. Комбинированный прибор.
3. Набор резисторов.

Краткие сведения из теории:

В современной практике электрических измерений возникает необходимость измерения сопротивлений от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{12}$ Ом. При выборе метода измерений принято разделять все сопротивления на три группы:

- малые – меньше 1 Ом;
- средние – от 1 до 100000 Ом;
- большие – свыше 100000 Ом.

Методы измерения каждой группы сопротивлений имеют свои особенности.

Для точного измерения малых сопротивлений применяют двойные мосты, для точного измерения средних сопротивлений – одинарные мосты.

Омметрами измеряют средние сопротивления, если требуется быстро определить величину сопротивления, а большая точность не требуется.

Омметр – это прибор магнитоэлектрической системы, в котором величина измеряемого сопротивления отсчитывается непосредственно на шкале прибора.

Омметры могут иметь две измерительные схемы – последовательную (рисунок 1) и параллельную (рисунок 2).

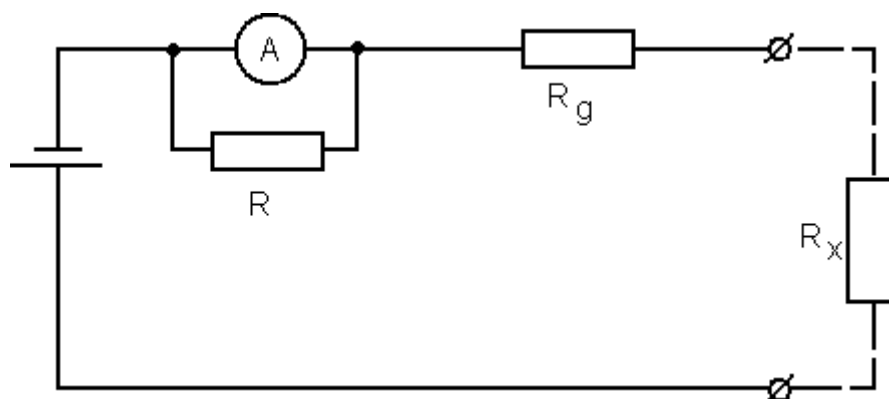


Рисунок - 1

Омметры с последовательной схемой применяются для измерения больших величин сопротивлений, а омметры с параллельной схемой – для относительно малых величин сопротивлений.

В омметрах с последовательной схемой и пределами измерений до 100 кОм, а также в омметрах с параллельной схемой в качестве источника питания применяется аккумуляторная батарея сухих элементов. Для компенсации уменьшающегося с течением времени напряжения батареи омметры имеют магнитный шунт. Головка регулировочного винта магнитного шунта выводится наружу корпуса прибора и с её помощью стрелка прибора перед каждым измерением устанавливается на нулевое деление при замкнутом R_x (в последовательной схеме) или в положение ∞ при разомкнутом R_x (в параллельной схеме).

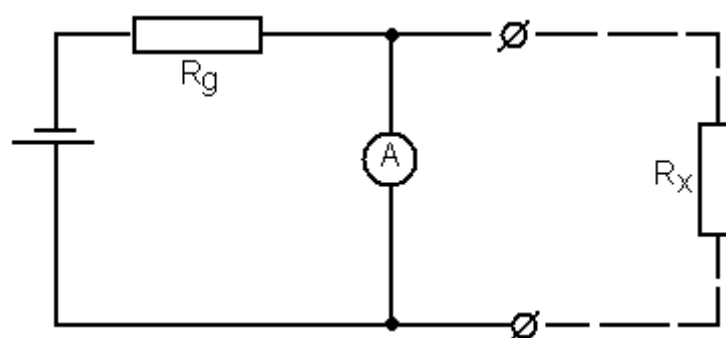


Рисунок - 2

В омметрах с последовательной схемой и пределами измерения свыше 100 кОм в качестве источника питания применяется специальный генератор, встроенный в корпус омметра и приводимый во вращения от руки. Такой тип омметра называется мегомметром или испытателем изоляции, т.к. применяется для определения сопротивления изоляции.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 30/47

Комбинированным приборами можно измерять несколько величин: постоянный и переменный ток и напряжение, сопротивление, ёмкость и т.д. в зависимости от типа прибора. Эти приборы очень удобны в работе и применяются, когда большой точности измерений не требуется.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь со схемой омметра, его погрешностями, порядком измерения сопротивлений.
2. Измерьте омметром сопротивления заданных резисторов, результаты измерений занесите в таблицу произвольной формы.
3. Ознакомьтесь со схемой комбинированного прибора, его погрешностями и порядком измерения сопротивлений.
4. Измерьте комбинированным прибором сопротивления заданных резисторов и результаты измерений занесите в таблицу произвольной формы.

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои соображения о соответствии поверяемых приборов (амперметра и вольтметра) своему классу точности.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы»
4. Список используемых источников.
5. Выводы и предложения.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие сопротивления и в каком случае измеряются омметрами?
2. Как подготовить к измерению омметр с последовательной и параллельной схемами?
3. Как измерить сопротивление резистора комбинированным прибором?
4. Перечислите методы измерения сопротивлений.
5. Дайте сравнительную характеристику методов измерения сопротивлений.
6. В чём особенности измерения больших сопротивлений?

Раздел 4 Однофазные цепи переменного тока
Тема 4.2 Расчет однофазных цепей переменного тока
Лабораторная работа № 10 Исследование последовательного
соединения активного сопротивления и индуктивности

Цель работы:

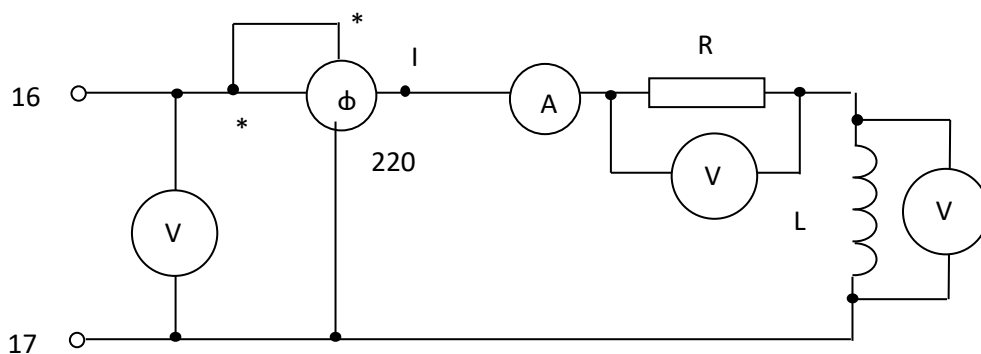
- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам: «Однофазные цепи переменного тока», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение навыков и умений исследования цепи однофазного переменного тока и исследования влияния индуктивности на режимы работы цепи.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Исходные данные:

Приборы и оборудование:

1. Амперметр	Э-59	2А	А
	Ц4311	3А	
	Э-514	5А	
2. Вольтметр	Э-378	150	V ₁
3. Вольтметр	Э-59	7,5-60	V ₂
4. Вольтметр	Э-59	150 V	V ₃
5. Фазометр	Д 548		cos φ
6. Резистор ПЭЛ	27 Ом÷10%		R _p
7. Катушка	2340 витков		R _к , L _к
индуктивности			R _к =30 Ом

Электрическая схема:



МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 32/47

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.
2. Ввести стальной сердечник в катушку.
3. Включить цепь, установить напряжение на зажимах Кл 16 – Кл 17.
4. Изменяя положение сердечника в катушке, измерить ток I , напряжение на резисторе U_R и напряжение на катушке U_k , $\cos \varphi$, φ

Данные записать в таблицу 1

Таблица 1

Порядок замера	U	U_R	U_k	I	$\cos \varphi$	φ
	В	В	В	А	-	Град
С сердечником						
Промежуточное положение						
Без сердечника						

По данным замеров (таблицы 1) определить для каждого измерения

Сопротивление резистора	R_p
Индуктивное сопротивление катушки	X_L
Индуктивность катушки	L
$(f=50 \text{ Гц})$	
Полное сопротивление цепи	Z
Активное напряжение	U_a
Активную мощность цепи	P
Реактивную мощность цепи	Q_L
Полную мощность цепи	S

Результаты расчетов свести в таблицу 2

Таблица 2

Порядок замера	R_p	X_L	L	Z	P	Q_L	S
	Ом	Ом	Гн	Ом	Вт	ВАР	ВА
С сердечником							
Промежуточное положение							
Без сердечника							

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 33/47

По данным таблицы 1 построить в масштабе векторные диаграммы напряжений и тока и сравнить их.

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои соображения по влиянию индуктивности на параметры цепи.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы»
4. Список используемых источников
5. Выводы и предложения
6. Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1. В каких единицах измеряется индуктивность? Производные единицы и соотношения между ними.
2. Как определить индуктивное сопротивление?
3. Пояснить, как зависит индуктивное сопротивление от частоты.
4. Как рассчитать полное сопротивление цепи с «R и L».
5. Как определить коэффициент мощности $\cos \varphi$ для цепи с «R и L».

Лабораторная работа № 11 Исследование последовательного соединения активного сопротивления и емкости

Цель работы:

- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам «Электрические цепи однофазного переменного тока», «Электрические измерения».
- Приобретение навыков и умений исследования цепи однофазного переменного тока и исследования влияния емкости на режимы работы цепи.
- Привитие интереса к избранной специальности.

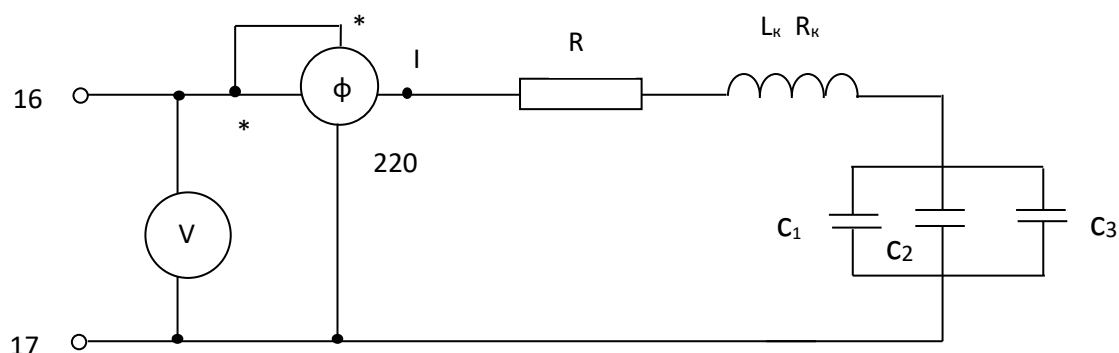
Исходные данные:

Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж

Приборы и оборудование:

- | | | | |
|----------------------|--------|-----------------|-----------------|
| 1. Амперметр | Э-59 | 2А | A |
| 2. Вольтметр | Э-59 | 7,5-60 В | V_2 |
| 3. Вольтметр | Э-378 | 250 В | V_1 |
| 4. Вольтметр | Э-59 | 150-300 В | V_3 |
| 5 Фазометр | Д548 | 0-1-0 | $\cos \varphi$ |
| 6. Резистор | ПЭЛ | 27 ом $\pm$ 10% | R_p |
| 7. Конденсаторы МБГП | 32 мкФ | | C_1, C_2, C_3 |

Электрическая схема:



Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.
2. Включить и установить на клеммах 16-17 заданное напряжение.
3. Последовательно отключая конденсаторы $C=32$ мкФ, 30мкФ, 20мкФ, провести измерение тока I , напряжений на резисторе U_a и на конденсаторе U_c , $\cos \varphi$, φ .

Данные занести в таблицу 1

Таблица 1

C	U	I	U_a	U_c	$\cos \varphi$	φ	f
мкФ	В	А	В	В	-	Град	Гц
32							50
30							50
20							

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 35/47

4. По данным замеров (таблица 1) определить для каждого замера.

Сопротивление резистора	R_a
Емкостное сопротивление конденсатора	X_c
Полное сопротивление цепи	Z
Полную мощность цепи	S
Активную мощность цепи	P
Емкостную мощность цепи	Q_c

Результаты расчетов ввести в таблицу 2

Таблица 2

C	R_p	X_c	Z	S	P	Q_c
32						
30						
20						

5. По данным таблицы 1 построить в масштабе векторные диаграммы напряжений и тока и сравнить их.

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои соображения по влиянию емкости на угол сдвига фаз φ .

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы».
4. Список использованных источников.
5. Выводы и предложения.
6. Даты и подписи курсанта и преподавателя.

Вопросы для самопроверки:

1. В каких единицах измеряется емкость? Производные единицы и соотношения между ними.
2. Что представляет собой конденсатор?
3. От каких факторов зависит емкость конденсаторов?

4. Как сдвинуты по фазе ток и напряжение на емкости? В цепи с «R и C»?
5. Как определяется емкостное сопротивление?
6. Как зависит емкостное сопротивление от частоты? Пояснить.

Лабораторная работа № 12 Исследование резонанса токов

Цель работы:

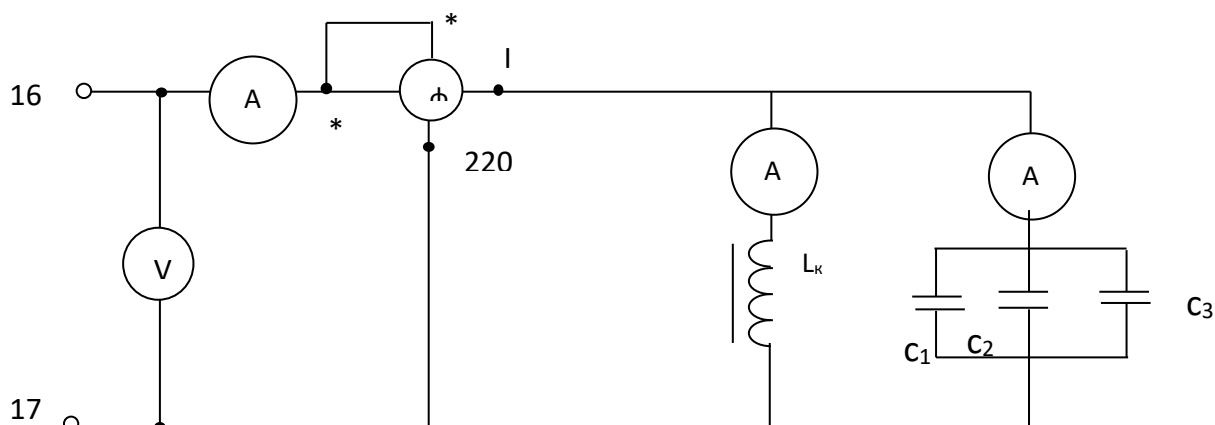
- * Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам «Электрические цепи однофазного переменного тока», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение навыков и умений исследования реальной разветвленной цепи однофазного переменного тока при различных режимах работы.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Исходные данные:

Приборы и оборудование:

Амперметр	Э-59	2А	A ₂
	Ц 4311	3А	A ₁
	Э 514	5А	A ₃
Вольтметр	Э-378	150-250 В	V
Фазометр	Д548	0-1-0	cos φ
Катушка индуктивности		2340 витков	
		R _к =30 Ом	
Конденсатор	МБГП	32 мкФ	C ₁ , C ₂ , C ₃

Электрическая схема:



МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 37/47

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.

2. Ввести в катушку сердечник, подключить цепь к источнику питания. Установить в цепи напряжение U (по указанию преподавателя).

3. Произвести измерения:

- общего напряжения на зажимах цепи U ;
- тока на неразветвленном участке цепи I_1 ;
- токов в катушке I_2 и конденсаторе I_3 ;
- коэффициента мощности цепи $\cos \varphi$;
- угла сдвига фаз φ .

Данные замеров занести в таблицу 1

4. Вывести сердечник из катушки и повторить измерения. Данные занести в таблицу 1.

5. Изменяя индуктивность катушки перемещением сердечника, установить в неразветвленной части цепи минимальное значение тока, т.е. настроить цепь в резонанс токов $\cos \varphi = 1$. Повторить замеры п.2

Данные измерений записать в таблицу 1.

Таблица 1

Порядок замера	U	I_1	I_2	I_3	$\cos \varphi$	φ
	В	А	А	А	-	
Катушка с сердечником						
Катушка без сердечника						
Резонанс токов					1	0°

6. По данным таблицы 1 для всех режимов работы разветвленной цепи переменного тока определить:

- индуктивное сопротивление катушки X_L
- полное сопротивление цепи Z
- емкостное сопротивление X_C
- активную мощность цепи P
- реактивную мощность цепи Q
- полную мощность цепи S

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 38/47

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы сделать вывод о возможных режимах работы разветвленной цепи и особенностях этих режимов.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении каждого этапа раздела
4. Содержание и порядок выполнения работы
5. Список используемых источников.
6. Выводы и предложения.

Вопросы для самопроверки:

1. Как в разветвленной цепи определяется полное сопротивление?
2. Как определяется в цепи переменного тока активная проводимость, реактивная проводимость и полная проводимость?
3. В каких единицах измеряется проводимость?
4. При каком условии в данной разветвленной цепи возникает резонанс токов?
5. Какими свойствами обладает данная цепь при резонансе токов?
6. Как определяется частота, на которой возникает резонанс токов? От чего зависит эта частота?
7. Назовите направления применения резонанса токов.

Раздел 5 Трехфазные цепи переменного тока
Тема 5.1 Способы соединения трехфазных цепей
Лабораторная работа № 13 Исследование цепи трехфазного тока
при соединении потребителей «звездой»

Цель работы:

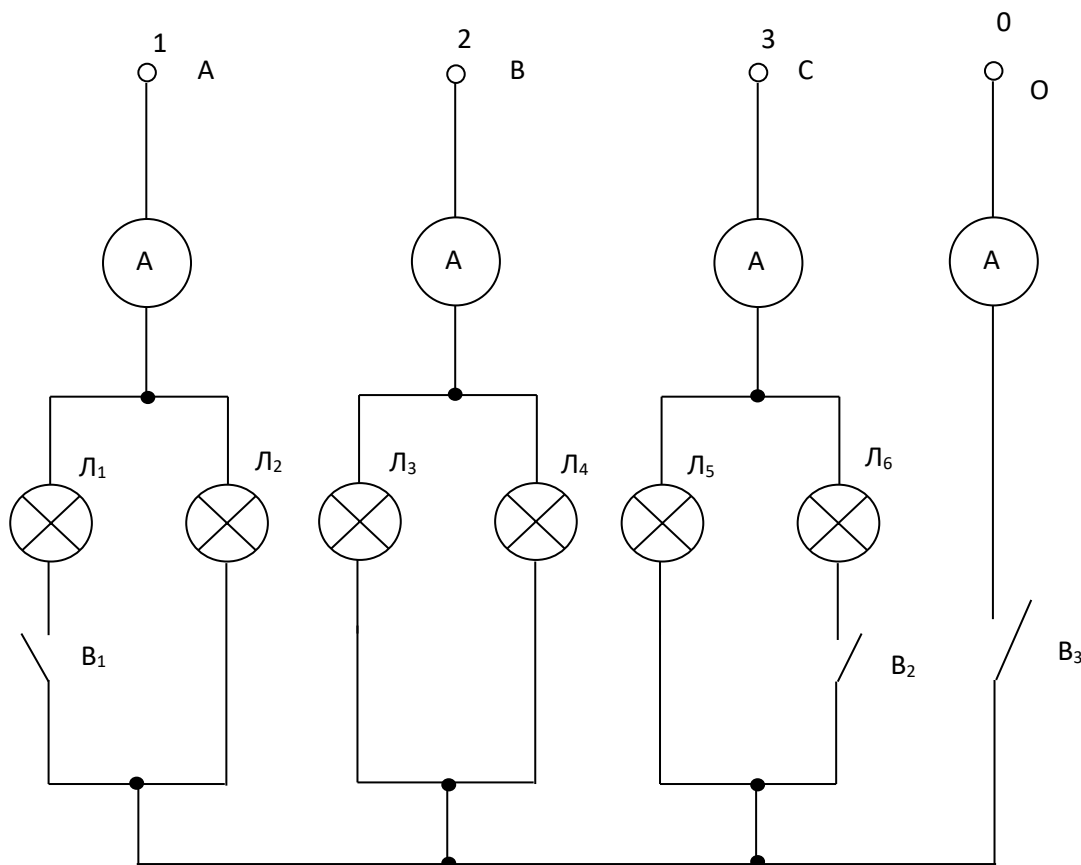
- Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам «Трехфазные цепи переменного тока», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение навыков и умений исследования реальной цепи трехфазного переменного тока при соединении потребителей «звездой»,
- Привитие интереса к избранной специальности.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 39/47

Исходные данные:

Приборы и оборудование:

1. Амперметр Ц4311
2. Вольтметр Э-59
3. Лампы накаливания БК 40Вт, 60Вт, 220В
4. Измерительный комплект



Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.
2. Собрать исследуемую электрическую цепь.
3. При равномерной нагрузке измерить фазные и линейные напряжения, фазные токи, ток нулевого провода. Отключив нулевой провод, убедиться, что режим работы цепи не изменился.
4. Создать в цепи неравномерную нагрузку, отключив тумблеры B₁ или B₂ (или оба тумблера). При неравномерной нагрузке измерить фазные и линейные напряжения, фазные токи, ток нулевого провода.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 40/47

5. Отключить нулевой провод с помощью тумблера В₃. Произвести измерения тех же величин.

6. Данные замеров в п.п.3, 4, 5 занести в таблицу 1

Таблица 1

Порядок замера	U _A	U _B	U _C	U _{AB}	U _{BC}	U _{CA}	I _A	I _B	I _C	I ₀
Равномерная нагрузка										
Неравномерная нагрузка										
Обрыв «О»										

7. По данным таблицы вычислить:

а) Сопротивление фаз приёмника R_A, R_B, R_C

б) мощность фаз приемника P_A, P_B, P_C

с) убедиться, что $U_L = \sqrt{3} U_\phi$

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои соображения о роли нулевого провода и возможных последствиях его обрыва.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы»
4. Список используемых источников.
5. Выводы и предложения.

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимается под трехфазной системой ЭДС?
2. Как сдвинуты по фазе напряжения в фазах А, В, С?
3. Какое соединение фаз называется «звездой»?
4. Для каких целей служат линейные провода? Нулевой провод?
5. Какое соотношение между линейными и фазными токами, а также линейным и фазным напряжением при соединении «звездой»?
6. Что произойдет в данной цепи, если при неравномерной нагрузке произойдет обрыв нулевого провода?

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 41/47

Лабораторная работа № 14 Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей «треугольником»

Цель работы:

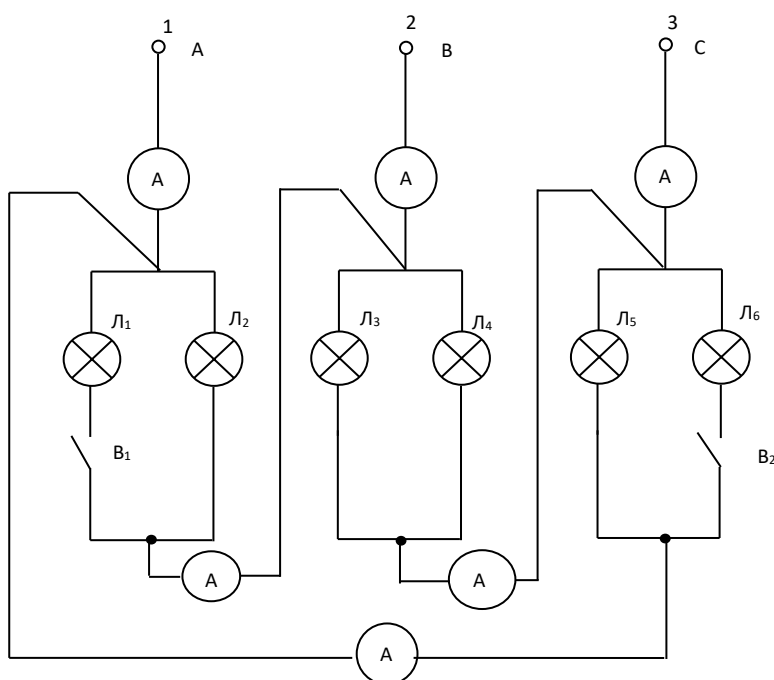
- Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам «Трехфазные цепи переменного тока», «Электрические приборы и измерения».
- Приобретение навыков и умений исследования реальной цепи трехфазного переменного тока при соединении потребителей «треугольником», а также проверки соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами.
- Привитие интереса к избранной специальности.

Исходные данные:

Приборы и оборудование:

- | | | |
|---------------------------|---------------------|--|
| 1. Амперметр | Э514 | A ₁ , A ₂ , A ₃ |
| 2. Амперметр | Ц4311 | A ₄ , A ₅ , A ₆ |
| 3. Вольтметр | Э59 | 150-300В |
| 4. Лампы накаливания | БК 40Вт, 60Вт, 220В | |
| 5. Измерительный комплект | | |

Электрическая схема:



МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 42/47

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.
2. Собрать исследуемую электрическую цепь.
3. При равномерной нагрузке фаз измерить фазное напряжение, фазные и линейные токи. Данные замеров занести в таблицу 1.
4. По данным измерений вычислить:
 - а) сопротивление фаз приемника, R_{AB} , R_{BC} , R_{CA} ;
 - б) мощность приемника и всей цепи, P_{AB} , P_{BC} , P_{CA} , P ;
5. Выключателями изменить сопротивление фаз (неравномерная нагрузка) и выполнить измерения и расчеты п.п. 3 и 4.
6. Отключить провод (линейный А – обрыв линейного провода) и выполнить измерения п.3.

Пояснения: Построение векторных диаграмм обосновывается на том, что:

- а) U_ϕ и I_ϕ совпадают по фазе, т.к. лампы – нагрузка активная;
- б) U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} – сдвинуты по фазе относительно друг друга на 120° ;

Порядок замера	U'_{AB}	U'_{BC}	U'_{CA}	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C
	В	В	В	А	А	А	А	А	А
Равномерные нагрузки									
Неравномерные нагрузки									
Обрыв линейного провода при неравномерной нагрузке									

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы высказать свои соображения об особенностях соединения «треугольником» и об аварийном режиме работы цепи.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы»
4. Список используемых источников.
5. Выводы и предложения.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 43/47

Вопросы для самопроверки:

1. Какое соединение фаз называется «треугольником»?
2. В каком соотношении фазные и линейные токи, фазные и линейные напряжения при соединении «треугольником»?
3. Как сдвинуты по фазе напряжения в фазах А, В, С?
4. Какие аварийные режимы возможны при соединении «треугольником»? В чем их суть?

Раздел 7 Электрические машины
Тема 7.2 Электрические машины переменного тока
Лабораторная работа № 15 Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Цель работы:

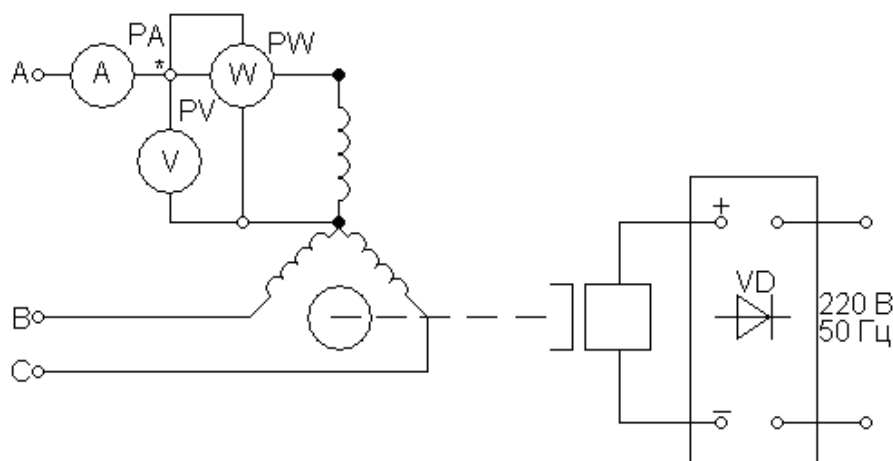
- *Формирование компетенций: ОК 01-07,09, ПК 1.1, ПК 2.1-2.3
- Закрепление теоретических знаний по темам «Электрические машины переменного тока» и «Электромагнетизм»;
- Приобретение навыков и умений исследования электрических машин переменного тока;
- Привитие интереса к избранной специальности.

Приборы и оборудование:

1. Источник трёхфазного переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц.
2. Асинхронный трёхфазный двигатель с короткозамкнутым ротором типа АОЛ-011-4 - 1шт.
3. Электромагнитный тормоз с моментом нагрузки до 1200г · см - 1шт.
4. Ваттметр однофазный на 150 В, 1А - 1шт.
5. Вольтметр с пределом изменения 150 В - 1шт.
6. Амперметр электромагнитный с пределом измерения 1А - 1шт.
7. Тахометр на 2000 об/мин.....1шт.
8. Провода соединительные многожильные сечением 2,5мм - 20шт.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторной установкой, двигателем, измерительными приборами. Записать их технические данные.



2. Собрать электрическую схему для исследования трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и представить её для проверки преподавателю.

3. Снять механическую характеристику трёхфазного асинхронного двигателя путём измерения момента нагрузки на валу двигателя. Для каждого значения нагрузки на валу записать в таблицу, показания амперметра.

№ опыта	Измерение величин					Вычисление величины				
	M	U _ф , В	I _ф , А	P _ф , Вт	n ₂ Об/мин	P ₂ Вт	P ₁ =3P _ф Вт	η %	Cos φ	S%

4. Снять питание с двигателя, поменять местами два любых фазных провода, подходящие к двигателю от сети. Включить питание и проконтролировать изменение направления вращения двигателя.

5. По данным пункта 3 вычислить:

- полезную мощность двигателя: P_2 ;
- подводимую к двигателю мощность: $P_1 = 3P_{\phi}$;
- коэффициент полезного действия двигателя: $\eta = P_2 / P_1 \cdot 100$;
- коэффициент мощности: $\cos \varphi$
- скольжение: $S = ((n_1 - n_2) / n_1) \cdot 100$;

где $n_1 = 1500$ об/мин. Результаты вычислений записать в таблицу.

6. По данным таблицы построить механическую характеристику двигателя $M = f(S)$.

7. На практике при пуске асинхронного двигателя для ограничения пусковых токов его обмотки кратковременно соединяют звездой. Переключение с треугольника

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 45/47

на звезду и обратно осуществляется специальным переключателем. Как было отмечено, пусковой момент асинхронного двигателя невелик, поэтому пуск обычно производят при отключённой нагрузке. Под действием пускового момента ротор начинает раскручиваться, скольжение уменьшается, вращающий момент возрастает. Если по условиям эксплуатации двигатель должен запускаться при включённой нагрузке, то его следует рассчитывать так, чтобы пусковой момент превышал момент нагрузки при номинальном режиме.

Содержание отчета:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы
3. Отчет о выполнении на каждый этап раздела «Содержание и порядок выполнения работы»
4. Список используемых источников.
5. Выводы и предложения.

Вопросы для самопроверки и закрепления знаний:

1. Назовите основные части асинхронного двигателя.
2. Почему магнитопровод собирают из отдельных листов электротехнической стали?
3. Почему двигатель называется асинхронным двигателем?
4. Чем отличается двигатель с фазным ротором от двигателя с короткозамкнутым ротором?
5. Как осуществить реверсирование в асинхронном двигателе?

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 46/47

ПРИЛОЖЕНИЕ

Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ

1. Перед выполнением лабораторных работ курсант должен пройти инструктаж по технике безопасности.
2. Сборка электрических схем должна производиться проводами с исправной изоляцией и оконцевателями.
3. Включение собранных схем в работу производится только после проверки их преподавателем.
4. Касаться руками клемм, открытых токоведущих частей приборов и оборудования запрещается.
5. Все переключения в электрических схемах необходимо производить при отключенном напряжении.
6. Во время выполнения лабораторной работы категорически запрещается хождение по лаборатории.
7. Курсант, заметивший нарушение правил техники безопасности, должен немедленно сообщить об этом преподавателю.
8. Необходимо помнить, что нарушения правил техники безопасности могут привести к поражению электрическим током.
9. После окончания работы электрическая схема должна быть обесточена, то есть должно быть отключено питание, рабочее место убрано, дополнительные приборы и провода сданы.

МО–23 02 07-ОП.03.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	с. 47/47

Список литературы

1. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебник / М. В. Гальперин. - Москва : ФОРУМ ; Москва : ИНФРА-М, 2022. - 480 on-line : ил. - (Среднее проф. образование).
2. Мартынова, И. О. Электротехника : лабораторно-практические работы / И. О. Мартынова. - Москва : КноРус, 2021. - on-line : on-line . - (Среднее проф. образование).
3. Мартынова, И. О. Электротехника : учебник / И. О. Мартынова. - Москва : КноРус, 2021. - on-line : on-line . - (Среднее проф. образование).
4. Потапов, Л. А. Основы электротехники [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Л.А Потапов. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 376 on-line