

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«КРАСНОЯРСКИЙ КОЛЛЕДЖ ОТРАСЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА»**

**РАССМОТРЕНО**

методической комиссией  
протокол № 10 от 19.06.2026 г.

**УТВЕРЖДЕНО**

Директор КГАПОУ «ККОТиП»  
\_\_\_\_\_/Н. В. Журова/  
Приказ №\_01-55-1п от 29.06.2026 г.

**ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ  
КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ, СЛУЖАЩИХ**

**23.01.17 МАСТЕР ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ**  
(на базе основного общего образования)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**ОП.02 Электротехника и электроника**

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_/И.В. Бесперстова  
Подпись ФИО

Красноярск, 2026 г.



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка
2. Общие рекомендации по выполнению и оформлению практических занятий и лабораторных работ
3. Методика проведения практических занятий и лабораторных работ
4. Содержание практических занятий и лабораторных работ.

Организация-разработчик: КГБПОУ «Красноярский колледж отраслевых технологий и предпринимательства».

Разработчик:

Бундур С.М., преподаватель КГБПОУ «Красноярский колледж отраслевых технологий и предпринимательства».

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания к проведению практических занятий и лабораторных работ по учебной дисциплине ОП.01. Электротехника, предназначены для обучающихся СПО по профессии 23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей.

Уровень профессиональной подготовки по профессии 23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей, определяемый ФГОС СПО, предусматривает владение практическими навыками выбора материалов для профессиональной деятельности.

Особое значение практические занятия и лабораторные работы имеют при формировании и развитии ОК и ПК, освоении умений и знаний.

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| умения | пользоваться универсальным инструментом, специальными приспособлениями (съёмниками) и средствами защиты;<br>пользоваться информацией справочного характера;<br>работать с источниками информации на различных носителях;<br>собирать и обрабатывать информацию, полученную из различных источников, в том числе специализированных изданий, научных публикаций;<br>применять информационные технологии;<br>безопасно управлять транспортными средствами;<br>устранять возникшие во время эксплуатации транспортных средств мелкие неисправности, с соблюдением требований безопасности;<br>выполнять требования безопасности при проведении ремонтных работ. |
| знания | методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных и электронных цепей;<br>компоненты автомобильных электронных устройств;<br>методы электрических измерений;<br>устройство и принцип действия электрических машин.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| Код  | Наименование общих компетенций                                                                                                   |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК 1 | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам                               |
| ОК 2 | Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности            |
| ОК 3 | Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие                                                   |
| ОК 4 | Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами                               |
| ОК 5 | Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста |

| Код     | Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций                                                    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВПД 1.  | Определять техническое состояние систем, агрегатов, деталей и механизмов автомобиля                               |
| ПК 1.1. | Определять техническое состояние автомобильных двигателей                                                         |
| ВПД 2.  | Осуществлять техническое обслуживание автотранспорта согласно требованиям нормативно-технической документации     |
| ПК 2.1. | Осуществлять техническое обслуживание автомобильных двигателей                                                    |
| ВПД 3.  | Производить текущий ремонт различных типов автомобилей в соответствии с требованиями технологической документации |
| ПК 3.1. | Производить текущий ремонт автомобильных двигателей                                                               |

## 2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные и практические работы выполняются обучающимися по графику, составленному в соответствии с программой рабочей дисциплины ОП.02 Электротехника и электроника.

Результат изучения учебной дисциплины ОП.02 Электротехника и электроника лабораторных (практических) работ, которые соответствуют более глубокому освоению дисциплины, закреплению теоретических знаний и прививают обучающимся практические навыки самостоятельной работы.

Учебная дисциплина ОП.02 Электротехника и электроника зависит от содержания практических работ, которые соответствуют более глубокому освоению дисциплины, закреплению теоретических знаний и прививают обучающимся практические навыки самостоятельной работы.

Задача практических работ – закрепить теоретические знания обучающихся.

Согласно учебного плана по профессии и программы учебной дисциплины на практические занятия обучающихся выделено 16 академических часа, из них:

| <b>№ и наименование разделов (тем)</b>                                                                                                                       | <b>Количество часов</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Раздел 1. Электротехника</b>                                                                                                                              | <b>8</b>                |
| <b>Тема 1.1 Электрические цепи постоянного тока</b>                                                                                                          | <b>4</b>                |
| Лабораторная работа №1<br>Инструктаж (ПТБ, ПТЭ). Упражнения в сборке схем, выборе приборов и аппаратуры. Измерение электрического тока, напряжения, мощности | 2                       |
| Лабораторная работа №2: Применение законов к электрическим цепям со смешанным соединением резисторов.                                                        | 2                       |
| <b>Тема 1.2. Электрические цепи переменного тока</b>                                                                                                         | <b>2</b>                |
| Лабораторное занятие № 3 Изучение последовательной цепи переменного тока                                                                                     | 2                       |
| <b>Тема 1.3. Общие сведения об электрических машинах</b>                                                                                                     | <b>2</b>                |
| Лабораторная работа № 4<br>Изучение работы генератора постоянного тока                                                                                       | 2                       |
| <b>Раздел 2. Электроника</b>                                                                                                                                 | <b>8</b>                |
| <b>Тема 2.1. Физические основы электроники</b>                                                                                                               | <b>4</b>                |
| Лабораторная работа №5 «Изучение работы полупроводникового диода»                                                                                            | 2                       |
| Лабораторная работа №6: Изучение работы полупроводникового транзистора                                                                                       | 2                       |
| <b>Тема 2.3 Электронные усилители</b>                                                                                                                        | <b>2</b>                |
| Лабораторная работа № 7 « Работа транзистора в качестве усилителя»                                                                                           | 2                       |
| <b>Тема 2.4 Электронные устройства автоматики</b>                                                                                                            | <b>2</b>                |
| Лабораторная работа №8 Меры безопасности при работе с электротехническими устройствами                                                                       | 2                       |
| <b>ИТОГО:</b>                                                                                                                                                | <b>16</b>               |

### 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Целью практических занятий является приобретение практических навыков пользоваться универсальным инструментом, специальными приспособлениями (съемниками) и средствами защиты; пользоваться информацией справочного характера; работать с источниками информации на различных носителях; собирать и обрабатывать информацию, полученную из различных источников, в том числе специализированных изданий, научных публикаций; применять информационные технологии; безопасно управлять транспортными средствами; устранять возникшие во время эксплуатации транспортных средств мелкие неисправности, с соблюдением требований безопасности; выполнять требования безопасности при проведении ремонтных работ

Исходя, из поставленных целей в работе будут решаться следующие задачи:

Закрепление знаний по:

- ✓ методам расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных и электронных цепей;
- ✓ компонентам автомобильных электронных устройств;
- ✓ методам электрических измерений, устройство и принцип действия электрических машин.

Научиться пользоваться:

- ✓ учебной и справочной литературой;
- ✓ нормативной документацией;
- ✓ таблицами;
- ✓ расчетными формулами

Работа студента по теме занятия делится на три этапа:

- самостоятельная подготовка к занятию;
- практическое выполнение задания (по заданию);
- оформление результатов работы и защита.

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### Практическая работа 1. Решение задач на расчет эл. Цепей.

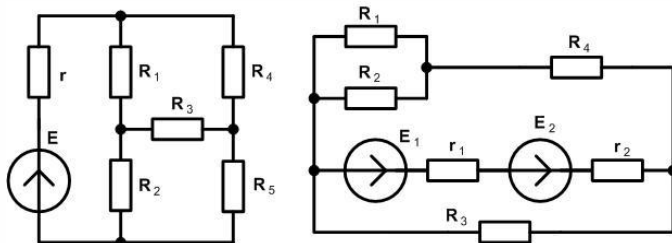
**Цель:** изучить электрические цепи без разветвлений

**Оборудование:** схемы электрических цепей

#### Теоретическая часть

Решение любой задачи по расчету электрической цепи следует начинать с выбора метода, которым будут произведены вычисления. Как правило, одна и та же задача может быть решена несколькими методами. Результат в любом случае будет одинаковым, а сложность вычислений может существенно отличаться. Для корректного выбора метода расчета следует сначала определиться к какому классу относится данная электрическая цепь: к простым электрическим цепям или к сложным.

К **простым** относят электрические цепи, которые содержат либо один источник электрической энергии, либо несколько находящихся в одной ветви электрической цепи. Ниже изображены две схемы простых электрических цепей. Первая схема содержит один источник напряжения, в таком случае электрическая цепь однозначно относится к простым цепям. Вторая содержит уже два источника, но они находятся в одной ветви, следовательно это также простая электрическая цепь.

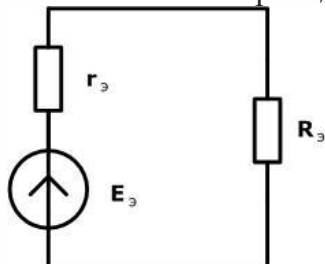


Расчет простых электрических цепей обычно производят в такой последовательности:

1. Сначала упрощают схему последовательно преобразовывая все пассивные элементы схемы в один эквивалентный резистор. Для этого необходимо выделять участки схемы, на которых резисторы соединены последовательно или параллельно, и по известным формулам заменять их эквивалентными резисторами (сопротивлениями). Цепь постепенно упрощают и приводят к наличию в цепи одного эквивалентного резистора.

2. Далее подобную процедуру проводят с активными элементами электрической цепи (если их количество более одного источника). По аналогии с предыдущим пунктом упрощаем схему до тех пор, пока не получим в схеме один эквивалентный источник напряжения.

3. В итоге мы приводим любую простую электрическую схему к следующему



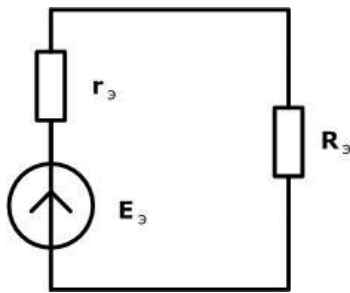
Где:  $R_3$  – значение сопротивления эквивалентного резистора (получают после выполнения п.1)  
 $r_3$  и  $E_3$  – параметры эквивалентного источника электрической энергии (пункт 2)

$$I = E_3 / (R_3 + r_3) \quad (1.22)$$

виду:

применить закон Ома - соотношение (1.22) и фактически определить значение тока протекающего через источник электрической энергии.

Теперь есть возможность

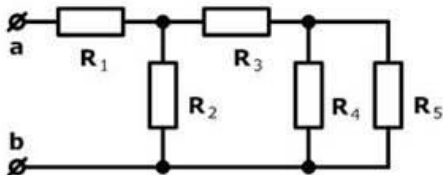


Где:  $R_{э}$  – значение сопротивления эквивалентного резистора (получают после выполнения п.1)  
 $r_{э}$  и  $E_{э}$  – параметры эквивалентного источника электрической энергии (пункт 2)

$$I = E_{э} / (R_{э} + r_{э}) \quad (1.22)$$

### Задача №1

Найти эквивалентное сопротивление между зажимами **a** и **b** для следующей цепи:

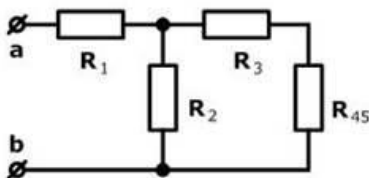


$R_1 = 12 \text{ Ом}; R_2 = 10 \text{ Ом};$   
 $R_3 = 30 \text{ Ом}; R_4 = 60 \text{ Ом};$   
 $R_5 = 12 \text{ Ом}.$

$R_{ab} = ?$

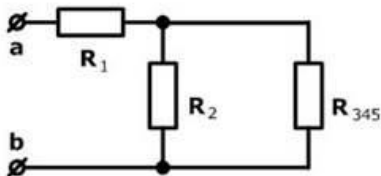
### Решение

На схеме выделяем участок цепи с параллельным соединением резисторов  $R_4, R_5$  и замещаем их эквивалентным резистором  $R_{45}$



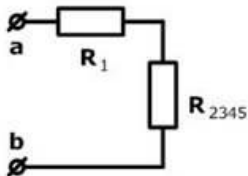
$$R_{45} = R_4 R_5 / (R_4 + R_5) = 60 \times 12 / (60 + 12) = 10 \text{ Ом}$$

Далее преобразуем в эквивалентное сопротивление  $R_{345}$  последовательное соединение элементов  $R_3$  и  $R_{45}$



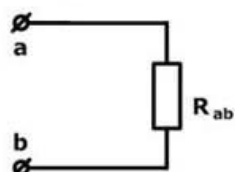
$$R_{345} = R_3 + R_{45} = 30 + 10 = 40 \text{ Ом}$$

Теперь заменим эквивалентным сопротивлением  $R_{2345}$  параллельно соединенные резисторы  $R_2$  и  $R_{345}$



$$R_{2345} = R_2 \times R_{345} / (R_2 + R_{345}) = 10 \times 40 / (10 + 40) = 8 \text{ Ом}$$

И в завершение найдем эквивалентное сопротивление всей цепи со стороны зажимов **a** и **b**, учитывая что  $R_1$  и  $R_{2345}$  соединены последовательно



$$R_{ab} = R_1 + R_{2345} = 12 + 8 = 20 \text{ Ом}$$

Ответ:  $R_{ab} = 20 \text{ Ом}$

## Практическая работа 2

### Расчет нелинейных электрических цепей

**Цель:** изучить электрические цепи с разветвлениями, содержащие несколько источников тока.

**Оборудование:** схемы электрических цепей

#### Теоретическая часть

В схемах электрических цепей можно выделить характерные элементы: ветвь, узел, контур

Ветвью электрической цепи называют ее участок, на всем протяжении которого величина тока имеет одинаковое значение.

Узлом электрической цепи называется место соединения электрических ветвей. В узловой точке сходятся как минимум три ветви.

Контуром электрической цепи называют замкнутое соединение, в которое могут входить несколько ветвей.

Ветви, содержащие источник электрической энергии, называются активными, а ветви, не содержащие источников, называются пассивными.

Первый закон Кирхгофа:

В разветвленной цепи ток в различных ветвях может иметь различное значение. Сумма токов, входящих в узловую точку разветвленной цепи, должна быть равна сумме токов, выходящих из этой точки.

1 закон Кирхгофа формулируется так: алгебраическая сумма токов в ветвях, соединенных в один узел, равна нулю.

Токи, входящие в узел, принято считать положительными, а выходящие из узла - отрицательными.

Второй закон Кирхгофа устанавливает зависимость между ЭДС и падением напряжения в замкнутом контуре любой электрической цепи.

Точки А, В, С, Д являются узловыми точками на рис 1б, поскольку в каждой из них сходятся четыре проводника.

2 закон Кирхгофа формулируется так:

Алгебраическая сумма ЭДС в замкнутом контуре электрической цепи равна алгебраической сумме падений напряжений на всех участках этой цепи.

Третье правило Лоторейчука:

Для определения знаков в алгебраической сумме направление обхода контура выбирается произвольно: по часовой или против часовой стрелки.

ЭДС источника, совпадающая с выбранным направлением обхода контура, считается положительной, а не совпадающая - отрицательной.

Падение напряжения на сопротивлении считается положительным, если ток, протекающий через него, совпадает с выбранным направлением обхода контура, или отрицательным - если не совпадает.

#### Порядок выполнения работы

А) Ознакомиться с теорией.

Б) Решить задачи

Задача 1

Для электрической цепи постоянного тока (рис 1) определить токи в ветвях. ЭДС1 равна 1,8В, ЭДС2 равна 1,2В. Сопротивление резисторов: 0,2 Ом, 0,3 Ом, 0,8 Ом, 0,6 Ом, 0,4 Ом.

Задача 2.

В электрической цепи постоянного тока (рис 2) амперметр показывает 5А. Определите силу токов, если сопротивления резисторов 1 Ом, 10 Ом, 10 Ом, 4 Ом, 3 Ом, 1 Ом, 1 Ом, 6 Ом, 7 Ом. Величины ЭДС:  $E_1=162\text{В}$ ,  $E_2=50\text{В}$ ,  $E_3=30\text{В}$ .

Задача 3.

Два элемента, имеющие одинаковые ЭДС по 4,1 В и одинаковые внутренние сопротивления по 4 Ом, соединены одноименными полюсами, от которых сделаны выводы. Какую ЭДС и какое внутреннее сопротивление должен иметь элемент, которым можно было бы заменить такую батарейку?

Задача 4.

Гальванические элементы с ЭДС 4,5 В и 1,5 В и внутренними сопротивлениями 1,5 Ом и 0,5 Ом, соединены одноименными полюсами и питают лампу от карманного фонарика.

Какую мощность потребляет лампа, если известно, что сопротивление ее нити в нагретом состоянии равно 23 Ом?

**Вывод:**

## **Практическая работа 3**

### **Виды записи информации**

**Цель:** Виды записи информации

(Лазерные принтеры)

Содержание:

I История печатающих средств

История развития лазерных принтеров

II Физический принцип работы лазерного принтера

Формирование изображения

Принцип действия

Цветная печать

Основные характеристики лазерных принтеров

III Физические процессы

Технология изготовления фоторецепторов

Процесс ксерографии

Виды коротронов

Формирование изображения

Проявление

Перенос

Отделение

Закрепление

Очистка

Фотобарабан

Лазер

IV Итоги

## **Практическая работа 4**

### **Изучение законов магнитных цепей.**

**Цель:** научиться производить расчет магнитных цепей

**Оборудование:** схемы магнитных цепей.

#### **Теоретическая часть**

Расчет магнитных цепей проводится на основе законов Кирхгофа для магнитных цепей. Этих законов два.

Первый закон Кирхгофа (или принцип непрерывности магнитного поля) применяют к магнитным узлам разветвленной магнитной цепи. Согласно этому закону алгебраическая сумма потоков равна нулю.

Второй закон Кирхгофа (или закон полного тока) применяют к магнитным контурам. В соответствие с этим законом алгебраическая сумма магнитных напряжений равна алгебраической сумме намагничивающих сил в контуре. Единицей магнитного напряжения является Ампер.

Часто при расчете магнитных цепей применяют закон Ома для участка магнитной цепи. По аналогии с электрической цепью магнитное сопротивление равно магнитное напряжение поделить на магнитный поток.

При расчете неразветвленной магнитной цепи различают две задачи: прямую и обратную. В прямой известны геометрические размеры, магнитные свойства магнитопровода и значение магнитной индукции «В» и магнитного потока «Ф».

#### **Порядок выполнения работы**

1. Определите количество витков обмотки электромагнита, рис 2.8 стр. 33 учебника, если ток электромагнита равен 20А, а поток, при котором якорь начинает притягиваться  $\Phi = 0,003$  Вб.

Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали Э330. Размеры электромагнита: 30см, 2,5см, 12см, 12см, 0,5см; 30см<sup>2</sup>, 25см<sup>2</sup>.

2. Рассчитать токи с числом витков для магнитной цепи по рис 2.7.б учебника стр. 34.

### Контрольные вопросы

1. Назовите магнитные и немагнитные материалы.
2. Что называется магнитной цепью?
3. В чем заключается аналогия электрических и магнитных цепей?
4. Как определить магнитное сопротивление участка цепи?
5. Напишите уравнения Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи.
6. Назовите устройства, где применяются магнитомягкие и магнитотвердые материалы?
7. Объясните механизм намагничивания ферромагнетиков.

**Вывод:**

## Практическая работа 5

**Решение задач на вычисление индуктивности.**

**Цель:** научиться решать задачи на нахождение индуктивности

**Задача 1.** В результате убывания тока в контуре от 8 А до 2 А за 12 мс, в контуре возникла ЭДС самоиндукции 25 мВ. Найдите индуктивность данного контура.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ДАНО: <math>\Delta t = 12 \text{ мс}</math></p> <p><math>\xi_{si} = 25 \text{ мВ}</math>    <math>I_1 = 8 \text{ А}</math></p> <p><math>I_2 = 2 \text{ А}</math></p> | <p>СИ</p> <p><math>1,2 \cdot 10^{-2} \text{ с}</math></p> <p><math>2,5 \cdot 10^{-2} \text{ В}</math></p> | <p>РЕШЕНИЕ ЭДС</p> $\xi_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ <p>самоиндукции Изменение силы тока равно разности между конечным и начальным током</p> $\Delta I = I_2 - I_1 \Rightarrow \xi_{si} = -L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t}$ <p>Выразим индуктивность из полученного уравнения</p> $L = - \frac{\xi_{si} \Delta t}{I_2 - I_1}$ $L = - \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \text{ В} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ с}}{2 \text{ А} - 8 \text{ А}} = 5$ |
| <p><math>L = ?</math></p>                                                                                                                                               |                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**Ответ:** 50 мкГн.

**Задача 2.** Через площадь контура проходит магнитный поток 2 мВб, создаваемый протекающим по контуру током силой 5 А. В течение 50 мс ток равномерно уменьшается до 3 А. Найдите ЭДС самоиндукции.

|                                                                                                                                                                 |                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ДАНО: <math>\Phi = 2 \text{ мВб}</math><br/> <math>\Delta t = 50 \text{ мс}</math><br/> <math>I_1 = 5 \text{ А}</math>    <math>I_2 = 3 \text{ А}</math></p> | <p>СИ<br/> <math>2 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}</math><br/> <math>5 \cdot 10^{-2} \text{ с}</math></p> | <p>РЕШЕНИЕ Запишем закон<br/> <math display="block">\xi_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}</math>         самоиндукции Индуктивность – это коэффициент самоиндукции, который равен отношению магнитного потока, проходящего через контур к силе тока в этом контуре <math>L = \frac{\Phi}{I}</math> В задаче указан магнитный поток при начальном значении силы тока. Исходя из этого, запишем выражение для индуктивности <math>L = \frac{\Phi}{I_1}</math><br/> <math>\Delta I = I_2 - I_1</math> С учетом последних формул ЭДС самоиндукции равно<br/> <math display="block">\xi_{si} = -\frac{\Phi}{I_1} \cdot \frac{I_2 - I_1}{\Delta t} = \frac{\Phi}{\Delta t} \cdot \frac{I_1 - I_2}{I_1}</math> <math display="block">\xi_{si} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ с}} \cdot \frac{5 \text{ А} - 3 \text{ А}}{5 \text{ А}} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ В}</math></p> |
| <p><math>\xi_{si} = ?</math></p>                                                                                                                                |                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Ответ: 16 мВ.

**Задача 3.** К источнику тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивление которого за 0,5 с равномерно увеличивают от 10 Ом до 15 Ом. При этом в реостате возникает ЭДС самоиндукции 0,03 В. Найдите индуктивность реостата.

|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ДАНО: <math>\xi = 12 \text{ В}</math>    <math>r = 1 \text{ Ом}</math><br/> <math>\Delta t = 0,5 \text{ с}</math>    <math>R_1 = 10 \text{ Ом}</math><br/> <math>R_2 = 15 \text{ Ом}</math>    <math>\xi_{si} = 0,03 \text{ В}</math></p> | <div data-bbox="973 1478 1324 1814"> </div> <p>РЕШЕНИЕ<br/>         закон</p> $\xi_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ <p>самоиндукции<br/>         закон Ома для полной</p> <p>Запишем</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

$$I = \frac{\xi}{R + r}$$

цепи Найдём выражения для начального и конечного тока, подставив в закон Ома соответствующие значения сопротивления реостата

$$I_1 = \frac{\xi}{R_1 + r} = \frac{12 \text{ В}}{10 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}} = \frac{1}{1}$$

$$I_2 = \frac{\xi}{R_2 + r} = \frac{12 \text{ В}}{15 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}} = \frac{3}{4}$$

Тогда изменение тока равно

$$\Delta I = I_2 - I_1 = \frac{3}{4} \text{ А} - \frac{12}{11} \text{ А} = \frac{33}{44} \text{ А} - \frac{4}{4}$$

Выразим индуктивность из закона

$$L = - \frac{\xi_{si} \Delta t}{\Delta I}$$

самоиндукции

$$L = - \frac{0,03 \text{ В} \cdot 0,5 \text{ с}}{-\frac{15}{44} \text{ А}} = \frac{44 \cdot 0,015 \text{ В} \cdot \text{с}}{15 \text{ А}} :$$

$$L = ?$$

Ответ: 44 мГн.

## Лабораторная работа 6

### Изучение явления самоиндукции

**Цель работы:** изучить явление электромагнитной индукции.

**Оборудование:** источник тока, гальванометр, катушка 1, железный сердечник, подковообразный магнит, магнитная стрелка, реостат, ключ, витки проволоки или катушка 2, диаметр которой больше диаметра катушки 1, две лампочки.

### Описание работы

Явление электромагнитной индукции состоит в том, что изменяющийся во времени магнитный поток через поверхность, ограниченную замкнутым проводящим контуром, вызывает появление электрического тока в контуре. Это явление доказывает взаимосвязь электрического и магнитного полей.

ЭДС индукции определяется скоростью изменения магнитного потока.

Направление индукционного тока в контуре определяется правилом Ленца: индукционный ток всегда направлен так, чтобы препятствовать причине, его вызывающей.

Это означает, что при увеличении магнитного потока поле

Возникающего индукционного тока стремиться его уменьшить, при уменьшении – увеличить. Зная направление магнитного поля индукционного тока, можно определить направление самого тока. Заметим, что, когда изучаем поле, создаваемое проводником с током, ставится обратная задача: по

направлению тока определить направление вектора индукции магнитного поля, которое создает ток. В этой работе мы фактически отчасти повторяем опыты Фарадея, открывшего явление электромагнитной индукции.

Самоиндукция – это явление, при котором возникает индукционный ток в той самой катушке, которая создает переменное магнитное поле.

### **Порядок выполнения работы**

Результаты наблюдений следует описать, а затем объединить в итоговую таблицу.

#### **1.Предварительный опыт.**

Соберите схему по рис 6. В катушку вставьте железный сердечник. Замкните цепь, заметьте при этом, в какую сторону отклонилась стрелка гальванометра. С помощью магнитной стрелки установите расположение магнитных полюсов катушки.

.....

#### **2.Первый опыт.**

Соберите схему по рис 7. С помощью магнита вынимайте из катушки и вставляйте в неё железный сердечник. Постарайтесь заметить влияние скорости движения железного сердечника вдоль катушки на значение силы тока, проходящего через гальванометр. Запишите, в какую сторону отклоняется стрелка.

.....

#### **3.Второй опыт.**

Соберите схему по рис 8. При этом катушку 2 или моток проволоки надеты на катушку 1. Замкните цепь и разомкните. Запишите вывод.

.....

Измените направление тока в цепи катушки 1 и повторите опыт.

.....

#### **4.Составьте итоговую таблицу наблюдений, в которой должны быть отражены результаты опытов.**

.....

5.Зная, в какую сторону отклоняется стрелка гальванометра, изобразите полюсы магнитного поля индукционного тока при разных полюсах магнита, с помощью которого вы двигали железный сердечник.

#### **6.Подтвердите или опровергните правило Ленца.**

.....

#### **7. Сделайте вывод о влиянии скорости движения сердечника на силу индукционного тока.**

.....

#### **8.Проанализируйте результаты второго опыта. Согласуются ли они с правилом Ленца?**

.....

9. Третий опыт. Соберите электрическую цепь, соединив параллельно две лампочки с источником тока. Последовательно первой лампе включите реостат, а последовательно второй лампе включите катушку индуктивности.

10.Пронаблюдайте, что происходит при замыкании цепи с первой и второй лампой.

11.Что происходит при размыкании цепи со второй лампой.

12.Объясните наблюдаемое явление.

### **Контрольные вопросы**

А) В чем состоит явление электромагнитной индукции?

Б) Какие способы изменения магнитного потока в этой работе?

В) Влияет ли природа магнитного поля на явление электромагнитной индукции?

Г) Почему во втором опыте стрелка гальванометра быстро возвращается к нулю, ведь ток в цепи катушки 1 продолжает идти?

Д) При поднесении сердечника к катушке поле индукционного тока помогает двигать сердечник или, наоборот, мешает?

Е) Покажите, что размерность ЭДС, вычисленной по формуле соответствует вольту.

### **Вывод:**

## Лабораторная работа 7-8

### «Электрические измерения в цепях постоянного и переменного тока»

**Цель:** научиться измерять силу тока, напряжение и сопротивление в цепях постоянного и переменного тока.

**Оборудование:** амперметр, вольтметр, омметр, реостат, ключ, соединительные провода, источник постоянного тока, источник переменного напряжения, ваттметр, счетчик электроэнергии.

#### Порядок выполнения работы

Общий порядок выполнения измерений

При измерении электрических величин с помощью приборов строго соблюдают правила техники безопасности.

Подготавливают приборы и выполняют измерения в следующем порядке:

1. Прибор выбирают с учетом требуемых условий измерения и точности.
2. Переключатель устанавливается на нужный предел измерения.
3. Цену деления шкалы определяют при установленном пределе измерения, для чего предел измерения делят на число делений шкалы.
4. Стрелку устанавливают на нулевую отметку с помощью корректора.
5. Прибор включают в цепь согласно схеме.
6. Число делений, на которые отклонилась стрелка, отсчитывают таким образом, чтобы линия, соединяющая глаз и конец стрелки, была перпендикулярна к шкале.
7. Результат измерения получают. Перемножив цену деления и число делений, на которые отклонилась стрелка.
8. Цепь по окончании работы отключают. Прибор, если требуется, отсоединяют от других элементов цепи.

#### Измерение силы тока

Силу тока измеряют с помощью амперметра.

Амперметр включают в цепь последовательно. Одним

и тем же амперметром можно измерить силу тока в различных пределах, если к прибору подключить шунт. Чаще всего шунты применяют для включения приборов магнитоэлектрической системы.

Для изготовления шунта прежде рассчитывают величину его сопротивления. Для этого нужно знать: внутреннее сопротивление амперметра, номинальный ток амперметра, ток, который надо измерить.

Так как шунт и амперметр соединяют между собой параллельно, можно составить систему уравнений.

Ток, который надо измерить равен сумме тока амперметра и тока шунта.

Сила тока амперметра: сила тока шунта = сопротивление шунта: сопротивление амперметра.

Отношение силы тока к силе тока амперметра называют шунтирующим множителем, который обозначается буквой «п».

Сопротивление шунта = сопротивление амперметра: (п-1).

По величине сопротивления шунта подбирают сечение и длину провода для изготовления шунта. Сечение шунта выбирают таким, чтобы при прохождении по шунту номинального тока он не перегорел.

Задание 1: рассчитать шунт для амперметра на номинальный ток 5мА и сопротивление 20 Ом, если этим амперметром требуется измерить ток силой 200мА.

#### Измерение напряжения

Напряжение измеряется с помощью вольтметра.

Вольтметр включают в цепь параллельно.

Для расширения пределов измерения вольтметров последовательно к нему подсоединяют добавочное сопротивление. Для расчета величины добавочного сопротивления необходимо знать внутреннее сопротивление вольтметра, номинальное напряжение вольтметра, напряжение, которое требуется измерить.

Так как вольтметр и добавочное сопротивление соединяют между собой последовательно, можно составить систему уравнений.

Напряжение, которое надо измерить = напряжение вольтметра + напряжение добавочного сопротивления.

Напряжение вольтметра : напряжение добавочное = сопротивление вольтметра :сопротивление добавочное.

Отсюда добавочное сопротивление = сопротивление вольтметра умножить на  $(U_{\text{н}} - U_{\text{в}})$ .

Отношение напряжения, которое надо измерить к напряжению вольтметра называют множителем добавочного сопротивления и обозначают буквой «р».

Тогда сопротивление добавочное = сопротивление вольтметра умножить на  $(p-1)$ .

Задание 2: рассчитать добавочное сопротивление к вольтметру, имеющему сопротивление 600 Ом и рассчитанному на напряжение 75 В, если этим вольтметром требуется измерить напряжение 300В.

### **Измерение электрического сопротивления**

Для непосредственного измерения сопротивления применяют омметры и мегомметры.

Электрическое сопротивление можно также измерить с помощью амперметра и вольтметра. Для подсчета сопротивления согласно закону Ома показания вольтметра надо разделить на показания амперметра.

Схема простейшего омметра приведена на рисунке.

В качестве измерителя в омметре используется миллиамперметр магнитоэлектрической системы. Источником тока является сухой гальванический элемент. При замкнутых между собой зажимах ток в цепи определяется по формуле:

Сила тока = напряжение \ сопротивление измерителя + сопротивление добавочное.

При подключении к зажимам элемента, сопротивление которого нужно измерить, ток в цепи будет определяться по формуле:

Сила тока = напряжение \ сопротивление измерителя+ сопротивление добавочное + сопротивление, которое надо измерить.

Из приведенной формулы видно, что о величине измеряемого сопротивления можно судить по значению тока, показываемого измерителем. Для измерения сопротивления шкалу измерителя градуируют непосредственно в Омах.

С помощью приведенных выше формул можно рассчитать добавочное сопротивление, требующееся для изготовления омметра.

Правила выполнения измерений с помощью омметра типа М57.

1.Отвернуть винт на задней панели прибора, снять крышку 1 на лицевой панели. В камеру вставить батарейку для карманного фонаря. Крышку закрыть и завернуть винт.

2.Нажав на кнопку 2, убедитесь, что омметр действует: стрелка прибора должна отклониться вправо, на нулевую отметку.

3.Снова нажимая на кнопку 2, с помощью магнитного шунта, находящегося на задней панели прибора, и винта корректора 4 установите стрелку на нулевую отметку шкалы. Кнопку отпустите.

4.К зажимам 3 присоединяют элемент, сопротивление которого требуется измерить. Стрелка прибора покажет величину сопротивления в Омах.

### **Измерение мощности**

Мощность электрического тока измеряют с помощью ваттметра. Схема включения ваттметра показана на рисунке.

Мощность в цепях постоянного и переменного тока, если в них нет конденсаторов и электроприемников с обмотками, например двигателей, можно измерить также с помощью амперметра и вольтметра. По показаниям амперметра и вольтметра находят мощность:

Мощность тока = сила тока умножить на напряжение.

### **Измерение работы тока**

Работу (энергию) тока измеряют с помощью счетчика электроэнергии. Для определения расхода электроэнергии за определенный промежуток времени находят разность между начальным и конечным показаниями счетного механизма.

Пример.

Перед включением счетчик показывал 948, 8 кВт\*ч, а через некоторое время показание стало равным 134, 6 кВт\*ч.

Определите расход энергии за прошедший промежуток времени, если данный счетчик рассчитан на показания до 1000кВт\*ч, после чего отсчет начинается вновь от нуля.

Решение.

1. Определяем расход электроэнергии за время отсчета механизма от 948,8 кВт\*ч до 1000 кВт\*ч.

Он равен 51,2 кВт\*ч.

2. Находим полный расход электроэнергии за истекшее время:  $51,2 \text{ кВт*ч} + 134,6 \text{ кВт*ч} = 185,8 \text{ кВт*ч}$

**Вывод:**

## Лабораторная работа 9

### Трехфазный ток. Трехфазные цепи.

**Цель:** изучить трехфазные цепи.

**Оборудование:** стенд «Трехфазный ток. Соединение в треугольник», стенд «Трехфазный ток. Соединение в звезду».

#### Теоретическая часть.

Среди многофазных систем переменного тока наиболее широкое применение получила трехфазная система.

Трехфазной системой называется совокупность трех однофазных цепей, в которых действуют три ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые по фазе относительно друг друга на угол 120 градусов.

На рис 6.1. дана принципиальная схема генератора трехфазного тока.

При соединении треугольником обмотки фаз генератора соединяются так, что начало каждой из фаз соединяется с концом предыдущей фазы и к точкам соединения фаз присоединяются линейные провода (рис 6.3.)

На рис. 6.3.а показана схема трехфазной системы, в которой обмотки фаз генератора и фазы потребителя соединены треугольником. Из рисунка 6.3.б видно, что фазы генератора образуют замкнутый на себя контур.

Условимся в схемах трехфазной системы, соединенной треугольником, положительными направлениями токов в фазах генератора считать направления против движения часовой стрелки. В линейных проводах положительными направлениями токов будем считать направления от генератора к приемнику, а в фазах приемника – направление движения часовой стрелки.

В соответствии с этим уравнения первого закона Кирхгофа для вершин треугольников фаз генератора и приемника можно записать следующим образом: ток в первом линейном проводе равен геометрической разности токов первой и третьей фаз генератора или первой и третьей фаз приемника. При соединении треугольником каждая фаза приемника находится под линейным напряжением, а поэтому, если пренебречь падением напряжения в проводах, всякое изменение нагрузки в той или иной фазе потребителя не влияет на величину напряжений в других его фазах. Это одно из основных достоинств таких систем.

При соединении треугольником линейное и фазовое напряжения равны друг другу, что очевидно из построения самой схемы, где фазовое и линейное напряжения, по сути дела, одно и то же.

Исходя из векторной диаграммы при равномерной нагрузке фаз треугольника линейные токи в 1,7 раз больше фазовых токов.

Трехфазная система называется симметричной, если амплитуды ЭДС в отдельных фазах генератора одинаковы по величине.

В трехфазной цепи протекает трехфазная система токов, т. е. синусоидальные токи с тремя различными фазами. Участок цепи, по которому протекает один из токов, называют фазой трехфазной цепи.

Однако если трехфазная система симметрична, то для любого момента времени в треугольнике фаз генератора алгебраическая сумма мгновенных значений ЭДС равна нулю, а поэтому опасности короткого замыкания фаз генератора здесь нет.

Возможны различные способы соединения обмоток генератора с нагрузкой.

Если в схеме, изображенной на рис 6.1. начала всех трех фаз генератора (Н1, Н2, Н3) соединить в одну общую точку, называемую нулевой точкой генератора, а к концам фаз генератора присоединить линейные провода. Идущие к потребителям, то получим трехфазную систему, соединенную звездой (рис. 6.5).

В этом случае три обратных провода, имеющиеся в трехфазной электрически не связанной системе, можно заменить одним общим обратным проводом, обслуживающим одновременно все три фазы и называемым нулевым или нейтральным проводом.

На рис. 6.5.а приведена схема, называемая трехфазной четырехпроводной схемой, соединенной звездой; ее три фазы своими началами соединены в одну общую точку, называемую нулем приемника, и концами присоединены к линейным проводам. Нулевая точка генератора соединена с нулевой точкой приемника нулевым проводом.

На рис 6.5.б показана обычная схема четырехпроводной трехфазной системы, соединенной звездой; здесь стрелками обозначены направления положительных токов.

Условно будем считать, что положительные токи в линейных проводах направлены от генератора к приемнику, а в нулевом проводе – от приемника к генератору. В соответствии с этим для нулевой точки генератора или приемника первый закон Кирхгофа выражается так:

Мгновенное значение тока в нулевом проводе равно алгебраической сумме мгновенных токов в фазах трехфазной цепи. Для действующих значений токов первый закон Кирхгофа выражается так:

Действующее значение тока в нулевом проводе равно геометрической сумме действующих значений тока в фазах трехфазной системы.

Если пренебречь падением напряжения в линейных проводах и нулевом проводе, то напряжения на зажимах для потребителя будут равны напряжениям на зажимах фаз генератора.

Наличие нулевого провода в трехфазной системе, соединенной звездой, обеспечивает независимость режима работы одной фазы. Следовательно, при равномерной нагрузке фаз алгебраическая сумма мгновенных значений токов в трехфазной системе, соединенной звездой, равна нулю.

Нулевой провод в четырехпроводной цепи предназначен для обеспечения симметрии фазных напряжений при несимметричной нагрузке.

Несимметрия фазных напряжений недопустима, так как приводит к нарушению нормальной работы потребителей, рассчитанных на определенное рабочее напряжение. **Порядок выполнения работы**

1.Используя стенд, исследуйте трехфазную цепь, соединенную в треугольник.

2.Используя стенд, исследуйте трехфазную цепь, соединенную в звезду.

#### **Контрольные вопросы.**

1.Дайте определение трехфазной системы переменного тока.

2.Какое соединение называется соединением звездой?

3.Как строится векторная диаграмма для токов и напряжений при соединении звездой?

4.Какое соединение называется соединением треугольником?

5.Как строится векторная диаграмма для токов и напряжений при соединении звездой?

6.В каком случае отсутствует ток в нулевом проводе?

7.Какова связь между линейными и фазными напряжениями при соединении звездой?

8.Какова связь между линейными и фазными токами при соединении треугольником?

9.Какие способы измерения мощности трехфазной системы вы знаете? В каких случаях применяется каждый из них?

#### **Вывод:**

## **Лабораторная работа 10**

### **Изучение резонанса в электрической цепи**

**Цель работы:** изучить явление.

**Оборудование:** резистор 15 – 20 Ом, конденсатор бумажный 6 мкФ, катушка школьного разборного электромагнита, амперметр переменного тока на 0,5 А, вольтметр переменного тока на 10 В, генератор звуковой.

#### **Порядок выполнения работы**

1.Соберем электрическую цепь по схеме, представленной на рис. 57. Включим звуковой генератор, установим напряжение на его выходе равным 5В.

2.Изменяя частоту подаваемого переменного напряжения от 100 до 3000 Гц ступенями по 100 Гц, снимите показания амперметра, поддерживая величину напряжения на выходе генератора постоянной.

3.Удалите из электрической цепи резистор и повторите измерения таким же образом, как в п.2. Результаты измерений занесите в отчетную таблицу.

4. По результатам измерений постройте резонансные кривые и определите резонансную частоту контура.

5. По известным значениям величины емкости конденсатора и индуктивности катушки вычислите резонансную частоту контура, используя формулу Томсона. Определите относительную ошибку расчетного значения резонансной частоты.

6. По известным значениям сопротивления резистора, емкости конденсатора и индуктивности катушки вычислите добротность колебательного контура при включенном резисторе.

7. Измерьте полное напряжение и напряжение на катушке при наступлении резонанса в контуре при включении резистора и без него. Определите добротность в первом и во втором случае по результатам измерений.

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте условие наступления резонанса в последовательном колебательном контуре.

2. Какими параметрами электрической цепи определяется сила тока при наступлении резонанса?

3. Каков физический смысл волнового сопротивления контура?

4. Что называется добротностью контура?

### Вывод:

## Практическая работа 11-12

### Ознакомление с электроизмерительными приборами и измерениями электрических величин.

#### 1. Цель работы.

Изучение электроизмерительных приборов, используемых в лабораторных работах, выполняемых на стенде. Получение представлений о пределе измерения и цене деления, абсолютной и относительной погрешности, условиях эксплуатации и других характеристиках стрелочных электроизмерительных приборов, получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами.

#### 2. Краткие теоретические сведения.

Контроль работы электрооборудования осуществляется с помощью разнообразных электроизмерительных приборов. Наиболее распространенными электроизмерительными приборами являются приборы непосредственного отсчета. По виду отсчетного устройства различают аналоговые (стрелочные) и цифровые измерительные приборы.

На лицевой стороне стрелочных приборов изображены условные обозначения, определяющие классификационную группу прибора. Они позволяют правильно выбрать приборы и дают некоторые указания по их эксплуатации.

В цепях постоянного тока для измерений токов и напряжений применяются в основном приборы магнитоэлектрической системы. Принцип действия таких приборов основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и измеряемого тока, протекающего по катушке. Угол поворота стрелки  $\alpha$  прямо пропорционален измеряемому току  $I$ :  $\alpha = K \times I$ . Шкалы магнитоэлектрических приборов равномерные.

В измерительных механизмах электромагнитной системы, применяемых для измерений в цепях переменного и постоянного тока, вращающий момент обусловлен действием магнитного поля измеряемого тока в неподвижной катушке прибора на подвижный ферромагнитный якорь. Угол поворота стрелки  $\alpha$  здесь пропорционален квадрату тока:  $\alpha = K \times 2I$ . Поэтому шкала электромагнитных приборов обычно неравномерная, что является недостатком этих приборов. Начальная часть шкалы не используется для измерений. Для измерений токов и напряжений в цепях переменного тока применяются также приборы выпрямительной системы. Такие приборы содержат выпрямительный преобразователь и магнитоэлектрический измерительный механизм. Они имеют более линейную шкалу, чем приборы электромагнитной системы и достаточно широкий частотный диапазон.

Для практического использования стрелочного измерительного прибора необходимо знать его предел измерений (номинальное значение) и цену деления (постоянную) прибора. **Предел измерений** – это наибольшее значение электрической величины, которое может быть измерено данным прибором. Это значение обычно указано на лицевой стороне прибора. Один и тот же прибор может иметь несколько пределов измерений. Ценой деления прибора называется значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы прибора. Цена деления прибора - С легко определяется как отношение предела измерений  $A_{ном}$  к числу делений шкалы N:

$$C = A_{ном} / N.$$

На лицевой стороне стрелочных прибора указывается класс точности, который определяет приведенную относительную погрешность прибора  $\gamma_{пр}$ .

**Приведенная относительная погрешность** прибора – это выраженное в процентах отношение максимальной для данного прибора абсолютной погрешности  $\Delta A$  к номинальному значению прибора (пределу измерений)  $A_{ном}$ :

$$\gamma_{пр} = \frac{\Delta A}{A_{ном}} \cdot 100\%$$

Промышленность в соответствии с ГОСТ выпускает приборы с различными классами точности (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,5; 2,5; 4,0).

Зная класс точности прибора, можно определить абсолютную  $\Delta A$  и относительную погрешности измерения  $\gamma_{изм}$ , а также действительное значение измеряемой величины  $A_d$ :

$$\Delta A = \frac{\gamma_{пр} \cdot A_{ном}}{100}; \quad \gamma_{изм} = \frac{100 \cdot \Delta A}{A}; \quad A_d = A \pm \Delta A.$$

Расчетную относительную погрешность измерения в любой точке шкалы прибора можно определить, полагая, что его допустимая абсолютная погрешность  $\Delta A$  известна и постоянна:

$$\gamma_{изм} = \frac{100 \cdot \Delta A}{A_{изм}},$$

где  $A_{изм}$  – условное измеренное значение величины, задаваемое в пределах

шкалы прибора от минимального значения до номинального значения данного прибора. Обратить внимание на значение относительной погрешности измерения, соответствующее предельному значению измеряемой величины, и сравнить его с классом точности прибора.

Нетрудно сделать вывод, что относительная погрешность измерения тем больше, чем меньше измеряемая величина по сравнению с номинальным значением прибора. Поэтому желательно не пользоваться при измерении начальной частью шкалы стрелочного прибора.

Для обеспечения малой методической погрешности измерения необходимо, чтобы сопротивление амперметра было значительно меньше сопротивления нагрузки, а сопротивление вольтметра было значительно больше сопротивления исследуемого участка.

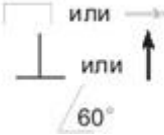
В табл. 1 приведены некоторые условные обозначения, приводимые на лицевых панелях стрелочных измерительных приборов, определяющие их свойства и условия эксплуатации.

При проведении измерений в электрических цепях широкое применение получили цифровые измерительные приборы, например мультиметры – комбинированные цифровые измерительные приборы, позволяющие измерять постоянное и переменное напряжение, постоянный и переменный ток, сопротивления, проверять диоды и транзисторы. Представление результата измерения происходит на цифровом отсчетном устройстве в виде обычных удобных для считывания десятичных чисел. Наибольшее распространение в цифровых отсчетных устройствах мультиметров получили жидкокристаллические и светодиодные индикаторы. В лабораторном стенде используются цифровые приборы для измерения постоянных и переменных токов, а также цифровой измеритель мощности. Для переключения режима работы цифровых амперметров стенда (РА1, РА2, РА3 и РА4) на его передней панели установлен тумблер, который для измерения постоянного тока следует установить в позицию «=», для измерения действующих значений переменных токов – в позицию «~». Для измерения постоянного тока входная клемма (+) цифрового амперметра выделена красным цветом.

Цифровой измеритель мощности предназначен для измерения параметров электрической цепи:

- действующего значения напряжения  $U$  (True RMS) в диапазоне 0...30 В;
- действующего значения тока  $I$  (True RMS) в диапазоне 0...300 мА;
- активной мощности  $P$  в диапазоне 0...600 Вт;
- частоты  $f$  в диапазоне 35...400 Гц;
- $\cos \phi$ ;
- угла сдвига фаз  $\phi$  ( $\phi_i$ ) между током и напряжением.

Таблица 1

| Условное графическое обозначение                                                    | Содержание условного обозначения                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A, V, W, $\Omega$ , Hz, $\cos\phi$ , F, H                                           | Наименование измеряемой величины (ампер, вольт, ватт, ом, герц, коэффициент мощности, фарада, генри) |
|  | Магнитоэлектрический измерительный механизм                                                          |
|  | Электромагнитный измерительный механизм                                                              |
|  | Магнитоэлектрический измерительный механизм с выпрямителем                                           |
| 0,05; 0,1; 0,2; 0,5;<br>1,5; 2,5; 4,0                                               | Класс точности прибора                                                                               |
|  | Рабочее положение шкалы прибора:<br>горизонтальное;<br>вертикальное;<br>под углом, например 60°      |
|                                                                                     | Прибор предназначен для работы в цепи постоянного тока;                                              |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>переменного тока;</p> <p>постоянного и переменного;</p> <p>в трехфазной цепи переменного тока</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>А</p> <p>Б</p> <p>В1; В2; В3</p>                                               | <p>А (или отсутствие буквы) – прибор для сухих отапливаемых помещений с температурой +10°C ...+35°C и влажности до 80% при 30°C;</p> <p>Б – прибор для закрытых не отапливаемых помещений с температурой - 30°C ...+40°C и влажности до 90% при 30°C;</p> <p>В – приборы для полевых и морских условий:</p> <p>В1 – при температуре -40°C ... +50°C и В2 – при температуре -50°C ... +60°C и влажности до 95% при 35°C;</p> <p>В3 – при температуре -40°C ... +50°C и влажности до 98% при 40°C</p> |
|  | <p>Измерительная цепь прибора изолирована от корпуса и испытана напряжением, например, 2 кВ</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>30 – 200 Hz</p>                                                                | <p>Рабочий частотный диапазон прибора</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Прибор содержит:

- клеммы подачи входного измеряемого сигнала (генератора): клемму «Вх» и общую клемму, клеммы подключения потребителя (нагрузки): клемму «Вых» и общую клемму. Шунт для измерения тока нагрузки подключен между клеммами «Вх» и «Вых»;
- жидкокристаллический четырехстрочный индикатор для вывода информации;
- кнопку « $f/\cos\phi/\phi$ » изменения вывода информации в четвертой строке индикатора (соответственно, частоты, коэффициента мощности  $\cos\phi$  или угла сдвига фаз  $\phi$  между током и напряжением).

С задней стороны прибора установлены розетка для подключения питания сети и колодка предохранителя.

С помощью кнопки « $f/\cos\phi/\phi$ » можно изменять вывод информации в четвертой строке индикатора. Для вывода требуемого параметра в четвертой строке индикатора кнопку необходимо нажать на 1...2 секунды.

**Изменения схемы подключения прибора и лабораторной установки выполнять при выключенном питании прибора.** В противном случае возможны изменения показаний прибора, а также возникновение нарушений в работе индикатора прибора.

### 3. Порядок выполнения работы.

3.1. Изучение паспортных характеристик стрелочных электроизмерительных приборов. Для этого внимательно рассмотреть лицевые панели стрелочных амперметров и заполнить табл. 2.

Таблица 2

| Характеристика электроизмерительного прибора |              |              |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|
| Наименование прибора                         | Вольтметр №1 | Вольтметр №2 |
| Система измерительного механизма             |              |              |
| Предел измерения                             |              |              |
| Цена деления                                 |              |              |

|                                                |  |  |
|------------------------------------------------|--|--|
| Минимальное значение измеряемой величины       |  |  |
| Класс точности                                 |  |  |
| Допустимая максимальная абсолютная погрешность |  |  |
| Род тока                                       |  |  |
| Нормальное положение шкалы                     |  |  |
| Прочие характеристики                          |  |  |

3.2. Построить график зависимости относительной погрешности измерения от измеряемой величины  $\gamma_{\text{изм}} = f(A_{\text{изм}})$  для прибора, указанного преподавателем. Сделать вывод о величине относительной погрешности измерения в начальной и конечной части шкалы, о характере изменения погрешности вдоль шкалы прибора.

3.3. Измерить величину сопротивления, заданного преподавателем, методом амперметра и вольтметра. Для этого собрать электрическую цепь по рис. 1. Установить тумблер режима работы измерителя тока в позицию «=».

После проверки схемы, включить электропитание и занести полученные данные в табл. 3. Выключить электропитание. Рассчитать, используя закон Ома, величину заданного сопротивления  $R$ . Результат занести в табл. 3.

Таблица 3

| U, В | I, мА | R, Ом |
|------|-------|-------|
|      |       |       |

#### 4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- технические данные измерительных приборов;
- график зависимости относительной погрешности измерений  $\gamma_{\text{изм}} = f(A_{\text{изм}})$ ;
- результаты измерений;
- выводы по работе.

#### 5. Контрольные вопросы

- Каков принцип действия приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
- Что такое предел измерения?
- Как определяется цена деления прибора?
- Что такое абсолютная и относительная погрешности измерения?
- Что характеризует класс точности прибора?
- В какой части шкалы прибора измерение точнее и почему?
- Каковы основные достоинства цифровых измерительных приборов?
- Как можно измерить величину сопротивления резистора?

## Лабораторная работа 13

### «Изучение работы комбинированных приборов»

**Цель:** научиться работать с авометром.

**Оборудование:** авометр, источник постоянного тока, источник переменного напряжения.

#### Порядок выполнения работы

Авометр (ампервольтметр) представляет собой универсальный электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения в широких пределах силы тока, напряжения, сопротивления. Общий вид прибора показан на рисунке.

А) Измерение силы тока

1. Указатель головки переменного резистора поставить в положение против черты с буквами «мАВ».
2. Один из коротких штекеров вставить в гнездо «общ» в ряду гнезд с надписью «мА».
3. Второй короткий штекер вставить в одно из гнезд в этом же ряду, соответствующее выбранному пределу измерения.
4. При помощи длинных штекеров соединить прибор с элементами цепи, учитывая полярность.
5. Определить цену деления шкалы, отмеченной знаком «-», при выбранном пределе измерения.
6. Подключить цепь к источнику электропитания. Произвести отсчет по шкале. Число делений умножить на цену деления шкалы.
7. Отключить цепь, отсоединить штекеры от элементов цепи, вынуть короткие штекеры из гнезд прибора.

#### Б) Измерение силы переменного тока

Измерения производить таким же образом, как и в предыдущем случае, но штекеры вставляют в гнезда ряда с надписью «/мА», а отсчет производят по шкале, обозначенной отметкой «переменный ток».

#### В) Измерение напряжения постоянного и переменного тока.

Измерения производят так же, как и в предыдущих случаях, но штекеры вставляют соответственно в гнезда ряда с надписью «=В» или «/В».

#### Г) Измерение сопротивления.

1. Измерение сопротивления производится только в цепях, в которых отсутствует напряжение.
2. Один из коротких штекеров вставляют в гнездо «общ» в ряду гнезд с надписью «омметр».
3. Второй короткий штекер вставляют в одно из гнезд этого же ряда, соответствующее выбранному пределу измерения.
4. Определить цену деления шкалы с учетом выбранного предела измерения.
5. Замкнуть накоротко длинные штекеры между собой и поворотом указателя головки переменного резистора установить стрелку на нулевую отметку шкалы омметра. Разомкнуть штекеры.
6. Подсоединить длинные концы штекеров к элементу, сопротивление которого надо измерить. Произвести отсчет по шкале; число делений, на которые отклонилась стрелка, умножить на цену деления.
7. Отсоединить штекеры и вынуть их из гнезда. Указатель головки переменного резистора поставить в положение «мАВ».
8. Сделать необходимые записи в тетради.

#### Вывод:

## Лабораторная работа 14-15

### Изучение устройства и работы трансформатора

**Цель работы:** познакомиться с работой трансформатора.

**Оборудование:** источник регулируемого переменного напряжения до 30 В, трансформатор с обмоткой на 6В, амперметр переменного тока до 2А, вольтметр переменного тока до 10В, реостат, соединительные провода, микрометр.

### Порядок выполнения работы

1. Измерьте диаметр провода обмотки трансформатора  $D$  и вычислите предельное значение силы тока.
2. Соберите электрическую цепь по принципиальной электрической схеме, представленной на рис 58. Подайте на концы исследуемой обмотки переменное напряжение 1В и измерьте силу тока в режиме холостого хода трансформатора 1. Затем произведите измерения силы тока в режиме холостого хода при напряжении 2,3,4 В и т. д, продолжая увеличивать подаваемое напряжение до тех пор, пока сила тока в обмотке не достигнет предельного значения, рассчитанного по толщине провода. Определите предельное напряжение. Результаты измерений занесите в таблицу и постройте по ним график характеристики холостого хода трансформатора (зависимость силы тока от напряжения).

### Контрольные вопросы

1. От чего зависит предельное допустимое значение силы тока в обмотке трансформатора?

2. Можно ли подключать к вторичной обмотке трансформатора любую нагрузку, если напряжение на первичной обмотке не превышает предельного значения?

## **Вывод**

## **Лабораторная работа 16**

### **Изучение работы генератора трехфазного переменного тока**

**Цель:** изучить генератор трехфазного тока

**Оборудование:** модель генератора трехфазного тока

#### **Указания к работе**

Общее устройство и схематическое изображение показано на рисунке 65.

Принцип действия генератора:

Возникновение ЭДС индукции в трех одинаковых неподвижных обмотках, расположенных под углом 120 градусов одна по отношению к другой, вследствие изменения пересекающего их магнитного потока, создаваемого вращающимся электромагнитом.

Условно принято различать начало и конец обмоток. Начало обмоток генератора обозначают буквами А, В, С, а

Концы обмоток – икс, игрек, зет. Для удобства применения трехфазного тока обмотки генератора соединяют между собой двумя способами: в звезду, если концы обмоток соединены в одну точку, которая называется нейтральной точкой; в треугольник, если конец первой обмотки соединен с началом второй, конец второй – с началом третьей, конец третьей – с началом первой (см рис 67).

Провода, которые присоединены к началам обмоток генератора или общим точкам начал и концов обмоток, называют линейными проводами.

Провод, присоединенный к нейтральной точке обмоток генератора, называют нулевым проводом.

Напряжение между началом и концом обмоток, т. е. между линейным и нулевым проводом, называют фазным напряжением (Иф).

Напряжение между началами обмоток, т. е. между линейными проводами, называют линейным напряжением.

Оно обозначается Иав, Ивс, Иса или в общем виде Ил.

Соотношения между линейными и фазными напряжениями выражаются формулами:

При соединении в звезду  $I_{л} = 1,7 \cdot I_{ф}$ ,

При соединении в треугольник  $I_{л} = I_{ф}$ .

На рисунке 66 и 67 видно, что передавать электроэнергию от трехфазных генераторов можно с помощью четырех (соединенных в звезду) или трех (соединенных в треугольник) проводов, тогда как для передачи электроэнергии от трех независимых однофазных генераторов потребовалось бы шесть проводов.

Для подключения электроприемников к четырехпроводным или трехпроводным сетям их также соединяют в звезду или треугольник (рис. 68 и 69).

Токи, протекающие по линейным проводам, называются линейными токами.

Токи, протекающие в каждой обмотке генератора, называются фазными токами.

По возможности добиваются, чтобы фазные токи были одинаковы, что особенно важно при соединении в треугольник. При неодинаковых нагрузках в случае соединения в звезду необходим нулевой провод, но он не

нужен, если нагрузки одинаковы.

Соотношение между линейными и фазными токами при одинаковых нагрузках выражаются формулами:

При соединении в звезду сила тока линейная = силе тока фазного. При соединении в треугольник сила тока линейная = 1,7 силе тока фазного.

#### **Контрольные вопросы**

1. В чем преимущества трехфазного тока перед однофазным?

2. Линейное напряжение равно 380В. Чему равно фазное напряжение при соединении в звезду, в треугольник?

3. Фазное напряжение равно 127В. Чему равно линейное напряжение при соединении в звезду и в треугольник?

4. Можно ли включать электрические лампы, рассчитанные на напряжение 220 в, в сеть трехфазного тока с линейным напряжением 380В? Если можно, то начертите схему включения.
5. Линейное напряжение четырехпроводной сети равно 220В. Начертите схему включения в эту сеть трех электроприемников на номинальное напряжение 220в и четырех электроприемников на номинальное напряжение 127В.
6. К чему может привести обрыв нулевого провода, линейного провода, двух линейных проводов?
7. Можно ли к одной и той же электрической сети подключать осветительные и силовые электроприемники, если последние рассчитаны на номинальное напряжение 380В? Если можно, то начертите схему включения.

**Вывод:**

## Практическая работа 17

### Электронные лампы.

**Цель:** изучить электронную лампу

**Оборудование:** модель электронной лампы

#### Теоретическая часть

Электронная лампа — управляемый электровакуумный прибор с высоким вакуумом (порядка  $10^{-6}$  –  $10^{-7}$  мм рт. ст.) и термоэлектронным катодом, предназначенный для различного рода преобразований электрических величин. Электронные лампы в радиоэлектронных устройствах используются в качестве выпрямительных, усилительных, частотопреобразовательных, переключающих и др. элементов. Основной частью электронной лампы является система электродов или разрядная система. В нее входят катод — источник (эмиттер) электронов, анод — приемник (коллектор) электронов и располагающиеся между катодом и анодом сетки — управляющие электроды. По количеству электродов различают двухэлектродные лампы (диоды), трехэлектродные (триоды), четырехэлектродные (тетроды) и пятиэлектродные (пентоды). Менее распространены гексоды (лампы с четырьмя сетками), гептоды (с пятью сетками) и октоды (лампы, имеющие шесть сеток). Электронные лампы, содержащие две (или более) системы электродов с независимыми потоками электронов, называются комбинированными. Электронные лампы классифицируются также по мощности, диапазону частот (низкочастотные, высокочастотные, сверхвысокочастотные) и по назначению (усилительные, генераторные, модуляторные, частотопреобразовательные, выпрямительные, измерительные и т. п.). Схема включения лампы зависит от выполняемых ею функций. Однако во всех схемах один из электродов принимается за общий, а остальные подключаются к нему.

#### Контрольные вопросы

1. Почему электронные лампы называют нелинейными сопротивлениями?
2. Назвать основные статические характеристики триодов. Для каких целей они используются на практике?
3. Дать определение и объяснить физическую сущность основных статических параметров ламп.
4. Каковы недостатки триода?
5. Возможен ли динаatronный эффект в триоде?
6. Если сетка лампы ни с чем не соединена, то она при работе лампы заряжается до некоторого отрицательного потенциала, как это объяснить?
7. Можно ли по семейству анодно-сеточных характеристик построить анодные характеристики и наоборот?
8. Почему при росте отрицательного напряжения на сетке анодная характеристика триода сдвигается вправо?
9. Как определяются параметры триода по семействам анодносеточных и анодных характеристик?

## Практическая работа 18

**Аппараты и схемы управления электродвигателями.**

**Цель работы.** Изучить назначение, принцип действия и конструкции электрических аппаратов ручного и дистанционного управления. Изучить типовые схемы дистанционного управления асинхронными электродвигателями.

**Задание на самоподготовку.** По рекомендуемой литературе и методическим указаниям изучить конструкции и принцип действия рубильников, переключателей, магнитных пускателей, промежуточных реле и реле времени. Вычертить схемы управления электродвигателями (по индивидуальному заданию), изучить условные обозначения и принцип работы схем.

### **Программа работы.**

Ознакомиться с представленными на лабораторном стенде аппаратами управления.

Собрать схему дистанционного управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем.

Изучить собранные на стенде схемы управления и произвести их включение.

Изучить действие используемых в схемах управления блокировок и защит.

### **Основные сведения об аппаратах ручного и дистанционного управления электроприводами.**

Коммутационные устройства делятся на аппараты управления силовыми цепями и аппараты для цепей управления. Они различаются величиной коммутируемого тока. Кроме того, все электрические аппараты подразделяются на аппараты ручного и дистанционного управления. Аппараты ручного управления. К аппаратам ручного управления относятся силовые коммутационные аппараты: рубильники, кулачковые контроллеры и пакетные выключатели, а также маломощные устройства – кнопки и ключи управления. Рубильник представляет собой простейший коммутационный аппарат, предназначенный для нечастого замыкания и размыкания силовых цепей постоянного и переменного тока напряжением до 600 В. В установках напряжением выше 1000 В подобные устройства называются разъединителями и предназначаются для коммутации высоковольтных цепей без нагрузки (для отключения холостого хода высоковольтных линий и трансформаторов). 5 Рубильники могут быть одно-, двух-, и трех полюсными. Рубильники с боковой рукояткой (РБ), с боковым рычажным приводом (РПБ), с центральным рычажным приводом (РПЦ) предназначены для коммутации электрических цепей под нагрузкой в пределах 50-100% номинального тока. Первая цифра после буквенного обозначения определяет количество полюсов (1, 2, и 3), вторая – номинальный ток рубильника: 1(100А), 2(250А), 4(400А), 6(600А). Например, РПЦ 22 означает: рубильник с центральным рычажным приводом, двухполюсный, номинальный ток 250А. Пакетные выключатели и переключатели применяют в качестве коммутационных аппаратов в электроустановках постоянного тока напряжением до 220В и переменного тока напряжением до 400В. Обозначение пакетного выключателя, например, ПВМ3-100 расшифровывается следующим образом: трех полюсный, номинальный ток 100А. Для включения, отключения, реверсирования и переключения числа пар полюсов асинхронных короткозамкнутых электродвигателей используют пакетно-кулачковые переключатели ПКП и выключатели ПКВ на номинальные токи 10, 25, 63, 100 и 160А. Кулачковые контроллеры – это многопозиционные и многоцепные аппараты ручного управления, предназначенные для изменения схем соединений силовых цепей электродвигателей напряжением до 500 В, либо для изменения величины включенных в эти цепи сопротивлений. Размыкание и замыкание контактов производится смонтированными на барабане кулачками, которые обеспечивают нужную последовательность коммутации электрических цепей. Рубильники и переключатели выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, числу полюсов, конструктивному и климатическому исполнению. Автоматические выключатели применяются для нечастых ручных включений и отключений электроприемников, а также для автоматического отключения цепей при перегрузках и коротких замыканиях. В электроустановках применяют автоматические выключатели типов АП-50, АЕ20, ВА14, ВА51. Автоматические выключатели выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, по предельному отключаемому току, по токам срабатывания теплового и электромагнитного расцепителей, по конструктивному исполнению и категории размещения. 5.4.2. Аппараты дистанционного управления. Электрические аппараты дистанционного управления являются двухпозиционными коммутационными аппаратами с самовозвратом, переключение контактов которых происходит при протекании тока по катушке управления. К ним относятся контакторы, электромагнитные пускатели и реле. 6 Контактор представляет собой аппарат с электромагнитным приводом, предназначенный для частых (до 1500 в час) коммутаций силовых цепей электродвигателей. Контакторы постоянного тока изготавливаются с одним и двумя полюсами на токи главных контактов от 4 до 2500 А. Контакторы переменного тока выпускаются на токи от 63 до 1000 А и содержат от 2 до 5 главных контактов. Катушки выполняются на напряжения от 36 до 600 В. Кроме

главных контактов, предназначенных для коммутации силовых цепей, контакторы содержат дополнительные маломощные контакты, предназначенные для выполнения переключений в цепях управления, блокировки и сигнализации. Электромагнитные пускатели предназначены для дистанционного управления асинхронными электродвигателями. Они совмещают в себе функции аппарата управления и защиты. В комплекте с тепловыми реле пускатели выполняют защиту электродвигателей от перегрузки. При исчезновении напряжения или при его снижении на 40-60% от номинального силовые контакты размыкаются (осуществляется нулевая защита). Нереверсивный электромагнитный пускатель состоит из одного трех полюсного контактора и трехэлементного теплового реле; реверсивный – из двух контакторов и теплового реле. Реверсивные пускатели имеют механическую блокировку для исключения одновременного включения двух контакторов. Наиболее распространены электромагнитные пускатели серий ПМЛ, ПМА. Электромагнитные пускатели и контакторы выбирают по номинальному напряжению, номинальному току, по напряжению втягивающей катушки и по конструктивному исполнению. Электромагнитные реле постоянного и переменного тока применяются в схемах управления в качестве промежуточных элементов для коммутации слаботочных цепей и для размножения контактов. Реле постоянного тока имеют лучшие, чем у реле переменного тока параметры, но для их включения необходим источник постоянного тока (выпрямитель). В схемах управления применяются РП8, РП9, РПЛ140, РПЛ131 и другие. Электромагнитные реле выбирают по напряжению и току обмотки, по длительно допускаемому току контактов и их коммутационной способности. Реле времени предназначены для введения в работу схем управления выдержек времени. По принципу действия бывают электромагнитные, моторные, пневматические и электронные. Применяются моторные реле времени ВС-10, Е-52; электромеханические ЭВ-24, ЭВ-217; пневматические РВП-1М, РВП-72 и электронные серии ЕЛ. Реле контроля скорости предназначены для фиксации наличия вращения рабочих органов машин, электродвигателей. Применяются в схемах динамического и реверсивного торможения электроприводов. Кнопки управления используют для дистанционного управления контакторами, пускателями и другими аппаратами. Кнопки управления, смонтированные в общем корпусе или на панели, называют кнопочной станцией. Распространены кнопки КМЕ, КЕ; посты управления ПКЕ, ПКУ, ПКТ. Путьевые и конечные выключатели применяются в схемах управления электроприводами для ограничения движения транспортных механизмов или для изменения направления их движения (при нажатии на них деталями движущихся механизмов). Применяются контактные путьевые выключатели ВК-211, ВК-411, ВК-101 и бесконтактные БВК-24, КВД-3/24 и другие.

**5.5. Примеры схем дистанционного управления электроприводами.** На рис. 5.1. изображена принципиальная электрическая схема управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем (АД), позволяющая включать и выключать его из двух мест. Рис. 5.1. Схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем (нереверсивная). Пуск двигателя производится нажатием кнопки SB1 или SB3, остановка – нажатием кнопки SB2 или SB4. Перед пуском электродвигателя М включают автоматический выключатель QF, в результате чего на схему управления подается напряжение. При нажатии кнопки SB1 или SB3 ток течет по катушке магнитного пускателя КМ, пускатель срабатывает и замыкает свои силовые контакты КМ в цепи электродвигателя и блок контакты, шунтирующие кнопки пуска SB1, SB3. При отпускании кнопки пуска ее контакт размыкается, но катушка КМ останется включенной через блок-контакт КМ. 7 Электродвигатель останавливается кратковременным нажатием кнопки SB2 или SB4, при этом цепь катушки КМ разрывается, контакты КМ в цепи электродвигателя размыкаются. Размыкается также блок-контакт КМ. В цепь электродвигателя включены нагревательные элементы теплового реле КК, которое конструктивно объединено с электромагнитным пускателем и служит для защиты электродвигателя от длительных перегрузок. Размыкающий контакт теплового реле КК включен в цепь катушки КМ. Если ток в цепи электродвигателя превысит уставку теплового реле, то в результате нагрева элементов КК произойдет размыкание контакта КК в цепи катушки КМ и электродвигатель отключится магнитным пускателем. Повторный пуск электродвигателя будет возможен только после возврата контакта теплового реле КК в замкнутое состояние нажатием кнопки на тепловом реле (после его охлаждения). Защита от коротких замыканий в силовой цепи осуществляется автоматическим выключателем QF.

**Методика выполнения лабораторной работы.** В соответствии с программой работы изучить назначение, устройство и принцип действия аппаратов ручного и дистанционного управления по рекомендованной литературе, плакатам и образцам. Изучить схемы управления электродвигателем. Собрать схемы

управления и после проверки преподавателем или лаборантом произвести их включение. Изучить методику выбора аппаратов ручного и дистанционного управления.

Содержание отчета. 1. Цель работы. 2. Электрические схемы. 3. Расчеты по выбору аппаратов управления (по индивидуальному заданию).

**Контрольные вопросы.** 1. Назначение и области применения электрических аппаратов ручного и дистанционного управления. 2. Устройство и принцип действия электромагнитного пускателя. 3. Устройство и принцип действия автоматического выключателя. 4. Устройство и принцип действия электромагнитных реле постоянного и переменного тока. 5. Объяснить работу электрических принципиальных схем дистанционного управления асинхронными электродвигателями. 6. Выбор рубильников и переключателей. 7. Выбор автоматических выключателей. 8. Выбор электромагнитных пускателей и электротепловых реле. 9. Выбор электромагнитных реле.

## Практическая работа 19-20

### Меры безопасности при работе с электротехническими устройствами

**Цель:** изучить технику безопасности при работе с электроприборами

#### Теоретическая часть

Электрический ток в быту.

Значение электричества в жизни человека очень велико. В быту, т. е. в повседневной жизни человека, электрический ток используется как для освещения жилых помещений, так и для питания различных бытовых приборов. С помощью этих приборов можно приготовить пищу (электроплитка, духовка), выстирать и отутюжить белье (стиральная машина, утюг), убрать помещение (пылесос), длительное время сохранять продукты свежими (холодильник) и т. д. Бытовые электроприборы облегчают труд хозяек, сокращают время на выполнение домашних работ. Они ценны и тем, что не коптят и не оставляют золы. Все бытовые электроприборы включают в сеть при помощи соединительного электрошнура и штепсельной вилки. Техника безопасности и правила обращения с электроприборами. При обращении с электроприборами нужно строго выполнять правила безопасности (нарушение этих правил может стать причиной несчастных случаев): Ни в коем случае нельзя касаться оголенных проводов, по которым идет электрический ток. Нельзя проверять наличие электрического тока в приборах или проводах пальцами. Чтобы не повредить изоляции и чтобы не было коротких замыканий (вспышек пламени), нельзя заземлять провода дверями, оконными рамами, закреплять провода на гвоздях. Нужно следить за тем, чтобы электрические провода не соприкасались с батареями отопления, трубами водопровода, с телефонными и радиотрансляционными проводами. Нельзя позволять детям играть у розеток, втыкать в них шпильки, булавки, дергать провода, так как это может привести к поражению током. Нельзя вешать одежду и другие вещи на выключатели, ролики и провода, так как провода могут оборваться. Коснувшись один другого, они вызовут пожар. Опасно включать и выключать электрические лампочки, а также бытовые приборы мокрыми руками. Заменять перегоревшие лампочки нужно при отключенном выключателе. Категорически запрещается пользоваться бытовыми электроприборами, по корпусу которых проходит ток (прибор «кусаются»). Штепсельную вилку при включении и выключении приборов нужно брать за пластмассовую колодку, а не за провод. Приборы, в которых кипятят воду, готовят пищу (электрочайники, кастрюли), нельзя включать в сеть пустыми. Их нужно наполнить водой не меньше чем на одну треть. Когда наливают воду в чайник или кастрюлю, они должны быть обязательно выключены.

Нужно следить также и за тем, чтобы шнуры, снятые с приборов, не оставались присоединенными к штепсельной розетке, потому что при случайном прикосновении к ним возможно поражение током. Включать и выключать любой электробытовой прибор нужно одной рукой, желательно правой, не касаясь при этом водопроводных, газовых и отопительных труб. Чтобы избежать пожара, бытовые

электроприборы нужно устанавливать на специальных подставках (керамических, металлических или из асбеста) и на безопасном расстоянии от легко загорающихся предметов (занавесей, портьер, скатертей).

Нельзя оставлять включенные электроприборы без надзора или поручать наблюдать за ними детям. Это может привести к пожару.



## Практическая работа 21-22

### Итоговый дифференциальный зачет по всему курсу электротехники

1. Законы Кирхгофа
2. Электромагнитная индукция
3. Индуктивность
4. Переменный ток. Генератор переменного тока
5. Трёхфазный ток.
6. Электрические измерения
7. Электроизмерительные приборы.
8. Классификация электрических машин
9. Выпрямители. Электронные усилители.
10. Меры безопасности при работе с электротехническими устройствами

### Критерии оценок

Оценка «2» ставится за невыполнение требований стандарта к знаниям.

Оценка «3» ставится за знание в объеме стандарта, усвоение на репродуктивном уровне.

Оценка «4» ставится за знание в объеме стандарта или программы, усвоенные на аналитико-синтетическом уровне.

Оценка «5» ставится за знание в объеме стандарта или программы, усвоенные на творческом уровне.

Общая оценка учащимся осуществляется следующим образом:

Оценка «2» при выполнении работы на 50 % и ниже;

Оценка «3» при выполнении работы на 70 %;

Оценка «4» при выполнении работы на 80 %;

Оценка «5» при выполнении работы на 90 – 100%.

### Литература:

1. И. К. Славинский, И. С. Туревский. «Электротехника с основами электроники» Москва. 2021.
2. И. С. Туревский, В. Б. Соколов, Ю. Н. Калинин «Электрооборудование автомобиля» Москва. 2022.
3. П. А. Бутырин «Электротехника» 2019