

Министерство общего и профессионального образования Свердловской области  
ГБПОУ СО «Туринский многопрофильный техникум»

КОМПЛЕКТ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ОП 02 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

СПО 09.01.03. МАСТЕР ПО ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Преподаватель Бусыгина И.В.

2015г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### «Последовательное соединение проводников и проверка падения напряжения в отдельных проводниках»

#### Цель работы:

- 1.1 изучить методы измерения тока, напряжения, мощности и сопротивления в электрических цепях постоянного тока с последовательным соединением резисторов.
- 1.2 проверить экспериментальным и расчетным путем закон Ома, падение напряжения в отдельных проводниках.

#### ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать электрическую цепь по схеме :

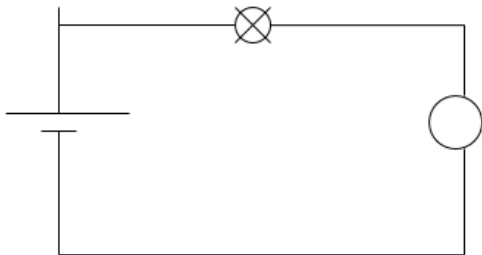


Рис. 1 Схема включения лампы

2. Заполнить:

- 2.1. таблицу №1 «Проверка закона Ома»

Показания амперметра	Показания вольтметра	Формула подсчета сопротивления	Сопротивление лампы

3. Собрать электрическую цепи по схемам:

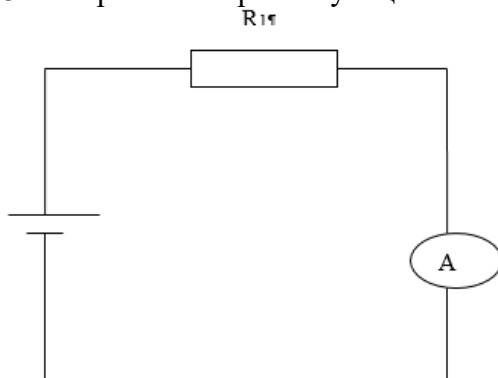


Рис. 2 Схема включения резистора  $R_1$

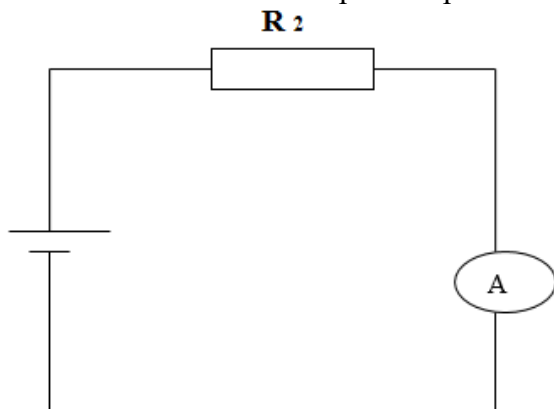


Рис. 3 Схема включения резистора последовательное соединение резисторов 4. Заполнить таблицу №2 «Проверка закона Ома»

Резисторы	Показания амперметра	Показания вольтметра	Формула подсчета сопротивления	Сопротивление резисторов
Резистор R <sub>1</sub>	...А	...В	$R = U/I$	$R_1 = \dots \text{Ом}$
Резистор R <sub>2</sub>	...А	....В	$R = U/I$	$R_2 = \dots \text{Ом}$

5. Собрать последовательное соединение резисторов по схеме:

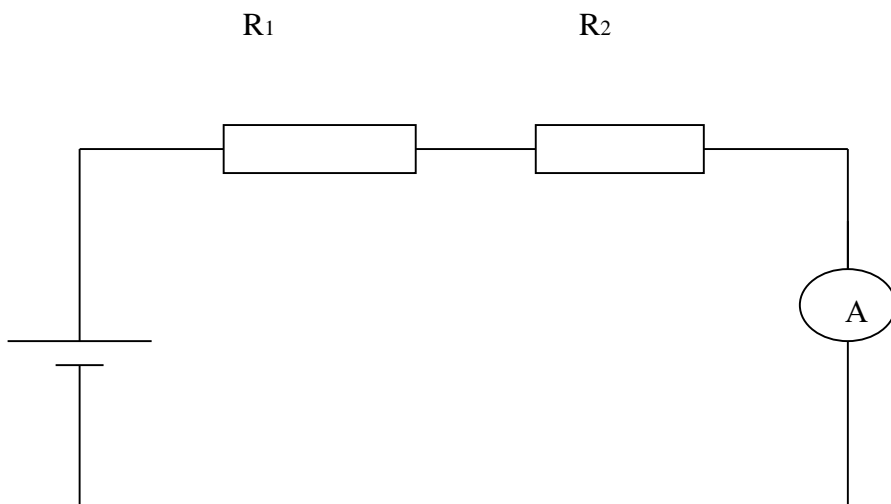


Рис. 4 Последовательное соединение резисторов R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>

6. Заполнить таблицу №3 «Падение напряжения в отдельных проводниках».

Резисторы	Показания амперметра	Показания вольтметра	Формула подсчета падения напряжения	Значение падения напряжения
Резистор R <sub>1</sub>				
Резистор R <sub>2</sub>				

### ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Написать название лабораторной работы, её цель.
2. Начертить рис. №1, 2, 3, 4.
3. Заполнить таблицы №1, 2, 3.
4. Написать вывод по лабораторной работе, где ответить на следующие вопросы:
  - 4.1 Как включается в электрическую цепь амперметр?
  - 4.2 Какую величину измеряет амперметр?
  - 4.3 Как включается в электрическую цепь вольтметр?
  - 4.4 Какую величину измеряет вольтметр?
  - 4.5 По какой формуле определяется ток в последовательном соединении резисторов?
  - 4.5 Как определяется падение напряжения потребителя?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### «Параллельное соединение проводников и проверка первого закона Кирхгофа».

#### Цель работы:

- 1.1 изучить методы измерения тока, напряжения, мощности и сопротивления в электрических цепях постоянного тока с параллельным соединением резисторов.
- 1.2 проверить экспериментальным и расчетным путем закон Ома

#### ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать электрическую цепь по схеме :

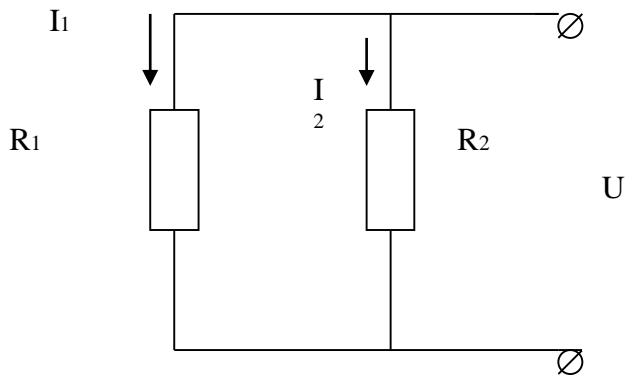


Рис. 1 Параллельное соединение проводников

2. Заполнить таблицу №1 «Проверка закона Ома».

Резисторы	Показания амперметра	Показания вольтметра	Формула закона Ома	Расчетное значение силы тока
Резистор $R_1 =$ Ом				
Резистор $R_2 =$ Ом				

#### ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Написать название лабораторной работы, её цель.
2. Начертить рис. №1,.
3. Заполнить таблицу №1,.
4. Написать вывод по лабораторной работе, где ответить на следующие вопросы:
  - 4.1 По какой формуле определяется ток в параллельном соединении резисторов?
  - 4.5 По какой формуле определяется общий ток в параллельном соединении резисторов и чему равен общий ток для Рис. 1 «Параллельное соединение проводников»?

### Лабораторная работа 3

Проверка закона Ома при последовательном соединении активного, индуктивного и емкостного сопротивлений, получение резонанса напряжений.

#### Теоретические сведения

Реактивное сопротивление цепи равно разности индуктивных и емкостных сопротивлений:

$$X = X_L - X_C \quad (\text{брать все } X \text{ из схемы})$$

Формула для полного сопротивления цепи имеет вид:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Эту формулу нужно привести в соответствие со своей схемой, следуя указаниям:

- если одно из этих сопротивлений в схеме отсутствует, то брать его за ноль;
- если каких-то сопротивлений два, то при их подставке в формулу складывают; причем  $X_L$  всегда берут с «плюсом», а  $X_C$  - с «минусом».

Ток в цепи можно найти несколькими способами:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}; \quad I = \sqrt{\frac{Q}{X}}; \quad I = \sqrt{\frac{S}{Z}}; \quad I = \frac{U}{Z}; \quad I = \frac{U_R}{R}; \quad I = \frac{U_X}{X}$$

Напряжения в цепи также можно найти по нескольким формулам:

$$U_R = IR; \quad U_L = IX_L; \quad U_C = IX_C; \quad U = IZ$$

Коэффициент мощности равен отношению активного сопротивления к полному:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$\sin \varphi$  находят как отношение реактивного сопротивления к полному:

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z}$$

Формулы для мощности цепи имеют вид:

$$\begin{array}{ll} \text{активная} & P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \\ \text{реактивная} & Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \\ \text{полная} & S = U \cdot I \end{array}$$

Для построения векторной диаграммы необходимо:

1. Составить уравнение  $\vec{U} = \vec{U}_{...} + \vec{U}_{...} + \vec{U}_{...}$  (векторно сложить в порядке схемы соответствующие напряжения).
2. Выбрать масштаб, т.е. поделить все значения напряжений на одно число, чтобы результат деления было удобно строить в сантиметрах.

$U_{...} = ... \text{ В}$



$U \dots = \dots \text{ В}$   
 $U \dots = \dots \text{ В}$   
 $I \dots = \dots \text{ А}$

3. После этого построить векторную диаграмму по масштабу и в соответствии с уравнением.

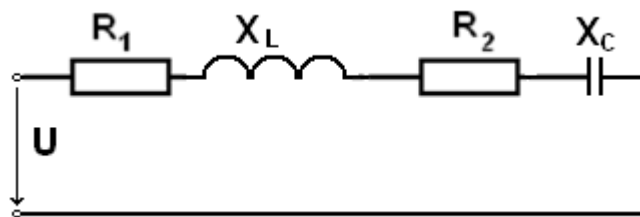
**ПРИМЕЧАНИЕ:**

- первым всегда строят ток  $I$ ;
- вектор  $U_R$  всегда идет параллельно току;
- вектор  $U_L$  перпендикулярно току вверх;
- $U_C$  перпендикулярно току вниз;
- итоговый вектор  $U$  соединяет начало первого вектора с концом последнего.

**Проверка:** длина вектора  $U$  в сантиметрах, измеренная по линейке, должна совпадать с расчетной величиной.

**Задание**

Неразветвленная цепь переменного тока содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице. Кроме того, известна одна из дополнительных величин. Определить следующие величины, если они не заданы в таблице вариантов: полное сопротивление цепи; напряжение, приложенное к цепи: силу тока в цепи; активную, реактивную и полную мощности;  $\cos \varphi$ ;  $\sin \varphi$ .



Вариант	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_L$ , Ом	$X_C$ , Ом	Дополнительная величина
1	8	4	18	2	$I = 10 \text{ А}$
2	10	20	50	10	$P = 120 \text{ Вт}$
3	3	1	5	2	$P_2 = 100 \text{ Вт}$
4	12	20	30	6	$U_1 = 72 \text{ В}$ $I = 1 \text{ А}$
5	4	8	18	2	$U = 40 \text{ В}$
6	2	1	4	8	$Q_1 = -96 \text{ вар}$
7	1	3	2	5	$Q_{C1} = -125 \text{ вар}$
8	1	2	8	4	$S = 80 \text{ В} \cdot \text{А}$
9	20	10	10	50	$Q = -640 \text{ вар}$
10	8	4	6	22	$P_1 = 32 \text{ Вт}$





6. Уменьшите сопротивление реостата вдвое и повторите измерения п.5.

7. Повторите такие же измерения при полностью выведенном сопротивлении реостата.

8. Выключите установку из сети. Замените конденсатор в цепи на  $C_1=10$  мкФ и проведите с ним измерения п.5 с нулевым сопротивлением реостата.

9. Измерьте входное напряжение этим же вольтметром, подключив его к клеммам источника переменного тока “~U”.

**Обработка результатов.** 1. Постройте семейства кривых  $I=f(l)$  и  $U=f(l)$  при трех сопротивлениях реостата и обеих емкостях.

2. Вычислите индуктивность катушки при резонансе  $L_{рез}$  для обеих емкостей из условия

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L_{рез},$$

где  $\omega=2\pi\nu$ ,  $\nu=50$  Гц – частота промышленного переменного тока.

### Упражнение 2

Резонанс токов

1. Соберите электрическую цепь по схеме рис.9. Сначала рекомендуется включить конденсатор  $C_2=15$  мкФ.

2. После проверки цепи преподавателем или лаборантом приступайте к измерениям. Вдвигая сердечник в катушку, снимите показания амперметра через каждый сантиметр перемещения. Результаты впишите в табл.2.

3. Отключив цепь от источника, замените конденсатор на  $C_1=10$  мкФ и повторите измерения п.2.

4. Измерьте входное напряжение на клеммах “~U” и впишите  $U$  в табл.2.

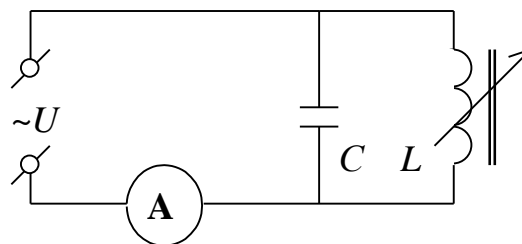


Рис.9

Таблица 2

U=				
l, см	$C_2=15$ мкФ		$C_1=10$ мкФ	
	I	Z	I	Z

**Обработка результатов измерения.** 1. Постройте график зависимости тока от положения сердечника для обоих конденсаторов.

2. Вычислите сопротивление контура по формуле

$$Z = U/I.$$

3. Постройте график зависимости сопротивления от положения сердечника. Его можно построить на том же планшете, что и предыдущий.

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте и напишите закон Ома для переменного тока.

2. Что такое резонанс в электрической цепи? В чем это проявляется? Как можно обнаружить резонанс? Перечислите признаки возникновения резонанса напряжений и резонанса токов в соответствующих цепях.

3. Почему при резонансе падение напряжения на индуктивности и падение напряжения на емкости могут быть больше напряжения, которое дает источник?

4. Чему равна резонансная частота? Изменяется ли собственная частота контура в ходе выполнения работы? Чем это достигается?

5. Как зависит индуктивность катушки от свойств сердечника? Почему для успешного выполнения данной работы используется катушка, содержащая большое число витков и железный сердечник?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### «Определение сопротивления с помощью вольтметра и амперметра».

#### Цель работы:

1. Получить представления об электромеханических измерительных приборах – амперметре и вольтметре.
2. Изучить методы измерения тока и напряжения.

#### ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать электрическую цепь по схеме :

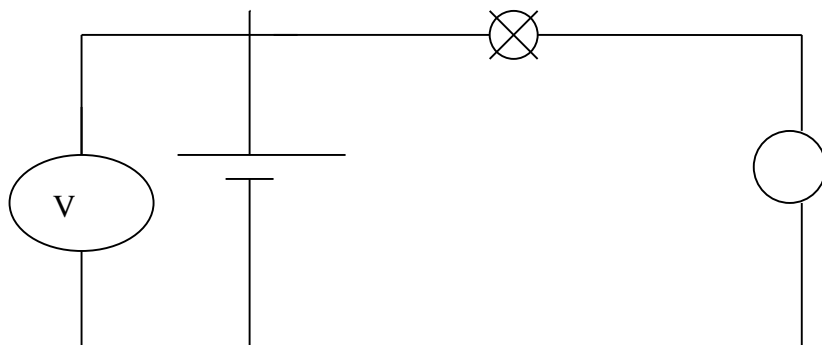


Рис. 1 Схема включения лампы

#### 2. Заполнить:

- 2.1. таблицу №1 «Определение сопротивления с помощью вольтметра и амперметра»

Показания амперметра I [A]	Показания вольтметра U [В]	Формула подсчета сопротивления	Сопротивление лампы
		$R = U / I$	

#### ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Написать название лабораторной работы, её цель.
2. Начертить рис. №1,
3. Заполнить таблице №1,
4. Написать вывод по лабораторной работе, где ответить на следующие вопросы:
  - 4.1 Какое условное обозначение имеет амперметр?
  - 4.2 Какую величину измеряет амперметр и как он включается в электрическую цепь ?
  - 4.3 Какое условное обозначение имеет вольтметр?
  - 4.4 Какую величину измеряет вольтметр и как он включается в электрическую цепь?
  - 4.5 Каким методом пользуются для измерения напряжения и сопротивления?

## Лабораторная работа №6

«Определение абсолютной и относительной погрешностей, класса точности, цены деления».

### Цель работы:

1. Изучить основные характеристики измерительных приборов: цену деления, номинальную величину, погрешности измерения.

### ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Заполнить таблицу № 1 «Основные характеристики измерительных приборов»

Прибор	Тип	Система	Род тока	Класс точности К	Цена деления шкалы С	Номинальная величина
амперметр						
вольтметр						

Цена деления шкалы – С, определяется отношение предела измерения величины к количеству делений шкалы.

2. Рассчитать абсолютную и относительную погрешность амперметра и вольтметра, используя приведенные ниже формулы.

$$\Delta A = A_{и} - A_{д}, \text{ где}$$

$\Delta A$  - абсолютная погрешность прибора;

$A_{и}$  – измеряемое значение величины;

$A_{д}$  – действительное значение величины.

Относительная погрешность приборов:

$$\gamma = (\Delta A / A_{д}) * 100\%$$

Полученные расчетные данные занести в таблицу № 2 «Абсолютная и относительная погрешность приборов».

Параметр	Амперметр	Вольтметр
Класс точности К		
$\Delta A$	$\Delta A = A_{и} - A_{д} =$	$\Delta A = A_{и} - A_{д} =$
$\gamma$	$\gamma = (\Delta A / A_{д}) * 100\% =$	$\gamma = (\Delta A / A_{д}) * 100\% =$

### ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Написать название лабораторной работы, её цель.

2. Начертить таблицы №1 №2.

3. Заполнить таблицы №1, №2.

4. Написать вывод по лабораторной работе, где ответить на следующие вопросы:

4.1 Чему равна точность измерения амперметра?

4.2 Чему равна точность измерения вольтметра?

4.3 Какой прибор измеряет точнее?

4.4 Зачем нужен корректор на передней панели прибора?

## Лабораторная работа №7

### Исследование работы автоматического выключателя и контактора

Цель работы: Изучение функционального назначения, конструкции и работы электрических аппаратов автоматического управления и защиты.

Задание на лабораторную работу

- Прочитать настоящее описание, ознакомиться с назначением и особенностями использования, конструкцией и работой основных электрических аппаратов автоматического управления и защиты.
- Изучить реальные аппараты, представленные на стенде лаборатории. Найти элементы и детали аппаратов, соответствующие описанию. Понять принцип их действия и особенности включения в схемы автоматического управления и защиты.
- Запомнить сравнительные преимущества и недостатки контактных и бесконтактных полупроводниковых аппаратов, их основные технические характеристики, графические и буквенные обозначения.
- Составить отчет о проделанной работе.

### Основные положения

**Электрический аппарат** – это электротехническое устройство, которое служит для управления электрическими и неэлектрическими объектами, а также для их защиты при ненормальных режимах работы.

Понятие «электрический аппарат» очень широкое, т.к. в него входят всевозможные бытовые и промышленные устройства и установки.

### Классификация электрических аппаратов

**Классификация** электрических аппаратов может быть проведена по ряду признаков: по принципу действия, назначению (основной функции, выполняемой аппаратом), области применения, роду тока, исполнению защиты от воздействия окружающей среды, конструктивным особенностям и др.

#### ***По принципу действия аппараты делятся на:***

- **Контактные** – при работе которых происходит периодическое соединение и разъединение проводников тока - **контактов**.
- **Бесконтактные** – коммутация электрической цепи в них происходит без ее физического разрыва.

#### ***По назначению аппараты делятся на:***

- **Коммутационные аппараты** – аппараты, которые служат для включения и отключения электрических цепей. К этой группе относятся рубильники, пакетные выключатели, выключатели высокого напряжения, автоматические выключатели. Характерным для этой группы является относительно редкое их включение и отключение.
- **Пускорегулирующие аппараты** - предназначены для пуска, регулирования частоты вращения, напряжения и тока электрических машин. К этой группе относятся контакторы, пускатели, контроллеры, реостаты. Для них характерны частые включения и отключения (до 1500 в час).
- **Контролирующие аппараты**. Основной функцией этих аппаратов является контроль заданных электрических или неэлектрических параметров. К этой группе относятся реле и датчики. Если при плавном изменении входной (регулируемой) величины выходной сигнал аппарата изменяется скачком, то мы имеем дело с реле. Выходной сигнал обычно воздействует на схему

автоматики. Датчик преобразует непрерывное изменение входной (обычно неэлектрической) величины в изменение какой-либо электрической величины, являющейся выходной.

- **Аппараты для измерений** - изолируют цепи первичной коммутации (главного тока) от цепей измерительных и защитных приборов. Они преобразуют измеряемую величину до значения, удобного для измерений. К ним относятся трансформаторы тока, напряжения, конденсаторные делители напряжения.
- **Регулирующие аппараты** - предназначены для регулирования заданного параметра по определённому, наперёд заданному закону. В частности, регуляторы служат для поддержания на неизменном уровне напряжения, тока, температуры, частоты вращения и др.
- **Ограничивающие аппараты и аппараты защиты** - предназначены для ограничения токов короткого замыкания, перенапряжений, для защиты электрооборудования от перегрузок и коротких замыканий, перегрева и т.п. К ним относятся автоматические выключатели, реле тока, напряжения, плавкие предохранители, тепловые реле и пр.

### ***По номинальному напряжению аппараты делятся на:***

- аппараты **низкого** напряжения (до 1000 В).
- аппараты **высокого** напряжения (свыше 1000 В).

Данная классификация условна. Большую группу аппаратов, применяющихся для схем автоматического управления электроприводом и автоматизации производственных процессов, удобно объединять в группу аппаратов управления. Однако одни и те же аппараты могут находиться и среди коммутационных аппаратов, и среди аппаратов управления, например рубильники, пакетные выключатели, контакторы, автоматы, реле и пр.

### **Требования к электрическим аппаратам**

Эти требования весьма разнообразны и зависят от напряжения, условий эксплуатации, необходимой надёжности. Однако для всех аппаратов существуют общие требования, которым они должны удовлетворять.

1. Температура токоведущих элементов аппарата не должна превосходить значений, рекомендуемых соответствующим стандартом. Тепловые воздействия не должны вызывать остаточных явлений, препятствующих дальнейшей нормальной работе аппарата.

2. Аппараты, которые по условиям работы могут включать и отключать токи короткого замыкания, должны иметь контакты, рассчитанные на этот режим работы.

Аппараты, предназначенные для частого включения и отключения номинального тока нагрузки, должны иметь высокую механическую и электрическую износостойкость.

3. Изоляция электрических аппаратов должна быть рассчитана из условия возможных перенапряжений с некоторым запасом, учитывающим постепенное ухудшение её свойств.

4. К каждому аппарату предъявляется ряд специфических требований, обусловленных его назначением. Например, выключатель высокого напряжения должен отключать ток короткого замыкания за малое время (0,04 – 0,06 с). Контактёр должен иметь высокую механическую и электрическую износостойкость.

5. В связи с высоким уровнем автоматизации производственных процессов, применением сложных схем автоматики повышаются требования к надёжности аппаратов.

6. Все без исключения автоматы должны иметь возможно малую массу, стоимость, габариты. Аппараты должны иметь конструкцию, позволяющую широко внедрять автоматизацию производственных процессов.

### **Контактные электрические аппараты**

### **Электрические аппараты управления.**

- **Контактёр постоянного, переменного тока** – это электромагнитный аппарат, предназначенный для частых дистанционных включений и отключений силовой электрической цепи. С помощью контактора к электрической цепи можно, например, подключать электрический двигатель (Рис.1). Контактёр отличается от электромагнитных

реле более мощными силовыми и блокировочными контактами, по которым может протекать ток значительной величины (более 5 А). Кроме главных контактов, используемых в силовых цепях для непосредственного включения электродвигателей, контактор может иметь одну или несколько пар замыкающих и размыкающих блокировочных контактов, предназначенных для различных переключений в цепях управления. Принципиальные отличия контакторов постоянного тока от контакторов переменного тока в конструкции магнитопровода электромагнита. Магнитопровод электромагнита контактора переменного тока выполнен **шихтованным** из электротехнической стали, что позволяет значительно снизить потери в магнитопроводе при переменном токе. Магнитопровод контактора постоянного тока может быть цельным и усилие, притягивающее якорь к сердечнику, создаётся постоянным магнитным потоком. В контакторах переменного тока необходимое усилие создаётся за счёт суммы усилий, создаваемых двумя переменными потоками, сдвинутыми друг относительно друга по фазе. Необходимый сдвиг обеспечивается с помощью короткозамкнутого витка, охватывающего часть полюса сердечника. Наличие короткозамкнутого витка в контакторе переменного тока необходимо также для предотвращения **дребезга** якоря с частотой сети. У контакторов постоянного и переменного токов различен характер изменения тока катушки в момент включения. Главным недостатком контакторов, как и других контактных аппаратов, является **выгорание рабочих контактов** под действием электрической дуги, возникающей при их коммутациях (особенно при размыкании). Для защиты контактов используют различные способы (подбор материалов, дугогасительные катушки, решетки и пр.).

- **Магнитный пускатель (МП)** – электрический аппарат на основе контактора. Обычно предназначен для пуска, реверса электродвигателей и защиты их от самопроизвольных включений и тепловых перегрузок. Магнитный пускатель состоит из одного (для нереверсивных МП) или двух (для реверсивных) **контакторов** и **тепловых реле**, закрытых общим кожухом. Особенностью работы магнитных пускателей является прохождение через их контакты тока, равного 4 – 8 кратному значению номинального тока, при включении асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Поэтому к магнитным пускателям, а особенно к их контактам, предъявляют повышенные требования по износостойчивости, коммутационной способности, чёткости срабатывания, надёжности защиты двигателей от перегрузки.
- **Промежуточное электромагнитное реле** предназначено для коммутации электрических цепей, введения различных блокировок, размножения электрического сигнала. Расширение областей применения электромагнитных реле объясняется тем, что по сравнению с бесконтактными они имеют ряд уникальных свойств: полное отсутствие гальванической связи между входным и выходным цепями, возможность коммутации как постоянных, так и переменных токов, допустимость значительных

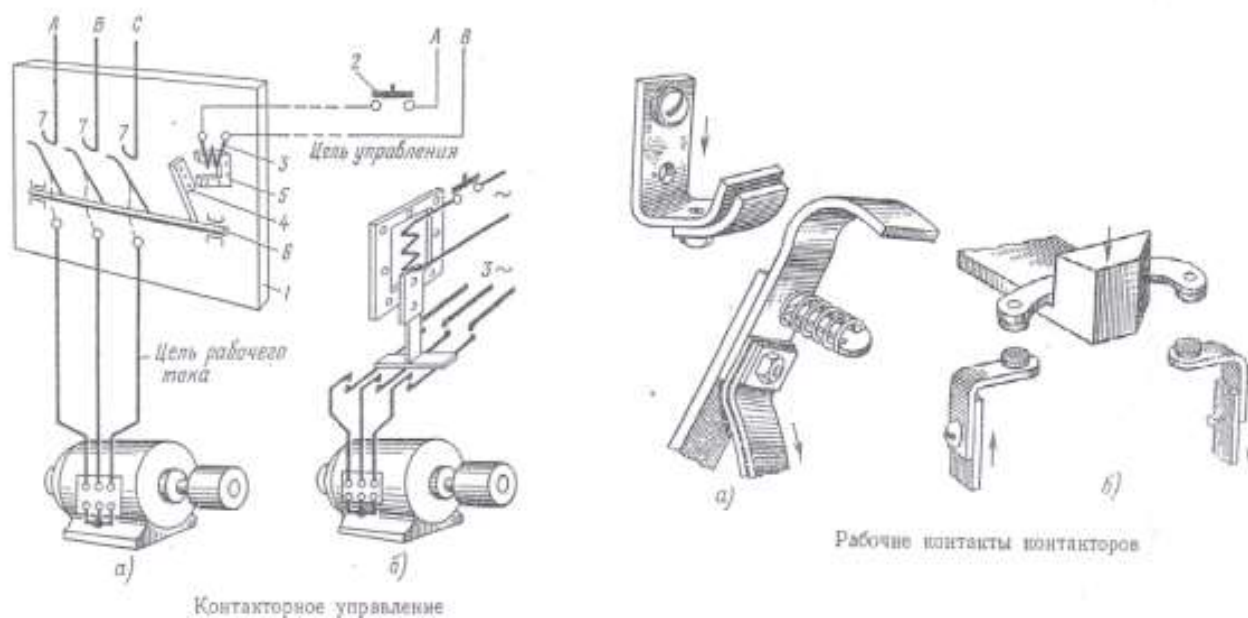


Рис.1. Контакторное управление и рабочие контакты контакторов

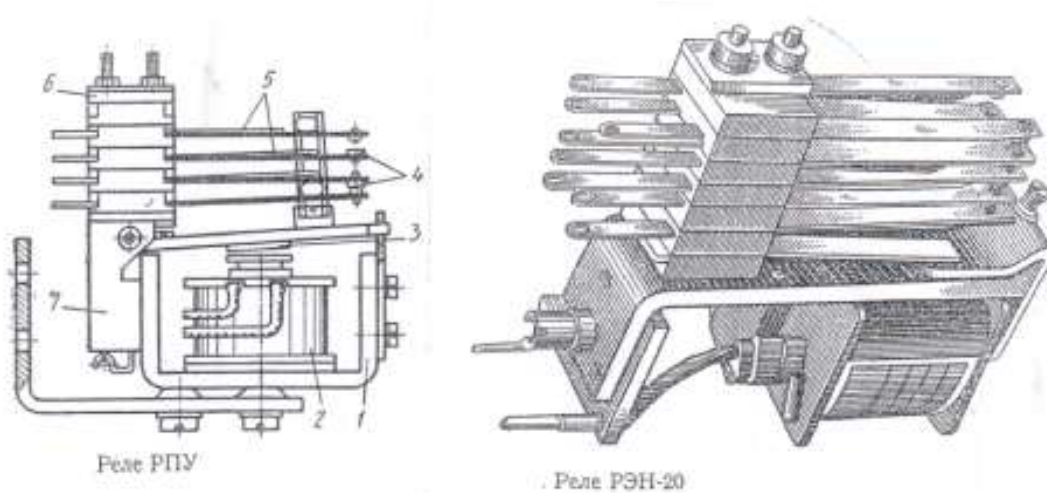


Рис. 2. Электромагнитные реле

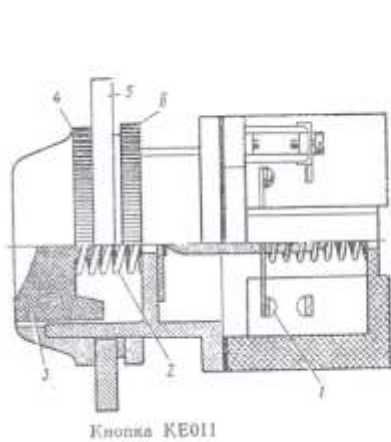


Рис. 3. Кнопка управления

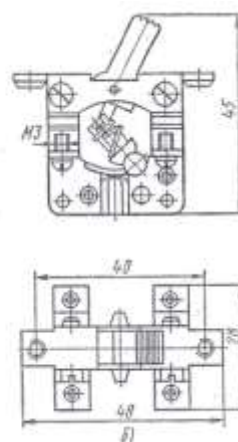


Рис.4. Тумблер

перегрузок в цепи контактов как по току, так и по напряжению, малые потери мощности в контактном переходе, бесконечное отношение сопротивлений контакта в разомкнутом и замкнутом состояниях, независимость от воздействия внешних электрических и магнитных полей, нечувствительность к температурным перегрузкам, высокая электрическая прочность, простота в обслуживании и эксплуатации (Рис.2).

- **Кнопки управления**, посредством которых управляют контакторами, могут иметь различные контакты: замыкающие, размыкающие или те и другие. Иногда применяют также кнопки с двумя замыкающими контактами. «Нормальным» считается положение кнопки при отсутствии воздействия (нажатия), рабочим – при нажатии. Из кнопочных элементов комплектуют кнопочные посты (станции). Головки пусковых кнопок не должны выступать. Этим исключается возможность случайного нажатия кнопок (Рис.3). Применяют также кнопочные посты, предназначенные для встройки в ниши и пульты.
- **Тумблеры** – малогабаритные однополюсные или двухполюсные переключатели, используемые, например, для включения электрического освещения станка, нечастой коммутации электрической цепи и пр. (Рис.4). Обычно тумблеры имеют два контакта, один из которых при включении замыкается, а другой – размыкается. Специальный механизм обеспечивает быстрое переключение контактов независимо от скорости поворота рычажка переключателя.
- **Путевые выключатели** применяют в схемах управления электроприводами, когда необходимо изменить или ограничить направление движения рабочих органов управляемого механизма в определённых точках пути. Это достигается воздействием упоров, расположенных на подвижных органах механизма, на контакторную систему выключателя. Переключение контактов путевых выключателей в цепях управления вызывают остановку, изменение направления вращения (подачи) или величины подачи (частоты вращения). Если путевые выключатели установлены в конце пути, их называют конечными. Различают путевые выключатели прямого и мгновенного действия. (Рис.5). Путевые выключатели прямого действия применяют при скорости подвижных органов от 0,6 м/мин и выше, т.к. при меньшей скорости вследствие возникновения длительно действующих электрических дуг контакты быстро выходят из строя. Такого недостатка нет у путевых выключателей мгновенного действия. С помощью специального устройства они обеспечивают большую скорость переключения контактов при любой скорости упоров.
- **Реле времени** широко применяют в схемах автоматики, когда необходимо обеспечить паузу определенной продолжительности в ходе выполнения технологического процесса (Рис. 6). Для обеспечения выдержки времени применяют различные типы реле. К ним относятся реле с часовым механизмом, моторные, электронные, пневматические, электромагнитные, транзисторные и пр. Наиболее часто применяют моторные реле времени.

Электрические аппараты защиты

- **Автоматические выключатели (автоматы)** предназначены для защиты электрооборудования от перегрузок и коротких замыканий, а также для не слишком частых коммутаций электрических цепей. Автоматы обладают большой универсальностью, т.к. в зависимости от исполнения могут выполнять функции рубильников, выключателей, тепловых реле, реле максимального тока и минимального напряжения. Конструкции автоматов различны, но в каждом из них имеются общие узлы: контакторная система, дугогасительные камеры, механизм привода, механизм свободного расцепления и элементы защиты – расцепители.






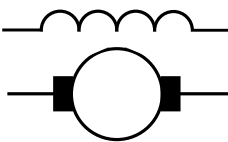
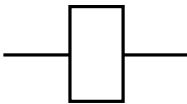

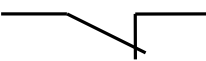

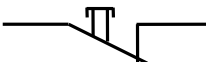

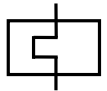
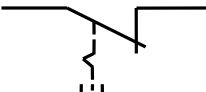

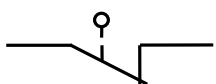
Контактная система является наиболее ответственной частью автомата. Она состоит из подвижных и неподвижных контактов, изготовленных на основе серебра. Такие контакты не свариваются при коротком замыкании и надёжно работают даже при отсутствии эксплуатационного ухода за ними. Дугогасительная камера обеспечивает надёжное гашение дуги, возникающей при отключении короткого замыкания. Все автоматы имеют ручной привод; их включают рукояткой или кнопкой. С помощью механизма свободного расцепления обеспечивается мгновенное замыкание или размыкание контактов со скоростью, не зависящей от скорости движения рукоятки или кнопки. В автоматы встраивают различные расцепители: **тепловые** – для защиты от перегрузок, **электромагнитные** – для защиты от токов короткого замыкания и **комбинированные** – для защиты электрооборудования как от перегрузок, так и токов короткого замыкания. Кроме того, на некоторых аппаратах имеются дистанционные расцепители, а также расцепители минимального напряжения. **Электромагнитный расцепитель** представляет собой электромагнит, якорь которого обычно имеет свободный (примерно 5 – 10 мм). Расцепление происходит за счёт удара якоря о рычаги механизма свободного расцепления. Электромагнитные расцепители характеризуются номинальным током и установкой тока мгновенного срабатывания. **Тепловой расцепитель** аналогичен по конструкции и принципу действия тепловым реле. Тепловые расцепители характеризуются номинальным током и ампер-секундной характеристикой. Вследствие неточности изготовления расцепители автоматов имеют большой разброс характеристик срабатывания (от 15 до 30%), который необходимо учитывать при выборе и эксплуатации. При силе тока свыше 50 А тепловые расцепители иногда выполняют с шунтом, поэтому через нагревательный элемент протекает только часть тока нагрузки. Комбинированные расцепители характеризуются номинальным током, установкой тока мгновенного срабатывания и ампер-секундной характеристикой. Они имеют те же недостатки, что и тепловые реле.

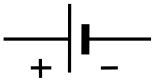
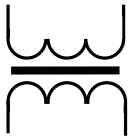

- **Электромагнитное реле тока (напряжения)** размыкает или замыкает свои контакты при достижении величины тока (напряжения) срабатывания, который может регулироваться изменением силы натяжения пружины. Величина тока (напряжения), при которой реле должно сработать и разорвать электрическую цепь, устанавливается на шкале реле и называется **уставкой реле**. Реле тока обычно обладают малой инерционностью и очень высоким быстродействием, вследствие чего могут использоваться для защиты электрических цепей и аппаратуры от токов короткого замыкания, когда электрическую цепь во избежание выхода из строя необходимо отключить мгновенно (Рис. 7).
- **Плавкий предохранитель**, как и реле тока, служит для защиты электрических цепей и электродвигателей от токов короткого замыкания (Рис. 8). Принцип работы предохранителей с плавкой вставкой основан на тепловом воздействии электрического тока, протекающего по проводнику. Если в определённом месте электрической цепи поставить проводник меньшего сечения, то при увеличении тока этот проводник, называемый плавкой вставкой, будет нагреваться сильнее, чем другие участки цепи, и при некотором значении тока расплавится и прервёт цепь. Очевидно, что чем больше ток, протекающий по цепи, тем быстрее перегорит плавкая вставка.
- **Тепловое реле** предназначено для защиты электродвигателей постоянного и переменного тока от недопустимого перегрева при небольших, но продолжительных перегрузках. Срабатывание тепловых реле определяется не мгновенной величиной тока, а количеством тепла, полученным чувствительным элементом реле при прохождении тока по нагревателю. Тепловые реле обладают **большой инерционностью** и их нельзя применять для защиты от коротких замыканий. Время срабатывания таких реле лежит в пределах от нескольких секунд до нескольких минут. Наиболее широкое применение нашли биметаллические тепловые реле (Рис. 9). Основным элементом биметаллических реле является **биметаллическая пластина**. Она состоит из двух пластин, одна из которых имеет больший коэффициент линейного расширения, а другая – меньший. В месте прилегания пластины жёстко скреплены. Широкое распространение в тепловых реле получили материалы: инвар, имеющий малый коэффициент линейного расширения, и немагнитная хромоникелевая сталь, имеющая большой коэффициент линейного расширения. Действие реле основано на **деформации** биметаллической пластины при нагревании её током, протекающим через неё или через нагреватель, расположенный вблизи пластины. В результате изгиба пластины

происходит разрыв электрической цепи. В эксплуатации нашли применение тепловые реле ТРН, ТРП.

**Условные изображения электрических аппаратов  
на принципиальных схемах**

Таблица № 1

Трёхфазный асинхронный электродвигатель переменного тока		
Машина постоянного тока с независимым возбуждением		
Электромагнит. Катушка контактора. Катушка реле, пускателя.		
Контакты, контактора, пускатели, реле	Нормально разомкнутый, (замыкающий)	
	Нормально замкнутый, (размыкающий)	
Кнопки управления	Пуск	
	Стоп	
Плавкий предохранитель		
Тепловое реле	Нагревательный элемент	
	Контакт	
Путевой выключатель	Нормально разомкнутый контакт	
	Нормально замкнутый контакт	

Элемент гальванический или аккумулятор	
Лампа накаливания	
Заземление	
Резистор нерегулируемый	
Трансформатор с ферромагнитным сердечником	
Дроссель	

## Критерии оценивания лабораторных работ по электротехнике.

Группа \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_ Лабораторная работа № \_\_\_\_\_

[illegible]

[illegible]

Процент результативности	Количество баллов	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	14-15	5	отлично
80 ÷ 89	12-13	4	хорошо
70 ÷ 79	11	3	удовлетворительно
менее 70	10	2	не удовлетворительно