

Министерство образования Республики Беларусь  
Филиал БНТУ  
«Минский государственный политехнический колледж»

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ**

Электронное учебно-методическое пособие  
для специальности 2-36 03 31  
«Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)»

Минск 2019

**Автор:**

Писарук Т.В.

**Рецензенты:**

Сталович В.В., старший преподаватель кафедры “Электроснабжение” БНТУ  
Седюкова А.Л., преподаватель филиала БНТУ «МГПК»

Учебно-методическое пособие предназначено для самостоятельного и дистанционного изучения учебной дисциплины «Электрические аппараты» учащимися специальности 2-36 03 31 «Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)». В учебно-методическом пособии представлен теоретический и практический материал, а также материал, обеспечивающий контроль знаний для проведения текущей и итоговой аттестации.

Белорусский национальный технический университет.  
Филиал БНТУ “Минский государственный политехнический колледж”.  
пр - т Независимости, 85, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: (017) 292-13-42 Факс: 292-13-42  
E-mail: [mgpk@bntu.by](mailto:mgpk@bntu.by)  
<http://www.mgpk.bntu.by/>  
Регистрационный № ЭИ БНТУ/МГПК – 23.2019

## СОДЕРЖАНИЕ

[Пояснительная записка](#)

[Выписка из типового учебного плана](#)

[Междисциплинарные связи](#)

[Тематический план](#)

[Критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся](#)

[Перечень существенных и несущественных ошибок](#)

[Теоретический раздел](#)

[Практический раздел](#)

Раздел контроля знаний

[Рекомендуемые материалы входного контроля](#)

[Рекомендуемые материалы тематического контроля](#)

[Рекомендуемые материалы обязательной контрольной работы](#)

[Материалы итогового теста](#)

[Задачи для самостоятельной подготовки](#)

[Материалы дифференцированного зачета](#)

[Рекомендуемый перечень творческих работ](#)

[Рекомендуемая литература](#)

[Перечень ТНПА](#)

## Пояснительная записка

Электронное учебно-методическое пособие по учебной дисциплине «Электрические аппараты» составлено в соответствии с типовым учебным планом специальности 2-36 03 31 «Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)».

Цель преподавания учебной дисциплины – формирование у учащихся знаний об устройстве, назначении, принципе действия электрических аппаратов ручного и дистанционного управления, аппаратов защиты, бесконтактных аппаратов и датчиков, о видах и причинах износа электрических аппаратов, видах их ремонта, а также исполнения по степени защиты и климатического исполнения, о графических и буквенно-цифровых обозначениях аппаратов на схемах и чертежах.

Изучение программного учебного материала базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных учащимися в ходе изучения таких учебных дисциплин, как «Физика», «Химия», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические материалы», «Промышленная электроника», а также при прохождении электромонтажной практики.

В процессе преподавания учебной дисциплины необходимо строго соблюдать единство терминологии и обозначений в соответствии с действующими стандартами и Международной системой единиц (СИ), постоянно обращать внимание учащихся на вопросы безопасности труда.

При организации образовательного процесса следует учитывать новейшие достижения в области электрических аппаратов, использовать современные образовательные и информационно-коммуникативные технологии, методы активного и интенсивного обучения, электронные средства обучения.

Для закрепления теоретического материала и формирования у учащихся необходимых умений и навыков программой предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий, в рамках которых учащиеся выполняют практические и лабораторные работы. Форма проведения практических занятий по темам определяется преподавателем исходя из цели обучения и содержания учебного материала.

Для контроля усвоения программного учебного материала предусмотрено проведение одной обязательной контрольной работы, задания для которой разрабатываются преподавателем учебной дисциплины и обсуждаются на заседании предметной (цикловой) комиссии учреждения образования.

Определены цели изучения каждой темы, спрогнозированы результаты их достижения в соответствии с уровнями усвоения учебного материала.

В результате изучения учебной дисциплины учащиеся *должны знать на уровне представления:*

классификацию и основы теории электрических аппаратов;  
общие требования, предъявляемые к электрическим аппаратам;  
область применения и условия эксплуатации электрических аппаратов;  
*знать на уровне понимания:*

устройство и принцип действия электрических аппаратов;  
параметры, технические характеристики электрических аппаратов;  
исполнение электрических аппаратов по степени защиты и климатическое исполнение;

условные графические и буквенно-цифровые обозначения электрических аппаратов на схемах и чертежах;

*уметь:*

правильно выбирать электрические аппараты при замене морально устаревших или вышедших из строя;

определять причину неисправности электрического аппарата и производить его ремонт;

правильно выбирать электрические аппараты по степени защиты климатическому исполнению;

выбирать электрические аппараты для взрыво- и пожароопасных зон;

подбирать зарубежные аналоги электрических аппаратов;

выполнять расчет параметров и производить выбор электрических аппаратов защиты.

Приведенный в пособии тематический план является примерным. Предметная (цикловая) комиссия учреждения образования может вносить обоснованные изменения в содержание программного учебного материала и распределение учебных часов по темам в пределах общего бюджета времени, отведенного на изучение учебной дисциплины. Все изменения должны рассматриваться предметной (цикловой) комиссией и утверждаться заместителем руководителя учреждения образования по учебной работе.

### Выписка из типового учебного плана

2 – 36 03 31 «Монтаж и эксплуатация электрооборудования (по направлениям)»

утвержденного директором филиала 26.06.2018г.

Учебная дисциплина «Электрические аппараты» изучается на протяжении 1 семестра (дневная форма обучения).

| Виды работ                                 | Количество часов   |
|--|--------------------|
|  | 5 семестр обучения |
| Всего часов                                | 56                 |
| Из них: практических занятий               | 8                  |
| лабораторных работ                         | 4                  |
| курсовое проектирование                    | -                  |
| Количество: тематических контрольных работ | 1                  |
| обязательных контрольных работ             | 1                  |
| *домашних контрольных работ                | 1                  |
| Дифференцированный зачет                   | 1                  |
| Экзамен*                                   |                    |

\*Для заочной формы обучения

## Междисциплинарные связи



## Тематический план

| Раздел, тема  | Всего     | В том числе             |                         |
|---|-----------|-------------------------|-------------------------|
|   |           | на практические занятия | на лабораторные занятия |
| <b>Введение</b>   | <b>2</b>  |                         |                         |
| <b>Раздел 1. Классификация и основы теории электрических аппаратов. Степень защиты и климатическое исполнение электрических аппаратов</b>                       | <b>8</b>  |                         |                         |
| Тема 1.1. Классификация электрических аппаратов. Требования к электрическим аппаратам   | 2         |                         |                         |
| Тема 1.2. Основы теории электрических аппаратов. Электрическая дуга, способы ее гашения   | 4         |                         |                         |
| Тема 1.3. Степень защиты и климатическое исполнение электрических аппаратов   | 2         |                         |                         |
| <b>Раздел 2. Электрические аппараты ручного управления</b>  | <b>8</b>  | <b>2</b>                |                         |
| <b>Раздел 3. Электрические аппараты дистанционного управления</b>   | <b>14</b> | <b>2</b>                | <b>4</b>                |
| Тема 3.1. Магнитные системы аппаратов постоянного и переменного тока  | 2         |                         |                         |
| Тема 3.2. Устройство и принцип действия электромагнитных аппаратов. Технические характеристики и номенклатура электрических аппаратов дистанционного управления | 12        | 2                       | 4                       |

| Раздел, тема   | Всего     | В том числе     |                 |
|--|-----------|-----------------|-----------------|
|  |           | на практические | на лабораторные |
| <b>Раздел 4. Электрические аппараты защиты</b>   | <b>10</b> | <b>4</b>        |                 |
| <b>Раздел 5. Бесконтактные полупроводниковые аппараты. Датчики</b>   | <b>4</b>  |                 |                 |
| Тема 5.1. Полупроводниковые и операционные усилители, полупроводниковые реле и коммутирующие аппараты                              | 2         |                 |                 |
| Тема 5.2. Классификация датчиков, их устройство и принцип действия   | 2         |                 |                 |
| <b>Раздел 6. Высоковольтное оборудование распределительных устройств</b>   | <b>4</b>  |                 |                 |
| Тема 6.1. Электрические аппараты станций и подстанций  | 2         |                 |                 |
| Тема 6.2. Комплектные распределительные устройства 6-10 кВ   | 2         |                 |                 |
| <b>Раздел 7. Неисправности и ремонт электрических аппаратов. Условные обозначения электрических аппаратов на схемах и чертежах</b> | <b>6</b>  |                 |                 |
| Тема 7.1. Виды и причины износа, характерные неисправности и ремонт электрических аппаратов  | 3         |                 |                 |
| <i>Обязательная контрольная работа</i>   | 1         |                 |                 |
| Тема 7.2. Условные обозначения электрических аппаратов на схемах и чертежах  | 2         |                 |                 |
| <b>Итого</b>   | <b>56</b> | <b>8</b>        | <b>4</b>        |

## Критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся

| Отметка в баллах | Показатели оценки  |
|------------------|--|
| 1<br>(один)      | Узнавание отдельных объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (классификация электрических аппаратов, специальные термины, понятия, определения, формулы, законы и т.д.)   |
| 2<br>(два)       | Различение объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (классификация электрических аппаратов, требования, предъявляемые к электрическим аппаратам, область их применения и т.д.), осуществление соответствующих практических действий   |
| 3<br>(три)       | Воспроизведение части программного учебного материала по памяти (фрагментарный пересказ и перечисление электрических аппаратов; их классификация, требования, предъявляемые к электрическим аппаратам, область их применения, принцип действия и т.д.); осуществление умственных и практических действий по образцу  |
| 4<br>(четыре)    | Воспроизведение большей части программного учебного материала (описание с элементами классификации и основ теории электрических аппаратов, общих требований, предъявляемых к аппаратам, области их применения, условий эксплуатации, принципа действий, технических характеристик и т.д.); применение знаний в знакомой ситуации по образцу; наличие единичных существенных ошибок   |
| 5<br>(пять)      | Осознанное воспроизведение большей части программного учебного материала (описание с объяснением области применения, устройства, принципа действия электрических аппаратов, параметров, технических характеристик электрических аппаратов, исполнения по степени защиты, условных графических и буквенно-цифровых обозначений и т.д.); применение знаний в знакомой ситуации по образцу; наличие несущественных ошибок   |
| 6<br>(шесть)     | Полное знание и осознанное воспроизведение всего программного учебного материала; владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (описание и объяснение области применения, устройства, принципа действия электрических аппаратов, параметров, технических характеристик электрических аппаратов, исполнения по степени защиты, условных графических и буквенно-цифровых обозначений и т.д.); выполнение заданий по образцу, на основе предписаний (выбор электрических аппаратов при замене вышедших из строя, определение причины неисправности электрических аппаратов и его ремонт и т.д.); наличие несущественных ошибок |
| 7<br>(семь)      | Полное, прочное знание и воспроизведение программного учебного материала; владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение области применения,   |

| Отметка в баллах | Показатели оценки   |
|------------------|---|
|                  | устройства, принципа действия электрических аппаратов, параметров, технических характеристик электрических аппаратов, исполнения по степени защиты, условных графических и буквенно-цифровых обозначений и т.д.); недостаточно самостоятельное выполнение заданий (выбор электрических аппаратов при замене вышедших из строя, определение причины неисправности электрических аппаратов и его ремонт, расчет параметров и выбор аппаратов защиты и т.д.); наличие единичных несущественных ошибок  |
| 8<br>(восемь)    | Полное, прочное, глубокое знание и воспроизведение программного учебного материала; оперирование программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение области применения, устройства, принципа действия электрических аппаратов, параметров, технических характеристик электрических аппаратов, исполнения по степени защиты, условных графических и буквенно-цифровых обозначений т.д.); самостоятельно выполнение заданий (выбор электрических аппаратов при замене вышедших из строя, определение причины неисправности электрических аппаратов и его ремонт, выбор электрических аппаратов по степени защиты и климатическому исполнению, для пожаро- и взрывоопасных зон, подбор зарубежных аналогов электрических аппаратов, расчет параметров и выбор аппаратов защиты и т.д.); наличие единичных несущественных ошибок |
| 9<br>(девять)    | Полное, прочное, глубокое, системное знание программного учебного материала; оперирование программным учебным материалом в частично измененной ситуации (применение учебного материала при выдвижении предложений и гипотез, поиске новых способов и рациональных путей решений учебных задач, при выполнении заданий творческого характера и т.д.)   |
| 10<br>(десять)   | Свободное оперирование программным учебным материалом, применение знаний и умений в незнакомой ситуации (самостоятельно описание, объяснение нестандартных или новых способов решения учебных задач, выполнение творческих работ и заданий и т.д.)  |

*Примечание.* При отсутствии результатов учебной деятельности обучающимся в учреждении среднего специального образования выставляется «0» (ноль) баллов.

## Перечень существенных и несущественных ошибок

### *Существенные ошибки:*

#### **В изложении теоретического материала:**

- ошибки в изложении основных терминов, определений, понятий электрических аппаратов;
- ошибки в классификации электрических аппаратов в зависимости от требований, предъявляемых к ним;
- ошибки при пояснении процессов горения и гашения дуги в электрических аппаратах;
- ошибки при определении зависимости переходного сопротивления от различных условий;
- ошибки при определении конструктивного исполнения контактных систем электрических аппаратов;
- затруднения в изложении требований, предъявляемых к электрическим аппаратам и материалам;
- затруднения в объяснении принципов работы электрических аппаратов (аппаратов управления, защиты и контроля);
- ошибки при пояснении назначения и их устройства электрических аппаратов;
- ошибки при пояснении определений, основных характеристик электрических аппаратов;
- ошибки при чтении электрических принципиальных схем, затруднения при понимании зависимостей элементов и электрических аппаратов на схемах;
- затруднения в пояснении принципа работы аппаратов;
- отсутствие систематизации знаний.

#### **При выполнении практических работ:**

- несоблюдение нормативно-технических документов при выполнении работ;
- нарушение технологии и последовательности операций при выполнении работ;
- нарушение методики расчета параметров электрических аппаратов;
- ошибки при выборе электрических аппаратов;
- недопустимое завышение номинальных токов электрических аппаратов защиты;

- ошибочный выбор электрических аппаратов, вышедших из производства;
- ошибки в отображении конструктивного исполнения электрических аппаратов;
- нарушение последовательности действий при проведении измерений токов срабатывания герконового и электромагнитного реле;
- ошибки при обработке данных, полученных экспериментальным путем;
- ошибки при преобразовании единиц измеренных величин;
- затруднения в оценивании полученных результатов во время выполнения лабораторных работ;
- ошибки при преобразовании формул, приводящие к неверному результату.

### ***Несущественные ошибки:***

#### **В изложении теоретического материала:**

- неточности в стандартном изложении понятий, определений;
- неполное, неточное изложение принципа работы электрических аппаратов (аппаратов управления, защиты и контроля);
- искажение в пояснении назначения и устройства электрических аппаратов;
- неполное изложение основных характеристик электрических аппаратов;
- нерациональный план устного или письменного ответа;

#### **При выполнении практических работ:**

- неточности в оформлении работ;
- осложнения в преобразовании единиц измерения величин при расчете электрических аппаратов;
- нерациональные методы (приёмы) работы со справочной литературой;
- ошибки вычислительного характера, не свидетельствующие о незнании, а совершенные по невнимательности учащегося;
- небрежное выполнение записей и рисунков при оформлении отчета;
- нарушение последовательности действий при решении задач.

## **Теоретический раздел**

### **Введение**

#### **Содержание программы**

Цели, задачи, содержание учебной дисциплины. Связь с другими учебными дисциплинами. Электрические аппараты (ЭА) как отдельная область электротехники. Их назначение и применение в решении вопросов механизации и автоматизации процессов.

#### **Методические указания**

Цель преподавания учебной дисциплины – формирование у учащихся знаний об устройстве, назначении, принципе действия электрических аппаратов ручного и дистанционного управления, аппаратов защиты, бесконтактных аппаратов и датчиков, о видах и причинах износа электрических аппаратов, видах их ремонта, а также исполнения по степени защиты и климатического исполнения, о графических и буквенно-цифровых обозначениях аппаратов на схемах и чертежах.

Изучение программного учебного материала базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных учащимися в ходе изучения таких учебных дисциплин, как «Физика», «Химия», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические материалы», «Промышленная электроника», а также при прохождении электромонтажной практики.

ЭА предназначены для ручного и дистанционного управления, а также решения вопросов механизации и автоматизации различных электрических и неэлектрических процессов.

#### **Литература**

- [1] стр. 6;
- [2] стр. 5-31;
- [3] стр. 11-13.

#### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите, какие вы знаете типы ЭА.

2. Поясните, для чего предназначены ЭА.

## **Раздел 1. Классификация и основы теории электрических аппаратов. Степень защиты и климатическое исполнение электрических аппаратов**

### **Тема 1.1. Классификация электрических аппаратов. Требования к электрическим аппаратам**

#### **Содержание программы**

Классификация ЭА по назначению, принципу действия, исполнению, области применения. Требования, предъявляемые к ЭА.

#### **Методические указания**

ЭА классифицируются по назначению, области применения, роду тока, напряжению, по степени защиты от воздействий окружающей среды, по принципу работы, способу действия, конструктивному исполнению. Основной является классификация по назначению. По назначению ЭА подразделяются на коммутационные, ограничивающие, пуско-регулирующие, контролирующие, аппараты для измерений и регулирующие. По роду тока: ЭА постоянного тока, переменного тока промышленной частоты, переменного тока повышенной частоты. По напряжению: до 1 кВ и выше 1 кВ. По принципу работы ЭА бывают контактные и бесконтактные. По способу действия индукционные, электромагнитные и тепловые.

Все ЭА должны удовлетворять требованиям электробезопасности, отключать все токи рабочих режимов, а также некоторые токи аварийных режимов. Токоведущие части ЭА должны нагреваться до температуры, не превышающей допустимую для данного класса изоляции. ЭА должны быть устойчивы к протеканию токов КЗ, быть устойчивыми к перегрузкам, а также быть надежными в работе.

#### **Литература**

[1] стр. 7-9;

[3] стр. 13.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите, каким образом классифицируются ЭА.
2. Перечислите, как классифицируются ЭА по назначению.
3. Поясните, какие требования предъявляются к ЭА.
4. Поясните, какие требования предъявляются к изоляции и контактам ЭА.

### **Тема 1.2. Основы теории электрических аппаратов. Электрическая дуга, способы ее гашения**

#### **Содержание программы**

Коммутация электрической цепи. Законы коммутации. Физические явления в электрическом контакте. Переходное сопротивление контакта. Основные конструкции контактов, параметры контактных конструкций. Процессы замыкания и размыкания контактов. Материалы для контактных соединений. Электрическая дуга, причины ее возникновения. Процессы, происходящие в дуговом промежутке. Условия гашения дуги постоянного и переменного тока.

#### **Методические указания**

Контактное соединение может выполняться не размыкаемым, коммутирующим и скользящим. В зависимости от конструкции контактного узла, контакты могут быть рычажными, мостиковыми, врубными, розеточными и т.д. К материалам для контактных соединений предъявляется целый ряд требований: высокая электро- и теплопроводность, дугостойкость, устойчивость к коррозии, твердость, механическая прочность, легкость механической обработки. На сегодняшний день нет такого материала, который бы в полной мере удовлетворял всем требованиям. Для выполнения контактов применяют серебро, медь, алюминий, вольфрам, золото и платину. Каждый материал имеет свои достоинства и недостатки.

Процесс коммутации контактного узла электрических аппаратов сопровождается протеканием различного рода сложных процессов. Между контактирующими деталями неизбежно возникает переходное сопротивление, чрезмерное увеличение которого препятствует протеканию тока в контактом узле. Переходное сопротивление контакта зависит от температуры, состояния контактной поверхности, контакта, свойств материала, используемого для

выполнения контакта, а также от усилия сжатия контактных элементов контактного узла.

Размыкание контактного узла сопровождается протеканием дуги. В дуговом промежутке протекают процессы ионизации и деионизации. Чтобы погасить дугу постоянного тока применяют метод принудительной подачи воздуха, электромеханического воздействия на дугу, воздействие газа повышенного давления, а также применяют деионную и дугогасительную решетку. Дуга переменного тока каждые полпериода гаснет сама, необходимо создать такие условия, чтобы она не загорелась вновь. Для этого применяют вакуумное дугогасительное устройство (ВДУ). Возможно гашение дуги в масле, принудительная подача воздуха и др.

### **Литература**

- [1] стр. 9-25;
- [2] стр. 88-95, стр. 123-140;
- [3] стр. 56-62.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите, какие вы знаете конструкции контактного узла.
2. Перечислите требования, которые предъявляются к контактным соединениям.
3. Перечислите, какие требования предъявляются к материалам для контактных соединений.
4. Поясните, каким образом возникает переходное сопротивление в контактах и от чего оно зависит.
5. Опишите, какими процессами сопровождается протекание дуги.
6. Перечислите и опишите способы гашения дуги постоянного и переменного тока.

## **Тема 1.3 Степень защиты и климатическое исполнение электрических аппаратов**

### **Содержание программы**

Условные буквенно-цифровые обозначения степени защиты и климатического исполнения ЭА. Категория размещения ЭА.

## **Методические указания**

Электрические аппараты должны выбираться с учетом климатических особенностей региона, в котором будет применяться аппарат, а также с учетом технологического процесса, реализуемого в помещении, в котором будет установлен аппарат.

Степень защиты аппарата обозначается двумя буквами и двумя цифрами, например, IP00. Первая цифра обозначает степень защиты аппарата от прикосновения и от проникновения твердых тел, а вторая обозначает степень защиты от попадания влаги.

Климатическое исполнение ЭА указывается, как правило, буквенно в маркировке аппарата.

## **Литература**

[1] стр. 133-136.

## **Контрольные вопросы**

1. Поясните, что такое степень защиты ЭА и каким образом она обозначается
2. Расскажите, как обозначается климатическое исполнение ЭА

## **Раздел 2. Электрические аппараты ручного управления**

### **Содержание программы**

Назначение, область применения и классификация аппаратов ручного управления (АРУ). Устройство и принцип действия рубильников и кнопок управления; пакетных выключателей и переключателей; универсальных переключателей; ящиков сопротивления, пусковых и регулировочных реостатов; контроллеров и командоконтроллеров.

## **Методические указания**

Аппараты ручного управления предназначены для непосредственного управления электродвигателями и другими потребителями электрической энергии постоянного и переменного тока. Они используются для нечастых включений и отключений электрических цепей, реверсирования,

переключения схем обмоток, изменения сопротивления при управлении электродвигателями.

К аппарата ручного управления относятся рубильники, кнопки управления, пакетные выключатели и переключатели, ящики сопротивлений, пусковые и регулировочные реостаты; контроллеры и командоконтроллеры.

### **Литература**

[1] стр. 25-41;

[3] стр. 84-90.

### **Контрольные вопросы**

1. Объясните, для чего предназначены аппараты ручного управления.
2. Назовите классификацию АРУ.
3. Опишите, как устроены АРУ.
4. Вспомните, как устроены контактные узлы АРУ.

### ***Практическая работа №1***

Изучение конструкции аппаратов ручного управления (АРУ)

### **Методические указания**

Рубильник – это простейший электрический выключатель с ручным приводом и металлическими ножевыми контактами, входящими в неподвижные пружинящие контакты (гнезда). Применяется для включения, отключения и переключения нагрузки в электрических цепях с большой силой тока (до 2500 А) и напряжением до 500 В.

Кнопки управления предназначены для подачи оператором управляющего воздействия при управлении различными электромагнитными аппаратами (реле, пускатели, контакторы), а также для коммутирования цепей управления, сигнализации, электрической блокировки и других цепей постоянного и переменного тока при напряжениях соответственно 440 и 660В.

Пакетными выключателями называются выключатели с клиновым контактом, у которых контактные ножи и стойки находятся внутри невысоких изоляционных цилиндров (пакетов), устанавливаемых один над другим

Контроллеры и командоконтроллеры. Наиболее распространенной в крановых электроприводах является система управления с помощью контроллеров, осуществляющих коммутацию цепей электродвигателя,

необходимую для пуска, регулирования частоты вращения ротора, торможения и реверсирования его.

### **Литература**

[4] стр. 25-41;

[3] стр. 84-90.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите, как устроены рубильники и для чего предназначены.
2. Опишите, как устроены кнопки управления и для чего предназначены.
3. Опишите, как устроены пакетные выключатели и для чего предназначены.
4. Опишите, как устроены кулачковые контроллеры и для чего предназначены.

## **Раздел 3. Электрические аппараты дистанционного управления**

### **Тема 3.1. Магнитные системы аппаратов постоянного и переменного тока**

#### **Содержание программы**

Магнитные системы, их применение. Поляризованные и электромагнитные системы. Магнитные материалы. Характеристики магнитного поля. Петля гистерезиса. Магнитная цепь с постоянным магнитом. Особенности электромагнитных цепей переменного тока.

#### **Методические указания**

Магнитная система является одним из основных элементов электрических устройств и электрических аппаратов. В нее входит источник магнитного поля (катушка с током, возбуждающая магнитное поле, и постоянный магнит) и система магнитопровода из ферромагнитного материала, по которому замыкается магнитный поток.

Магнитная система характеризуется рядом параметров, среди которых магнитодвижущая сила, магнитный поток, магнитная проницаемость, магнитная индукция, напряженность магнитного поля и др.

По сравнению с магнитной проницаемостью воздуха все материалы подразделяются на диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные.

### **Литература**

[1] стр. 41-47

### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте общее понятие магнитной системы и магнитной цепи.
2. Опишите материалы в соответствии с их магнитной проницаемостью.
3. Поясните основные характеристики магнитных цепей постоянного тока.
4. Опишите особенности магнитных цепей переменного тока.

## **Тема 3.2 Устройство и принцип действия электромагнитных аппаратов. Технические характеристики и номенклатура электрических аппаратов дистанционного управления**

### **Содержание программы**

Основные типы электромагнитных реле постоянного и переменного тока. Поляризованное реле. Реле времени. Их параметры, назначение и принцип действия, устройство. Контакторы и электромагнитные пускатели. Назначение, устройство, параметры. Технические характеристики и номенклатура электрических аппаратов дистанционного управления.

### **Методические указания**

В схемах автоматического управления электроприводами большое распространение получили различного рода реле, которые представляют собой электрический аппарат, включающий или отключающий электрические цепи управления под воздействием электрических, тепловых, механических или других импульсов. Наибольшее применение имеют электромагнитные реле постоянного и переменного тока. Основными элементами электромагнитного реле являются: магнитопровод, катушка, замыкающие и размыкающие контакты.

Для повышения быстродействия, надежности, срока службы и способности работать в условиях агрессивной и пыльной среды применяются реле с герметизированными магнитоуправляемыми контактами - герконы. Герконы способны коммутировать токи до 5А при напряжении 100В и обеспечивать десятки и сотни миллионов контактоиспользований.

Электромагнитный пускатель (ЭМП) - это коммутационный аппарат, предназначенный для дистанционного управления (пуск, остановка, реверсирование) и защиты электродвигателей (ЭД) переменного тока. ЭМП состоит из трехполюсного магнитного контактора, вспомогательных (блокировочных) контактов, а также тепловых реле для защиты ЭД от длительных перегрузок.

### **Литература**

[1] стр. 41-70;

[2] стр.208-465.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные типы электромагнитных реле постоянного и переменного тока.
2. Опишите параметры, назначение, принцип действия и устройство электромагнитного реле.
3. Поясните основные достоинства и недостатки герконовых реле.
4. Опишите параметры, назначение, принцип действия и устройство электромагнитных пускателей.

### ***Практическая работа №2***

Изучение конструкции аппаратов дистанционного управления

### **Методические указания**

Электромагнитные пускатели предназначены главным образом для дистанционного управления электродвигателями мощностью до 100 кВт. Они применяются для пуска непосредственным подключением к сети и останова электродвигателя (неревверсивные пускатели); для пуска, останова и реверса электродвигателя (реверсивные пускатели). В исполнении с тепловым реле пускатели также защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве

одной из фаз. Кроме того, магнитные пускатели обеспечивают защиту от понижения напряжения в питающей силовой сети вследствие отключения главных контактов пускателя при снижении напряжения на 50-60% номинального значения.

### **Литература**

[2] стр. 308-336.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите, для чего предназначены ЭМП.
2. Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят ЭМП.
3. Поясните, в чем особенности работы реверсивного ЭМП.
4. Расскажите, какими блокировками и с какой целью снабжен реверсивный ЭМП.
5. Поясните, для чего предназначены короткозамкнутые витки, установленные на сердечнике магнитной системы.
6. Объясните, каким образом происходит защита от вибраций в ЭМП.

### ***Лабораторная работа № 1***

Исследование электромагнитного и герконового реле

### **Методические указания**

Электромагнитное реле представляет собой прибор, в котором при достижении определенного значения входной величины выходная величина изменяется скачком и предназначено для применения в цепях управления, сигнализации.

Существует много разновидностей реле как по принципу действия, так и по назначению. Бывают реле механические, гидравлические, пневматические, тепловые, акустические, оптические, электрические и др.

По назначению они подразделяются на реле автоматики, реле защиты, исполнительные реле, реле промежуточные, реле связи.

Герконовые реле находят широкое применение в квазиэлектронных АТС для построения блоков коммутационного поля. В герконовых реле контактная система строится посредством герметизированных контактов. Герметизированный контакт (геркон) представляет собой стеклянный баллон

диаметром 3... 5 мм и длиной 25... 50 мм, в котором помещают две или три контактные пружины, изготовленные из упругого магнитопроводящего материала.

### **Литература**

[4] стр.37-41.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите, как устроено электромагнитное реле.
2. Опишите, как устроено герконовое реле.
3. Расскажите, какие вы знаете основные параметры реле.
4. Поясните, каков принцип действия электромагнитного и герконового реле.

### ***Лабораторная работа №2***

Исследование электромагнитного пускателя

### **Методические указания**

При понижении напряжения в сети до 0,5..0,6  $U_{ном}$  или перерывах питания якорь включённого ЭМП отпадает и размыкает вспомогательные (блокировочные) контакты, блокирующие кнопку «пуск» и главные контакты в силовой цепи ЭД, который отключается от сети. Для повторного включения ЭД при восстановлении напряжения необходимо нажать пусковую кнопку. Такая схема обеспечивает нулевую защиту.

Реверсивный магнитный пускатель (реверсивная сборка) представляет собой два трёхполюсных контактора, укреплённых на общем основании и сблокированных механической или электрической блокировкой, исключающей возможность одновременного включения контакторов.

### **Литература**

[4] стр. 49-53.

## **Контрольные вопросы**

1. Объясните, каким образом работает схема включения двигателя с нереверсивным пускателем.
2. Объясните, каким образом работает схема включения двигателя с реверсивным пускателем.
3. Расскажите, как определяется коэффициент возврата.
4. Расскажите, как определяется кратность пускового тока.

## **Раздел 4. Электрические аппараты защиты**

### **Содержание программы**

Общие сведения об аппаратах защиты. Плавкие предохранители: назначение, устройство, защитная характеристика, номенклатура выпускаемых предохранителей. Тепловое реле: назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики. Автоматические выключатели: назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики. Реле ток: назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики реле тока серии РТ-80. Устройство защитного отключения (УЗО): назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.

### **Методические указания**

Аппаратом защиты называется устройство, которое автоматически отключает защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах.

К аппаратам защиты относятся плавкие предохранители, автоматические выключатели, тепловые и токовые реле.

Предохранители – это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение. В большей части конструкций отключение цепи осуществляется расплавлением плавкой вставки, которая нагревается током защищаемой цепи.

Тепловые (биметаллические) реле предназначены для защиты электродвигателей и другого электрооборудования от недопустимого перегрева при длительных перегрузках. Их действие основано на разности линейного удлинения двух пластинок из металлов с различными

коэффициентами линейного расширения при нагреве. Механическое усилие, развиваемое пластиной при изгибании, используется для приведения в действие исполнительного элемента реле - контактов.

Автоматические выключатели (АВ) предназначены для проведения тока в нормальных режимах и автоматического отключения защищаемой цепи при коротких замыканиях (КЗ) и перегрузках, а также для оперативных нечастых отключений. Для обеспечения защитных функций АВ снабжаются тепловыми или электромагнитными расцепителями либо комбинированными (тепловыми и электромагнитными).

Устройства защитного отключения (УЗО) или, иначе, устройства дифференциальной защиты, предназначены для защиты людей от поражения электрическим током при неисправностях электрооборудования или при контакте с находящимися под напряжением частями электроустановки, а также для предотвращения возгораний и пожаров, вызванных токами утечки и замыкания на землю. Эти функции не свойственны обычным автоматическим выключателям, реагирующим лишь на перегрузку или короткое замыкание.

### **Литература**

[2] стр.500-606;

[3] стр. 187-216.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите классификацию аппаратов защиты.
2. Поясните, для чего используется металлургический эффект в предохранителях.
3. Объясните, для чего предназначена биметаллическая пластина в тепловом реле.
4. Опишите, каким образом работает автоматический выключатель в режиме перегрузки и при коротком замыкании.

### ***Практическая работа № 3***

Изучение конструкции аппаратов защиты

### **Методические указания**

Предохранители могут выполняться разборного и неразборного типов, с наполнителем и без него. В качестве наполнителя как правило выступает кварцевый песок. В предохранителях без наполнителя гашение дуги происходит за счет повышения давления внутри патрона.

Тепловое реле не защищает ЭД от токов короткого замыкания. Недостатком всех тепловых реле является изменение уставки срабатывания в зависимости от окружающей температуры. Тепловые реле защищают ЭД от токов перегрузки.

АВ изготавливаются в основном на токи от 6,3 до 6300А и напряжением до 1000В переменного тока и 440В постоянного тока. По числу полюсов АВ выпускаются: одно-, двух-, трех-, четырехполюсными.

### **Литература**

[4] стр. 26-29;

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят предохранители.
2. Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят тепловые реле.
3. Объясните, для чего предназначены УЗО.
4. Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят автоматические выключатели.

### ***Практическая работа № 4***

Расчет параметров и выбор аппаратов защиты

### **Методические указания**

Аппараты защиты (АЗ) применяются для защиты от токов короткого замыкания и токов перегрузки как электроприёмников (ЭП), так и электрической сети.

Защита от КЗ выполняется обязательно для всех ЭП и электрических сетей.

Защита от перегрузки выполняется для ЭП при продолжительном режиме работы, за исключением случаев, когда такая перегрузка маловероятна (ЭД вентиляторов, насосов и др.).

Для ЭП, работающих в повторно- кратковременном режиме, например, грузоподъемные механизмы, защита от перегрузки не выполняется.

### **Литература**

[4] стр.30-33

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются плавкие предохранители.
2. Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются тепловых реле.
3. Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются автоматические выключатели.

## **Раздел 5. Бесконтактные полупроводниковые аппараты. Датчики**

### **Тема 5.1 Полупроводниковые и операционные усилители, полупроводниковые реле и коммутирующие аппараты**

#### **Содержание программы**

Бесконтактные ЭА. Назначение, принцип действия, технические характеристики, электрические схемы полупроводниковых и операционных усилителей, полупроводниковых реле, тиристорных контакторов и пускателей.

#### **Методические указания**

Бесконтактные электрические аппараты предназначены для включения и отключения (коммутации) электрической цепи без её разрыва. Принцип их действия основан на изменении тока в электрической цепи при воздействии на нее управляющего сигнала. Основой для создания бесконтактных аппаратов являются различные нелинейные элементы: ферромагнитные сердечники с обмотками и полупроводниковые приборы (транзисторы, интегральные микросхемы, тиристоры, оптоэлектронные приборы и др.).

Бесконтактная полупроводниковая аппаратура используется в тех случаях, когда нужно плавно изменить параметры (регуляторы, регулируемые

электроприводы); осуществлять частую коммутацию электрической цепи, при которой контактные аппараты быстро изнашиваются; высокое быстродействие; передавать сигналы, несущие малую энергию; применять эти устройства в любой среде, даже во взрыво- и пожароопасной.

Совмещение достоинств электромеханических и бесконтактных аппаратов способствовало созданию гибридных аппаратов, в которых измерительная часть на полупроводниковых приборах сочетается с электромеханической исполнительной частью.

### **Литература**

[2] стр. 403-465.

### **Контрольные вопросы**

1. Поясните, в чем принцип работы бесконтактных полупроводниковых аппаратов.
2. Изобразите схему операционного усилителя.
3. Изобразите схему бесконтактного полупроводникового пускателя.

## **Тема 5.2 Классификация датчиков, их устройство и принцип действия**

### **Содержание программы**

Классификация датчиков по характеру формирования выходного сигнала, принципу действия, характеру изменения выходного сигнала, диапазону изменения выходного сигнала.

Контактные электрические, потенциометрические, электромагнитные, емкостные, индуктивные, термоэлектрические, фотоэлектрические, пьезоэлектрические датчики, датчики холла. Назначение, устройство, принцип действия.

### **Методические указания**

Датчик – это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу света, электрическое напряжение, ток и

т.д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы.

В зависимости от вида входной (измеряемой) величины различают: датчики механических перемещений (линейных и угловых), пневматические, электрические, расходомеры, датчики скорости, ускорения, усилия, температуры, давления и др.

По виду выходной величины, в которую преобразуется входная величина, различают неэлектрические и электрические: датчики постоянного тока (ЭДС или напряжения), датчики амплитуды переменного тока (ЭДС или напряжения), датчики частоты переменного тока (ЭДС или напряжения), датчики сопротивления (активного, индуктивного или емкостного) и др.

По принципу действия датчики можно разделить на два класса: генераторные и параметрические (датчики-модуляторы). Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал.

Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра ( $R$ ,  $L$  или  $C$ ) датчика.

По принципу действия датчики также можно разделить на омические, реостатные, фотоэлектрические (оптико-электронные), индуктивные, емкостные и др.

### **Литература**

[2] стр.466-483;

[3] стр. 217-241.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите, каким образом классифицируются датчики по характеру формирования выходного сигнала.
2. Расскажите, каким образом классифицируются датчики по принципу действия.
3. Опишите назначение принцип действия и устройство каждого типа датчиков.

## **Раздел 6. Высоковольтное оборудование распределительных устройств**

### **Тема 6.1 Электрические аппараты станций и подстанций**

#### **Содержание программы**

Выключатели высоковольтные, разъединители, реакторы и разрядники, измерительные трансформаторы тока и напряжения, предохранители. Назначение, типы, основные параметры.

#### **Методические указания**

**Электрические аппараты высокого напряжения** используются в электроэнергетических системах (объединенных и автономных) для осуществления всех необходимых изменений схем выдачи мощности и электроснабжения потребителей в нормальном эксплуатационном режиме и в аварийных условиях, обеспечения непрерывного контроля за состоянием систем высокого напряжения, ограничения возникающих в процессе эксплуатации перенапряжений и токов короткого замыкания (КЗ), а также для компенсации избыточной зарядной мощности линий в нормальных и аварийных режимах. Иными словами, с помощью электрических аппаратов высокого напряжения осуществляется управление энергетическими системами в самом широком смысле этого понятия.

По функциональному признаку аппараты высокого напряжения подразделяются на следующие виды: коммутационные аппараты (выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, короткозамыкатели, отделители); измерительные аппараты (трансформаторы тока и напряжения, делители напряжения); ограничивающие аппараты (предохранители, реакторы, разрядники, нелинейные ограничители перенапряжений); компенсирующие аппараты (управляемые и неуправляемые шунтирующие реакторы). Коммутационные аппараты используются для формирования необходимых схем выдачи мощности от электростанций, ее передачи на расстояние и схем электроснабжения потребителей.

#### **Литература**

[3] стр.339-348;

## **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные типы аппаратов высокого напряжения.
2. Опишите назначение, устройство и принцип действия основных аппаратов высокого напряжения.

## **Тема 6.2 Комплектные распределительные устройства 6-10 кВ**

### **Содержание программы**

Назначение подстанций и распределительных устройств.  
Классификация распределительных устройств, их конструкция.

### **Методические указания**

Комплектное распределительное устройство (КРУ) — сложная электрическая установка, служащая для приёма и распределения электрической энергии.

Распределительное устройство состоит из набора коммутационных аппаратов, соединительных и сборных шин, средств учёта, измерения и вспомогательных устройств РЗА (устройства релейной защиты и автоматики).

Комплектные распределительные устройства используются для внутренней и для наружной установки (тогда сокращенно они называются КРУН). КРУ используются там, где необходимо компактное размещение распределительного устройства. В частности, КРУ применяют на городских станциях, электрических подстанциях.

### **Литература**

[2] стр.681-691;

### **Контрольные вопросы**

1. Поясните, для чего предназначены подстанции и распределительные устройства.
2. Перечислите классификацию распределительных устройств.
3. Опишите основную конструкцию распределительных устройств.

## **Раздел 7. Неисправности и ремонт электрических аппаратов. Условные обозначения электрических аппаратов на схемах и чертежах**

### **Тема 7.1 Виды и причины износа, характерные неисправности и ремонт электрических аппаратов**

#### **Содержание программы**

Виды и причины износа ЭА. Характерные неисправности, способы ремонта.

#### **Методические указания**

В процессе эксплуатации электрические аппараты управления и защиты изнашиваются и устаревают. В связи с этим для обеспечения надежной работы и коммутационной способности, необходимо проводить их регулярное обслуживание и ремонт.

Перед установкой электрических аппаратов необходимо проверить их комплектность, состояние рабочих поверхностей, работу деталей механизма, соответствие аппарата номинальному напряжению и току.

В тепловых и токовых реле проверяют соответствие паспортных данных номинальному току защищаемого электрооборудования.

Автоматические выключатели рассчитаны на длительную работу без зачистки контактов и смены каких-либо частей. Износившийся или вышедший из строя аппарат заменяют новым.

#### **Литература**

[1] стр.133-140;

#### **Контрольные вопросы**

1. Объясните, что называется ремонтом.
2. Расскажите о основных видах и причинах износа ЭА вы знаете.

## ***Практическая работа №5***

Ремонт, регулировка и настройка параметров ЭА.

### **Методические указания**

Электромагнитные аппараты реле, контакторы, магнитные пускатели перед включением необходимо осмотреть и убедиться в легкости хода всех подвижных частей, замкнув магнитную систему несколько раз от руки. Все перекосы и заклинивания должны быть устранены.

При ремонте контакторов и магнитных пускателей их надо разобрать, очистить от пыли и грязи. Изношенные и поврежденные детали заменить новыми.

При определении характера повреждения катушек необходимо обращать внимание на состояние их каркаса, обрывы и витковые замыкания в обмотках. Витковые замыкания характеризуются сильным нагревом катушки и снижением силы ее тяги.

Ремонт дугогасительных устройств электрических аппаратов заключается в замене поврежденных деталей, очистке пластин и щек дугогасительных решеток от нагара и частиц оплавленного металла. Нагар с пластин дугогасительной решетки удаляют деревянной лопаткой или мягкой стальной щеткой, а затем промывают их бензином. Сильно оплавленные пластины заменяют новыми, собирая их при помощи шаблона, имеющего вид гребенки.

### **Литература**

[4] стр. 54-58

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите о основных неисправностях реле, контакторов.
2. Расскажите о основных неисправностях автоматических выключателей.

## **Тема 7.2 Условные обозначения электрических аппаратов на схемах и чертежах**

### **Содержание программы**

Графические обозначения в схемах. Условные буквенно-цифровые обозначения на схемах.

### **Методические указания**

Электрические аппараты и элементы в схемах электротехнических устройств изображаются с помощью условных, графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД или построенные на их основе. Кроме условных графических обозначений в схемах могут использоваться другие графические обозначения: прямоугольники произвольных размеров, содержащие поясняющий текст и др.

### **Литература**

[1] стр.136-140;

[4] стр. 147-164.

### **Контрольные вопросы**

1. Изобразите, как графически обозначаются некоторых ЭА в схемах.
2. Расскажите и продемонстрируйте, как буквенно-цифровые обозначения некоторых ЭА наносятся на схемы.

### ***Практическая работа № 6***

Выполнение принципиальных электрических схем с использованием условных обозначений

### **Методические указания**

Стандартные обозначения ЭА выполняются по размерам, указанным в соответствии со стандартом.

ЭА и элементы в схемах могут иметь буквенное, буквенно-цифровое и цифровое обозначение.

Также обозначения ЭА бывают в зависимости от степени защиты и климатического исполнения.

## **Литература**

[1] стр.136-140;

[4] стр. 147-164.

## **Контрольные вопросы**

1. Расскажите, как обозначаются ЭА в зависимости от условий окружающей среды.
2. Изобразите, как графически обозначаются некоторых ЭА в схемах.
3. Расскажите и продемонстрируйте, как буквенно-цифровые обозначения некоторых ЭА наносятся на схемы.

## **Практический раздел**

Практическая работа № 1

Изучение конструкции аппаратов ручного управления (АРУ)

Практическая работа №2

Изучение конструкции аппаратов дистанционного управления

Практическая работа №3

Изучение конструкции аппаратов защиты

Практическая работа №4

Расчет параметров и выбор аппаратов защиты

Лабораторная работа № 1

Исследование работы электромагнитного и герконового реле

Лабораторная работа №2

Исследование электромагнитного пускателя

# Практическая работа № 1

## Изучение конструкции АРУ

**1 Цель занятия:** изучить конструкцию кнопок управления, пакетных выключателей; научиться разбирать и собирать АРУ, определять техническое состояние отдельных элементов АРУ и его работоспособность в целом.

### 2 Оснащение рабочего места:

- образцы аппаратов ручного управления;
- инструменты;
- методические указания для выполнения работы;
- справочная и техническая литература.

### 3 Краткие теоретические сведения

Аппараты ручного управления (АРУ) применяются для нечастого включения и отключения электрических цепей, реверсирования, переключения схем соединения обмоток, изменения сопротивления при управлении электродвигателями.

К АРУ относятся:

- рубильники;
- пакетные выключатели и переключатели;
- кнопки управления, кнопочные посты;
- кулачковые контроллеры;
- универсальные переключатели;
- пусковые и регулировочные реостаты.

**Рубильник** – это простейший электрический выключатель с ручным приводом и металлическими ножевыми контактами, входящими в неподвижные пружинящие контакты (гнезда). Применяется для включения, отключения и переключения нагрузки в электрических цепях с большой силой тока (до 2500 А) и напряжением до 500 В.

Рубильники классифицируют на:

- перекидные (рубильник с одним или двумя положениями фиксации коммутации и с любым количеством одновременно коммутируемых линий)
- поворотные (рубильники с поворотным приводом)
- выключатели-разъединители (рубильники, имеющие компактный размер и выполненные в защищенном корпусе, вместе с тем не имеющие характерного длинного, порядка 20 см и более, рычага).

По числу ножевидных подвижных контактов рубильники разделяют на:

- однополюсные

- 2-х полюсные
- 3-х полюсные
- 4-х полюсные

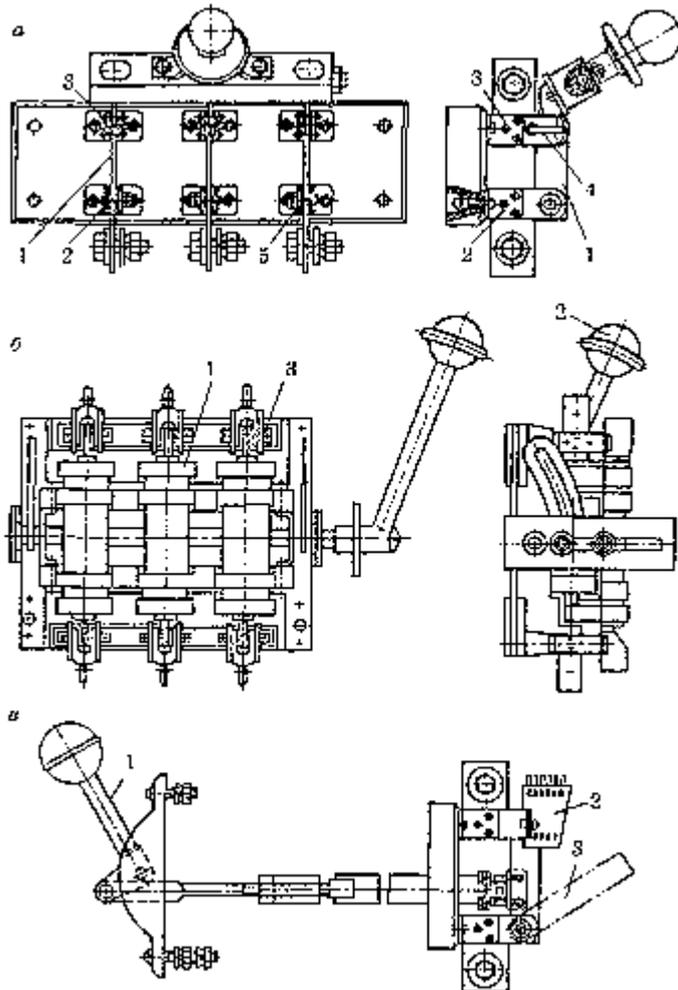
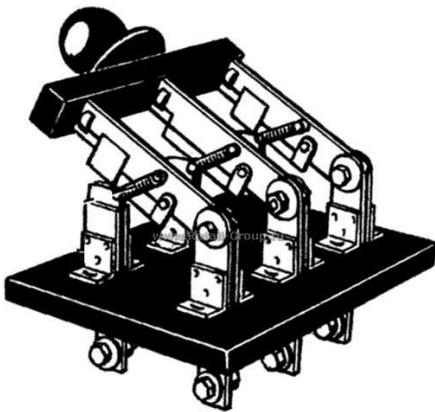


Рисунок 1 – Рубильники:

- а — с центральной рукояткой: 1 — подвижный контакт; 2 — шарнирная стойка; 3 — контактная стойка; 4 — разрезное кольцо; 5 — выпуклые шайбы;
- б — рубильник-предохранитель: 1 — предохранитель; 2 — рукоятка; 3 — контактная стойка;
- в — с рычажным приводом: 1 — центральный рычажный привод; 2 — дугогасительная камера; 3 — подвижный контакт

**Кнопки управления** предназначены для подачи оператором управляющего воздействия при управлении различными электромагнитными аппаратами (реле, пускатели, контакторы), а также для коммутирования цепей управления, сигнализации, электрической блокировки и других цепей постоянного и переменного тока при напряжениях соответственно 440 и 660В. Кнопки управления различаются:

- по величине (нормальные и малогабаритные);
- набору замыкающих и размыкающих контактов;
- номинальному току и напряжению;
- форме и цвету толкателя.

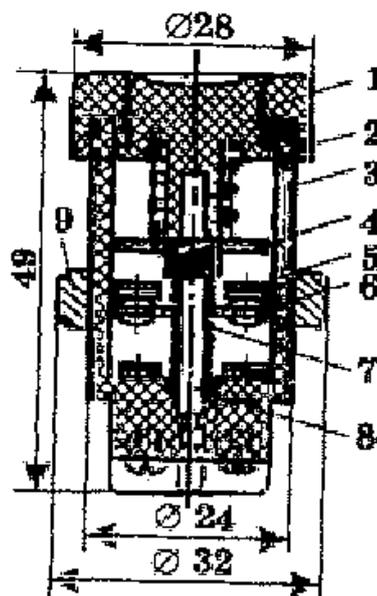


Рисунок 2 – Кнопка управления

Основной частью кнопок управления является кнопочный элемент (рис. 2), в пластмассовом корпусе 3 которого установлены неподвижные контакты 5. На стержне 8 закреплен контактный мостик 6, который поджат пружинами 7, обеспечивающими нажатие контактов. При свободном толкателе (кнопка не нажата) нижняя пружина прижимает контактный мостик к верхним неподвижным контактам, а если толкатель утоплен (кнопка включена), верхняя пружина прижимает мостик к нижним контактам. В исходное положение толкатель возвращает пружина 2, которая установлена между диском 4 и выточкой толкателя. Кнопка крепится к панели гайкой 9. Контакты кнопочных элементов изготавливают из металлокерамики или делают посеребренными. Они рассчитаны на 40 000 циклов включений-отключений под нагрузкой.

Два, три и более кнопочных элемента, смонтированных в одном корпусе, образуют кнопочную станцию или кнопочный пост.

**Пакетными выключателями** называются выключатели с клиновым контактом, у которых контактные ножи и стойки находятся внутри невысоких изоляционных цилиндров (пакетов), устанавливаемых один над другим (рис. 3).

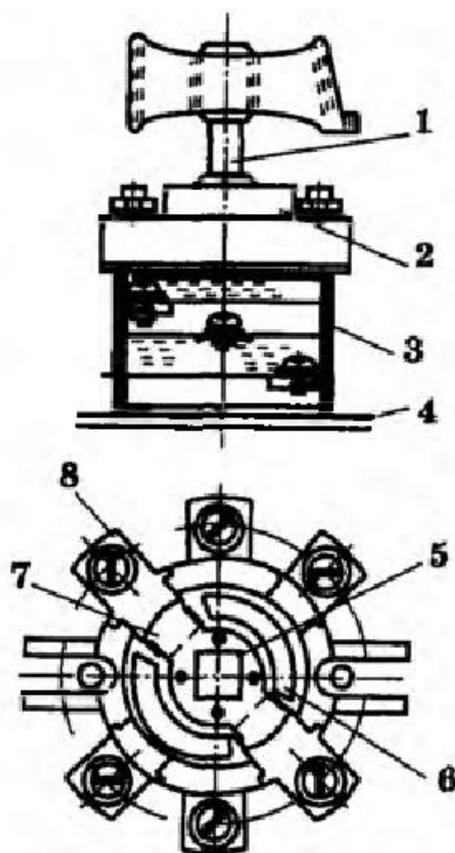


Рисунок 3 – Трехполюсный пакетный выключатель

Пакетные выключатели и переключатели применяются для коммутации в цепях управления и сигнализации, в схемах пуска и реверса ЭД небольшой мощности под нагрузкой в цепях постоянного тока напряжением до 220В и переменного тока напряжением 400 В. Представляют собой малогабаритные многоцепные аппараты поворотного типа. Пакетные выключатели могут иметь одно-, двух и трехполюсную конструкцию в открытом, защищенном и герметическом исполнении.

Типы пакетных выключателей и переключателей имеют следующие буквенные обозначения: ПВ – пакетный выключатель; ПВМ – то же, малогабаритный; ГПВМ – герметический малогабаритный. Следующие после букв цифры обозначают количество полюсов и номинальный ток аппарата.

На рис. 3 представлен трехполюсный пакетный выключатель, у которого пакеты разных полюсов набираются на скобе 4 со стяжными шпильками 3. На валике с рукояткой 1 зафиксированы подвижные контакты 7, имеющие профильное отверстие 5. Неподвижные контакты 8 находятся между изоляционными дисками 6. Контактные нажатия происходят под действием пружинящих подвижных контактов.

Дуга, возникающая при замыкании и размыкании контактов, гасится в закрытой крышкой 2 камере, которая находится между пакетами при наличии искрогасительных шайб. Выключатель снабжен механизмом мгновенного переключения. Он представляет собой заводную пружину, которая обеспечивает высокую скорость размыкания контактов.

**Контроллеры и командоконтроллеры.** Наиболее распространенной в крановых электроприводах является система управления с помощью контроллеров, осуществляющих коммутацию цепей электродвигателя, необходимую для пуска, регулирования частоты вращения ротора, торможения и реверсирования его.

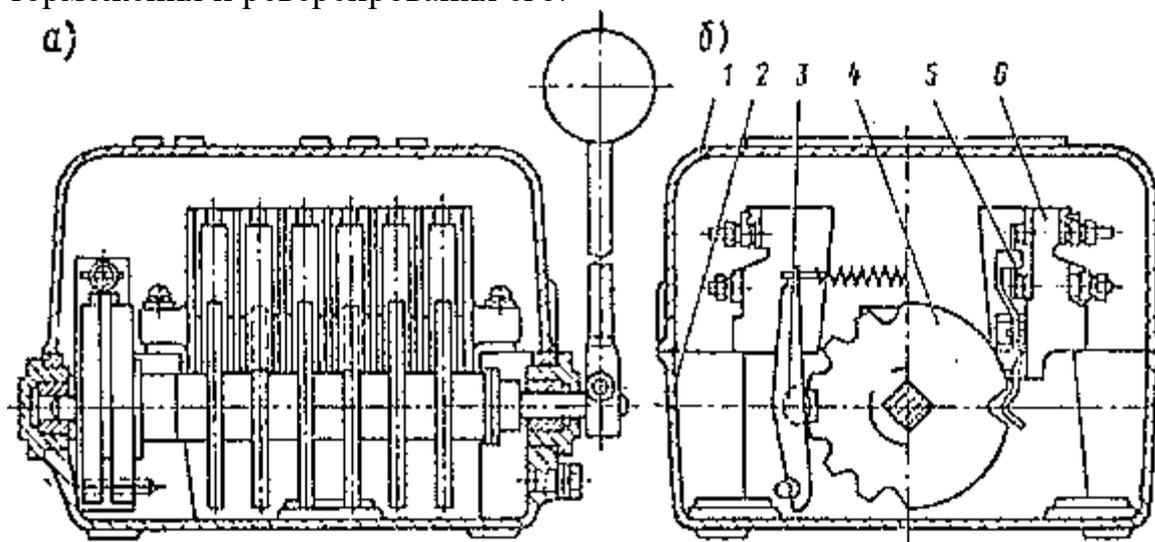


Рисунок 4 – Кулачковый контроллер

а) вид спереди; б) вид сбоку;

1 — крышка; 2 — корпус; 3 — храповой механизм; 4 — кулачок; 5 контакт; 6 — изоляционная панель

По принципу работы контроллеры делят на два вида: силовые непосредственного ручного управления, замыкающие (размыкающие) силовые цепи с помощью контактных устройств; дистанционного управления или магнитные, управляемые посредством командоконтроллеров, переключающих цепи управления.

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Пользуясь п.3 методических указаний, изучить общие сведения о рубильниках, кнопках управления, пакетных выключателях и кулачковых контроллерах.

4.2 Получить у преподавателя АРУ

4.3 Провести внешний осмотр аппарата, определить его состояние. По внешним признакам определить исправность аппарата.

4.4 Произвести разборку аппарата, одновременно определяя техническое состояние отдельных деталей.

4.5 Описать устройство и принцип действия аппарата, записать его буквенно-цифровое обозначение.

4.6 Сделать эскиз, указанных преподавателем деталей аппарата.

4.7 Собрать аппарат.

4.8 Сделать вывод о проделанной работе.

4.9 Убрать рабочее место.

#### 4.10 Устно ответить на контрольные вопросы

### 5 Содержание отчета

5.1 Название и цель работы.

5.2 Общие сведения о рубильниках, кнопках управления, пакетных выключателях и кулачковых контроллерах.

5.3 Описание устройства, полученного у преподавателя.

5.4 Эскиз деталей, указанных преподавателем и аппарата целиком.

5.5 Описание принципа действия аппарата

5.6 Вывод по работе.

### 6 Контрольные вопросы

6.1 Объясните, для чего предназначены аппараты ручного управления.

6.2 Назовите классификацию аппаратов ручного управления.

6.3 Опишите, как устроены рубильники и для чего предназначены.

6.4 Опишите, как устроены кнопки управления и для чего предназначены.

6.5 Опишите, как устроены пакетные выключатели и для чего предназначены.

6.6 Опишите, как устроены кулачковые контроллеры и для чего предназначены.

6.7 Поясните, каким образом гасится дуга в аппаратах ручного управления.

6.8 Опишите, как устроены контактные узлы аппаратов ручного управления.

### Литература

1. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты.- МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

2. Елкин В.Д. Электрические аппараты. Практические и лабораторные работы. - МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

## Практическая работа №2

### Изучение конструкции аппаратов дистанционного управления

**1 Цель работы:** изучить конструкцию электромагнитного пускателя (ЭМП); научиться определять техническое состояние элементов ЭМП и его работоспособность в целом.

### 2 Оснащение рабочего места:

- образцы электромагнитных пускателей;
- инструменты;
- методические указания для выполнения работы;
- справочная и техническая литература.

### 3 Краткие теоретические сведения

Электромагнитные пускатели предназначены главным образом для дистанционного управления электродвигателями мощностью до 100 кВт. Они применяются для пуска непосредственным подключением к сети и останова электродвигателя (неревверсивные пускатели); для пуска, останова и реверса электродвигателя (реверсивные пускатели). В исполнении с тепловым реле пускатели также защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. Кроме того, магнитные пускатели обеспечивают защиту от понижения напряжения в питающей силовой сети вследствие отключения главных контактов пускателя при снижении напряжения на 50-60% номинального значения.

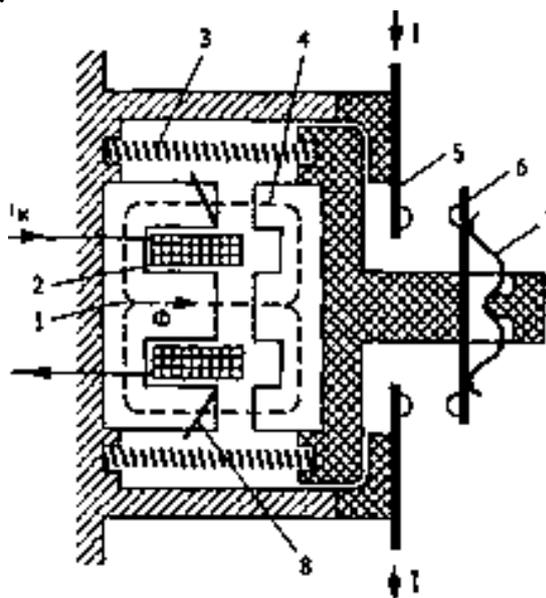


Рисунок 1 – Электромагнитный пускатель с прямоходовой подвижной системой

Для управления АД небольшой мощности используются пускатели с прямоходовой подвижной системой типа ПМЛ, ПМ (рис. 1). Магнитопровод 1 с обмоткой управления 2 неподвижно закреплен в корпусе аппарата. При прохождении тока по обмотке управления в магнитной системе создается магнитный поток, под воздействием которого якорь 4, преодолевая силу сжатия пружину 3, притягивается к неподвижному магнитопроводу. Связанные с якорем подвижные контакты 6 замыкаются с неподвижными 5, и в коммутируемой цепи пройдет ток. Нажатие в контактах создается плоской пружиной 7. При отключении питания катушки управления магнитное поле уменьшается, и под действием пружины 3 якорь перемещается в крайнее правое положение, а коммутируемые контакты размыкаются.

Для уменьшения вибрации магнитной системы сердечник снабжен короткозамкнутыми витками 8, охватывающими примерно треть площади сердечника. Ток, индуктированный в короткозамкнутом витке, создает магнитный поток, сдвинутый по отношению к основному потоку катушки. Каждый поток создает свою силу тяги, пропорциональную квадрату магнитного потока  $\Phi^2$ , и результирующая сила тяги не будет иметь нулевых значений.

#### **4 Порядок выполнения работы**

4.1 Пользуясь п.3 методических указаний, изучить общие сведения о магнитных пускателях.

4.2 Получить у преподавателя магнитный пускатель

4.3 Произвести внешний осмотр аппарата, определить его состояние по внешним признакам.

4.4 Произвести контрольное включение и отключение

4.5 Произвести разборку аппарата, определяя техническое состояние отдельных деталей.

4.6 Описать устройство и принцип действия аппарата.

4.7 Показать условно-графическое и буквенно-цифровое обозначение аппарата.

4.8 Выполнить эскиз указанных преподавателем деталей аппарата.

4.9 Собрать аппарат.

4.10 Проверить правильность сборки тестером (прозвонить электрическую цепь).

4.11 Сделать вывод о проделанной работе.

4.12 Убрать рабочее место.

**Внимание!** При разборке аппарата обратить особое внимание на извлечение пружин во избежание их утери.

4.13 Устно ответить на контрольные вопросы.

#### **5 Содержание отчета**

5.1 Название и цель работы.

- 5.2 Общие сведения о ЭМП.
- 5.3 Описание устройства ЭМП, полученного у преподавателя.
- 5.4 Эскиз деталей, указанных преподавателем и аппарата целиком.
- 5.5 Описание принципа действия аппарата
- 5.6 Вывод по работе.

## **6 Контрольные вопросы**

- 6.1 Расскажите, для чего предназначены ЭМП.
- 6.2 Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят ЭМП.
- 6.3 Поясните, в чем особенности работы реверсивного ЭМП.
- 6.4 Расскажите, какими блокировками и с какой целью снабжен реверсивный ЭМП.
- 6.5 Поясните, для чего предназначены короткозамкнутые витки, установленные на сердечнике магнитной системы.
- 6.6 Объясните, каким образом происходит защита от вибраций в ЭМП.
- 6.7 Опишите принцип работы ЭМП.
- 6.8 Назовите классификацию ЭМП.
- 6.9 Опишите, как устроен контактный узел ЭМП.

## **Литература**

- 1. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003
- 2. Елкин В.Д. Электрические аппараты. Практические и лабораторные работы. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

## Практическая работа №3

### Изучение конструкции аппаратов защиты

**1 Цель работы:** изучить конструкцию аппаратов защиты; научиться определять техническое состояние отдельных элементов аппаратов защиты и их работоспособность в целом.

#### 2 Оснащение рабочего места:

- образцы аппаратов защиты;
- инструменты;
- методические указания для выполнения работы;
- справочная и техническая литература.

#### 3 Краткие теоретические сведения

Аппаратом защиты называется устройство, которое автоматически отключает защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах.

К аппаратам защиты относятся: - плавкие предохранители;  
- автоматические выключатели;  
- тепловые и токовые реле.

**Предохранители** – это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение. В большей части конструкций отключение цепи осуществляется расплавлением плавкой вставки, которая нагревается током защищаемой цепи.

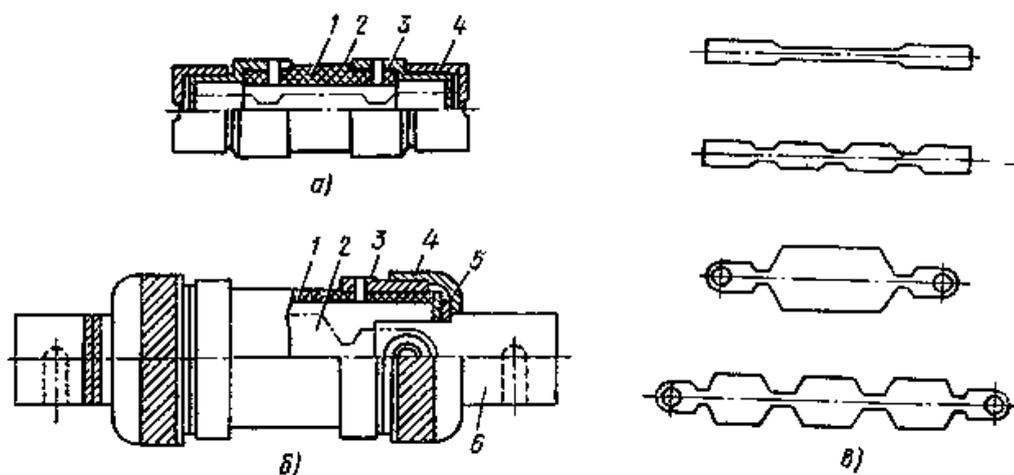


Рисунок 1 – Предохранитель серии ПР-2.

а) патрон; б) предохранителя ПР-2; в) плавкие вставки

**Предохранитель низкого напряжения** с закрытым разборным патроном без наполнителя серии ПР-2 состоит из двух контактных стоек и одного патрона, внутри которого размещены плавкие вставки, изготавливаемые из листового цинка марок Ц0 или Ц1.

Патрон (рис. 1а, 1б) представляет собой фибровую трубку 1, на которую с двух сторон накручены латунные втулки 3, имеющие прорезь для плавкой вставки 2. На втулки накручены латунные колпачки 4, являющиеся у предохранителей до 60 А контактными частями патрона. У предохранителей на 100 — 1000А контактными частями служат медные ножи 6. Во избежание поворота ножей предусмотрена подкладная шайба 5 с лазом для ножа.

При перегорании плавкой вставки (рис. 1в) под действием температуры фибра разлагается и выделяет большое количество газа, при этом давление в патроне резко повышается, что приводит к эффективному гашению дуги.

**Тепловые (биметаллические) реле** предназначены для защиты электродвигателей и другого электрооборудования от недопустимого перегрева при длительных перегрузках. Их действие основано на разности линейного удлинения двух пластинок из металлов с различными коэффициентами линейного расширения при нагреве. Механическое усилие, развиваемое пластиной при изгибании, используется для приведения в действие исполнительного элемента реле - контактов.

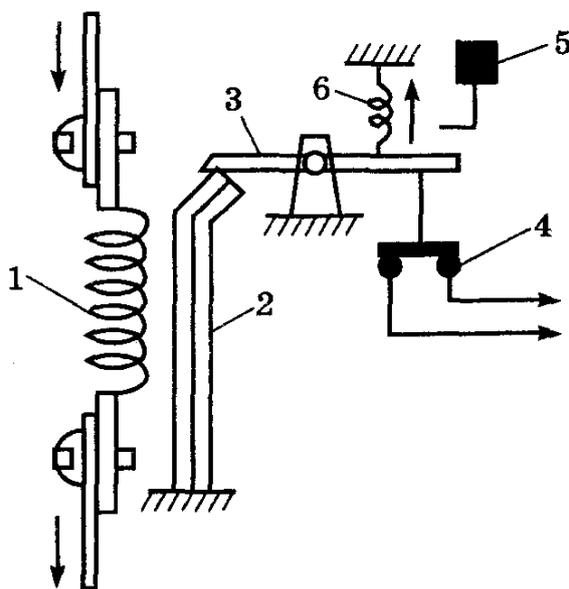


Рисунок 2 – Схема устройства теплового реле

Тепловое реле не защищает ЭД от токов короткого замыкания. Недостатком всех тепловых реле является изменение уставки срабатывания в зависимости от окружающей температуры.

Реле состоит из нагревательного элемента 1, включаемого последовательно в одну из фаз цепи электродвигателя, биметаллической пластины 2, удерживающей спусковой механизм 3, нормально замкнутых контактов 4, которое включается последовательно в цепь катушки пускателя.

При увеличении тока в результате перегрузки двигателя температура нагревательного элемента возрастает. Под действием тепла биметаллическая пластина деформируется и освобождает защелку спускового механизма, что приводит к размыканию контактов реле и разрыву цепи катушки пускателя. Взвод спускового механизма после срабатывания реле и возврата его контактов в замкнутое положение осуществляется после остывания биметаллической пластины нажатием на кнопку 5 возврата реле, головка которой выходит из отверстия в крышке ящика пускателя. Нагревательные элементы реле выпускаются на различные номинальные токи и выбираются в соответствии с номинальными токами двигателей.

**Автоматические выключатели (АВ)** предназначены для проведения тока в нормальных режимах и автоматического отключения защищаемой цепи при коротких замыканиях (КЗ) и перегрузках, а также для оперативных нечастых отключений.

АВ изготавливаются в основном на токи от 6,3 до 6300А и напряжением до 1000В переменного тока и 440В постоянного тока. По числу полюсов АВ выпускаются: одно-, двух-, трех-, четырехполюсными.

АВ характеризуются собственным временем отключения  $t_c$ . В зависимости от  $t_c$ , различают АВ:

- нормальные с  $t_{c \text{ откл}} < 0,02...0,7с$ ;
- с выдержкой времени (селективные);
- быстродействующие с  $t_{c \text{ откл}} < 0,005с$ .

Для обеспечения защитных функций АВ снабжаются тепловыми или электромагнитными расцепителями либо комбинированными (тепловыми и электромагнитными).

Рассмотрим устройство автоматических выключателей на примере АВ25. Однополюсные установочные автоматические выключатели марки АВ25 предназначены для автоматического отключения электрических цепей или отдельных приемников при перегрузках и коротких замыканиях.

В пластмассовом корпусе 1 (рис. 3) неподвижно закреплена металлическая скоба 2 с контактом и винтовым зажимом для подключения провода. Подвижный контакт 4 смонтирован на латунном рычаге 5, который в центре отжимается пружиной 6, а концом упирается в биметаллическую пластинку 7. Эта пластинка приварена к выводу 9 с закрепленным на ней винтовым зажимом для подключения второго провода. Для создания надежного контакта биметаллическая пластинка и рычаг соединены гибким медным проводником 8.

При включении автомата рукоятку 10 устанавливают в верхнее положение и ее выступ освобождает рычаг, который под действием пружины поворачивается и замыкает контакты.

Отключение. Когда происходит короткое замыкание или перегрузка, автомат отключается следующим образом. Ток нагревает биметаллическую пластинку и она, отгибаясь книзу, высвобождает конец рычага, который под

действием пружины поворачивается и размыкает контакты. Возникающая при этом между контактами искра гасится в дугогасительной камере 3.

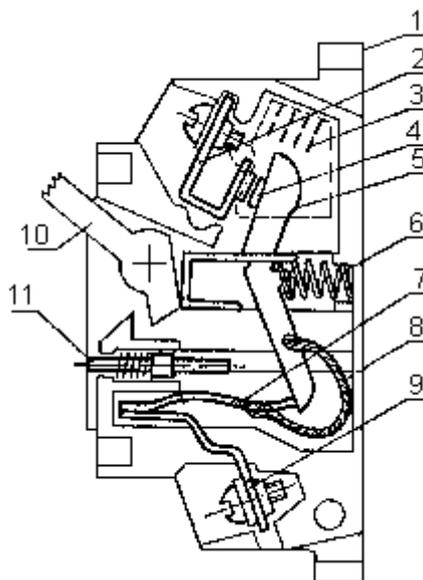


Рисунок 3 – Автоматический выключатель марки АБ25

**Повторное включение.** При автоматическом отключении АБ25 рукоятка остается в положении "включено", поэтому для повторного включения автомата необходимо сначала опустить ее в положение "отключено", а затем снова перевести в верхнее положение.

В связи с такой конструкцией привода автомат снабжен указателем срабатывания 11 (пластмассовый стерженек с пружинкой). При включенном автомате, а также при выключении ручную указатель утоплен в корпусе. При автоматическом отключении концом рычага он выталкивается из гнезда и становится хорошо заметным.

**Устройства защитного отключения (УЗО)** или, иначе, устройства дифференциальной защиты, предназначены для защиты людей от поражения электрическим током при неисправностях электрооборудования или при контакте с находящимися под напряжением частями электроустановки, а также для предотвращения возгораний и пожаров, вызванных токами утечки и замыкания на землю. Эти функции не свойственны обычным автоматическим выключателям, реагирующим лишь на перегрузку или короткое замыкание.

Электромеханические УЗО состоит из нескольких основных компонентов (рис. 4):

1) Трансформатор тока нулевой последовательности, его цель отследить ток утечки и передать его с неким  $K_{тр}$  на вторичную обмотку.

2) Чувствительный магнитоэлектрический элемент (запираемый т.е. при срабатывании без внешнего вмешательства не может вернуться в исходное состояние – защелка) – играет роль порогового элемента.

3) Реле – обеспечивает расцепление в случае, если сработала защелка.

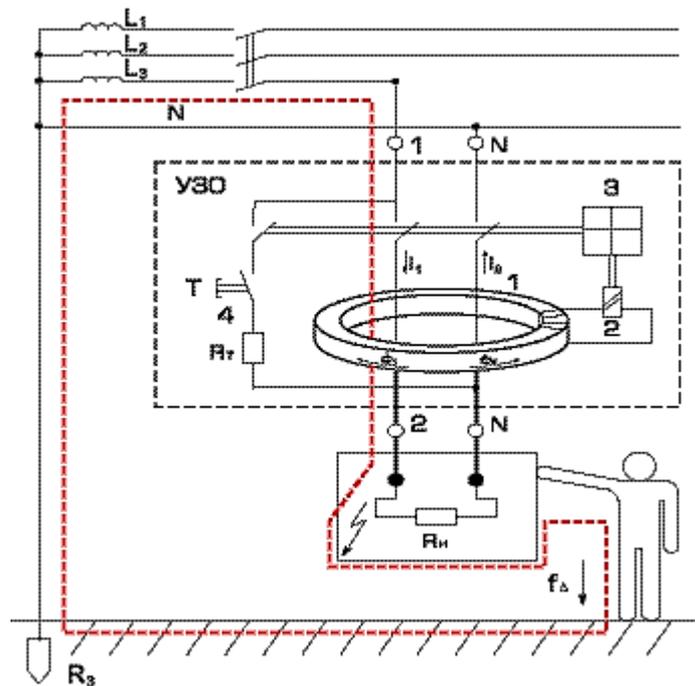


Рисунок 4 – Схема подключения устройства защитного подключения

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Пользуясь п.3 методических указаний, изучить общие сведения о предохранителях, тепловых реле, автоматических выключателях и устройствах защитного отключения.

4.2 Получить у преподавателя аппарат защиты.

4.3 Провести внешний осмотр аппарата, определить его состояние по внешним признакам.

4.4 Произвести контрольное включение и отключение

4.5 Произвести разборку аппарата, определяя техническое состояние отдельных деталей.

4.6 Показать УГО и буквенно-цифровое обозначение аппарата на электрических схемах.

4.7 Выполнить принципиальную схему аппарата

4.8 Собрать аппарат.

4.9 Проверить правильность сборки тестером (прозвонить электрическую цепь).

4.10 Сделать вывод о проделанной работе.

4.11 Убрать рабочее место.

4.12 Устно ответить на контрольные вопросы.

#### 5 Содержание отчета

5.1 Название и цель работы.

5.2 Общие сведения о предохранителях, тепловых реле, автоматических выключателях и устройствах защитного отключения.

5.3 Описание устройства, полученного у преподавателя.

5.4 Эскиз деталей, указанных преподавателем и аппарата целиком.

5.5 Описание принципа действия аппарата

5.6 Вывод по работе.

## **6 Контрольные вопросы**

6.1 Назовите классификацию аппаратов защиты.

6.2 Расскажите, для чего предназначены предохранители.

6.3 Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят предохранители.

6.4 Поясните, для чего используется металлургический эффект в предохранителях.

6.5 Объясните, для чего предназначены тепловые реле.

6.6 Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят тепловые реле.

6.7 Объясните, для чего предназначена биметаллическая пластина в тепловом реле.

6.8 Объясните, для чего предназначены УЗО.

6.9 Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят УЗО.

6.10 Расскажите, для чего предназначены автоматические выключатели.

6.11 Опишите, из каких основных конструктивных деталей состоят автоматические выключатели.

6.12 Расскажите, какие вы знаете виды расцепителей в автоматических выключателях.

6.13 Поясните, для чего предназначены расцепители в автоматических выключателях.

6.14 Опишите, каким образом работает автоматический выключатель в режиме перегрузки и при коротком замыкании.

## **Литература**

1. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

2. Елкин В.Д. Электрические аппараты. Практические и лабораторные работы. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

## Практическая работа №4

### Расчет параметров и выбор аппаратов защиты

**1 Цель работы:** освоить методику расчета и выбор аппаратов защиты с использованием технической и справочной литературы.

#### 2 Оснащение рабочего места

- техническая и справочная литературы;
- методические указания для выполнения работы;
- карточки с индивидуальным заданием.

#### 3 Краткие теоретические сведения

Аппараты защиты (АЗ) применяются для защиты от токов короткого замыкания и токов перегрузки как электроприёмников (ЭП), так и электрической сети.

Защита от КЗ выполняется обязательно для всех ЭП и электрических сетей.

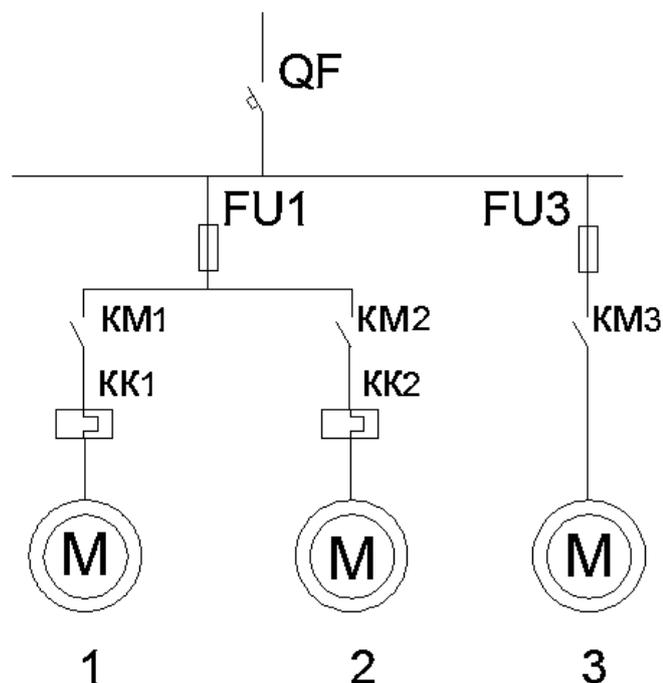


Рисунок 1 Схема принципиальная однолинейная.

Защита от перегрузки выполняется для ЭП при продолжительном режиме работы, за исключением случаев, когда такая перегрузка маловероятна (ЭД вентиляторов, насосов и др.).

Для ЭП, работающих в повторно- кратковременном режиме, например, грузоподъемные механизмы, защита от перегрузки не выполняется.

### **Выбор плавких предохранителей.**

Номинальный ток предохранителя, должен быть больше или равен номинальному току защищаемого двигателя

$$I_{\text{ном.п.}} \geq I_{\text{ном.д.}} \quad (1)$$

где ток двигателя

$$I_{\text{ном.д.}} = \frac{P_{\text{д}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (2)$$

Плавкая вставка по возможности должна быть наименьшей. Однако она не должна плавиться (перегорать) при кратковременных сверхтоках. Здесь под термином «сверхток» понимается любой ток в цепи, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока этой цепи (токи перегрузки, пусковые токи и т.д.).

Номинальный ток плавкой вставки, должен быть больше или равен номинальному току защищаемого двигателя

$$I_{\text{ном.пл.вс.}} \geq I_{\text{ном.д.}} \quad (3)$$

Для ЭД, работающих в продолжительном режиме, величина тока плавкой вставки предохранителя должна удовлетворять условию (для одиночного ЭД):

$$I_{\text{ном.пл.вс.}} \geq \frac{I_n}{\alpha} \quad (4)$$

где  $I_n$  - пусковой ток ЭД, А;

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий условия пуска ЭД и длительность пускового периода;

$\alpha=2,5$ —для ЭД с легким режимом пуска и нечастых пусках;

$\alpha=1,6$ — для тяжелых условий пуска ЭД или для повторно-кратковременных режимов с частыми пусками.

$$I_n = I_{\text{ном}} \cdot K_n \quad (5)$$

где  $K_n$ — кратность пускового тока, которая определяется по техническим данным ЭД.

Для линии, к которой подключается группа ЭД, номинальный ток предохранителя и плавкой вставки должен удовлетворять следующим условиям:

$$I_{\text{ном.п.}} \geq I_{\Sigma\text{ном.д.}} \quad (6)$$

$$I_{\text{ном.пл.вс.}} \geq I_{\Sigma\text{ном.д.}} \quad (7)$$

Также величина тока плавкой вставки предохранителя должна удовлетворять условию:

$$I_{\text{ном.пл.вс.}} \geq \frac{I_{\text{max}}}{\alpha} \quad (8)$$

где величина максимального тока определяется по формуле:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{п.мах}} + \sum_1^{n-1} I_{\text{ном}} \quad (9)$$

### ***Выбор тепловых реле.***

Тепловые реле выбирают по номинальному току в соответствии с условием:

$$I_{\text{ном.т.р.}} \geq I_{\text{ном.д.}} \quad (10)$$

где  $I_{\text{ном.т.р.}}$  – номинальный ток теплового реле, А;

$I_{\text{ном.д.}}$  – номинальный ток электродвигателя.

### ***Выбор электромагнитных пускателей (ЭМП).***

Номинальный рабочий ток ЭМП определяется максимальной уставкой теплового элемента реле, установленного в ЭМП.

$$I_{\text{ном.т.р.}} \geq I_{\text{ном.д.}} \quad (11)$$

Например, при среднем значении тока теплового элемента 32А

$$I_{\text{ном.р.}} = 32\text{А} \quad (12)$$

### ***Выбор автоматических выключателей (АВ).***

АВ выбираются по условиям:

Номинальный ток автоматического выключателя должен быть не меньше номинального тока защищаемого двигателя

$$I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{ном.д.}} \quad (13)$$

Номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше номинального тока ЭД

$$I_{\text{т.р.}} \geq I_{\text{ном.д.}} \quad (14)$$

Номинальный ток срабатывания электромагнитного расцепителя должен превышать максимальный пусковой ток

$$I_{\text{ЭМ}} \geq k_o \cdot I_{\text{п}} \quad (15)$$

где  $I_{\text{т.р.}}$  – номинальный ток уставки теплового расцепителя, А;

$I_{\text{ЭМ}}$  – ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечки), А

$k_o$  – кратность токовой отсечки

$k_o = 1,4$  – для токов до 100А

$k_o = 1,25$  – для токов свыше 100А

В АВ с комбинированным расцепителем ток срабатывания электромагнитного расцепителя учитывается кратностью токовой отсечки

$$K_{\text{отс}} = \frac{I_{\text{ЭМ}}}{I_{\text{т.р.}}} \quad (16)$$

Для линии, к которой подключается группа ЭД, номинальный ток АВ и расцепителей должен удовлетворять следующим условиям:

Номинальный ток автоматического выключателя должен быть не меньше номинального тока защищаемого двигателя

$$I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\Sigma \text{ном.д.}} \quad (17)$$

Номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше номинального тока ЭД

$$I_{\text{т.р.}} \geq I_{\Sigma \text{ном.д.}} \quad (18)$$

Номинальный ток срабатывания электромагнитного расцепителя должен превышать максимальный пусковой ток

$$I_{\text{ЭМ}} \geq k_o \cdot I_{\text{max}} \quad (19)$$

## 4 Порядок выполнения работы

4.1 Пользуясь п.3 методических указаний, изучить общие сведения о рубильниках, кнопках управления, пакетных выключателях и кулачковых контроллерах.

4.2 Индивидуальное задание определяется в соответствии со своим вариантом в подгруппе по Приложению А по таблице А.1.

4.3 Изобразить расчетную однолинейную схему подключения двигателей с аппаратами защиты, а также рассчитать номинальные и пусковые токи для каждого заданного двигателя. Результаты расчетов занести в таблицу 1.

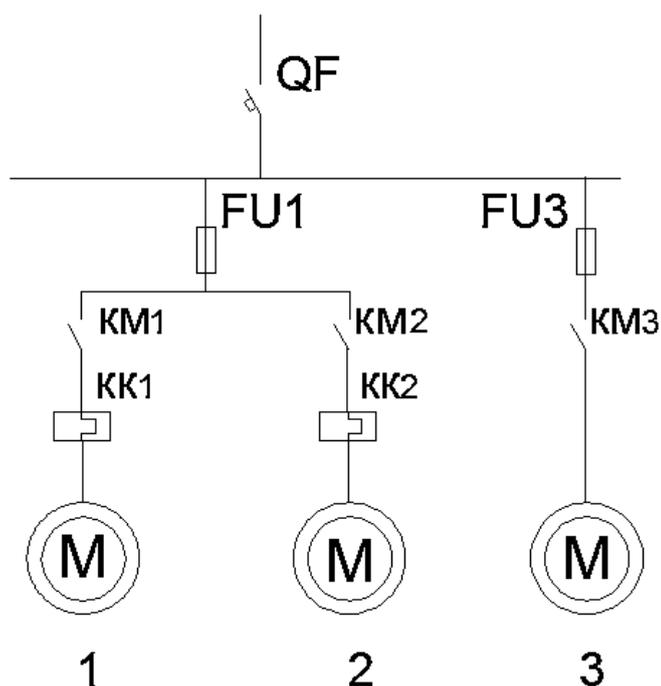


Таблица 1 – Результаты расчетов токов двигателей

|           |  |  |  |
|-----------|--|--|--|
| $I_{ном}$ |  |  |  |
| $I_{п}$   |  |  |  |

4.4 Выбрать тепловые реле КК1 и КК2 и магнитные пускатели КМ1-3 учитывая условия выбора (10) – (12) по Приложению Д по таблице Д.1

4.5 Для защиты двигателей М1 и М2 выбрать предохранитель FU1 учитывая условия выбора (6) – (9) Приложению В по таблице В.1

4.6 Для защиты двигателя М3 выбрать предохранитель FU3 учитывая условия выбора (1) – (5) Приложению В по таблице В.1.

4.7 Для защиты двигателей М1-3 выбрать автоматический выключатель QF учитывая условия выбора (13) – (19) Приложению С по таблицам С.1 и С.2.

4.8 Подробно описать выбор каждого аппарата.

4.9 Сделать вывод по проделанной работе.

4.10 Устно ответить на контрольные вопросы.

## **5 Содержание отчета**

5.1 Название и цель работы

5.2 Расчетная однолинейная схему подключения двигателей с аппаратами защиты.

5.3 Таблица 1 с результатами расчетов токов двигателей.

5.4 Подробное описание выбора каждого аппарата.

5.5 Вывод по работе

## **6 Контрольные вопросы**

6.1 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются плавкие предохранители.

6.2 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются плавкие предохранители для группы двигателей.

6.3 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются тепловых реле.

6.4 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются ЭМП.

6.5 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются автоматические выключатели.

6.6 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются автоматические выключатели для группы двигателей.

6.7 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются тепловой расцепитель автоматического выключателя.

6.8 Расскажите, каким образом рассчитываются и выбираются ток срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя.

6.9 Поясните, для каких двигателей выполняется защита от перегрузок и для каких от КЗ.

## **Литература**

1. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

2. Елкин В.Д. Электрические аппараты. Практические и лабораторные работы. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

## Приложение А

Таблица А.1 – Варианты заданий

| Вариант | ЭД | Мощность<br>ЭД, кВт | $\eta$ , % | $\cos\varphi$ | Кп  | Условия<br>пуска |
|---------|----|---------------------|------------|---------------|-----|------------------|
| 1       | M1 | 0,55                | 70,5       | 0,7           | 5   | легкие           |
|         | M2 | 4                   | 85         | 0,84          | 7   | легкие           |
|         | M3 | 15                  | 89,5       | 0,89          | 7   | тяжелые          |
| 2       | M1 | 0,75                | 73         | 0,73          | 5   | легкие           |
|         | M2 | 5,5                 | 87,5       | 0,88          | 7   | тяжелые          |
|         | M3 | 18,5                | 90         | 0,89          | 7   | легкие           |
| 3       | M1 | 1,1                 | 75         | 0,81          | 5,5 | тяжелые          |
|         | M2 | 7,5                 | 87,5       | 0,87          | 7,5 | легкие           |
|         | M3 | 22                  | 90         | 0,87          | 6,5 | легкие           |
| 4       | M1 | 1,5                 | 78         | 0,83          | 5,5 | тяжелые          |
|         | M2 | 11                  | 87,5       | 0,87          | 7,5 | тяжелые          |
|         | M3 | 30                  | 91,5       | 0,86          | 7   | легкие           |
| 5       | M1 | 0,55                | 70,5       | 0,7           | 5   | тяжелые          |
|         | M2 | 2,2                 | 81         | 0,83          | 6,5 | легкие           |
|         | M3 | 15                  | 89,5       | 0,89          | 7   | тяжелые          |
| 6       | M1 | 1,1                 | 75         | 0,81          | 5,5 | легкие           |
|         | M2 | 22                  | 90         | 0,87          | 6,5 | тяжелые          |
|         | M3 | 3                   | 82         | 0,83          | 7   | тяжелые          |
| 7       | M1 | 11                  | 87,5       | 0,87          | 7,5 | легкие           |
|         | M2 | 30                  | 91,5       | 0,86          | 7   | легкие           |
|         | M3 | 1,5                 | 78         | 0,83          | 5,5 | тяжелые          |
| 8       | M1 | 4                   | 85         | 0,84          | 7   | легкие           |
|         | M2 | 0,55                | 70,5       | 0,7           | 5   | тяжелые          |
|         | M3 | 15                  | 89,5       | 0,89          | 7   | легкие           |
| 9       | M1 | 7,5                 | 87,5       | 0,87          | 7,5 | тяжелые          |
|         | M2 | 1,1                 | 75         | 0,81          | 5,5 | легкие           |
|         | M3 | 22                  | 90         | 0,87          | 6,5 | легкие           |
| 10      | M1 | 5,5                 | 87,5       | 0,88          | 7   | тяжелые          |
|         | M2 | 0,75                | 73         | 0,73          | 5   | тяжелые          |
|         | M3 | 18,5                | 90         | 0,89          | 7   | легкие           |
| 11      | M1 | 15                  | 89,5       | 0,89          | 7   | тяжелые          |
|         | M2 | 0,55                | 70,5       | 0,7           | 5   | легкие           |
|         | M3 | 4                   | 85         | 0,84          | 7   | тяжелые          |
| 12      | M1 | 18,5                | 90         | 0,89          | 7   | легкие           |
|         | M2 | 0,75                | 73         | 0,73          | 5   | тяжелые          |
|         | M3 | 5,5                 | 87,5       | 0,88          | 7   | тяжелые          |
| 13      | M1 | 22                  | 90         | 0,87          | 6,5 | легкие           |
|         | M2 | 1,1                 | 75         | 0,81          | 5,5 | тяжелые          |
|         | M3 | 7,5                 | 87,5       | 0,87          | 7,5 | легкие           |
| 14      | M1 | 30                  | 91,5       | 0,86          | 7   | тяжелые          |
|         | M2 | 1,5                 | 78         | 0,83          | 5,5 | легкие           |
|         | M3 | 11                  | 87,5       | 0,87          | 7,5 | легкие           |
| 15      | M1 | 15                  | 89,5       | 0,89          | 7   | тяжелые          |
|         | M2 | 0,55                | 70,5       | 0,7           | 5   | тяжелые          |
|         | M3 | 2,2                 | 81         | 0,83          | 6,5 | легкие           |

## Приложение В

Таблица В.1 – Технические данные предохранителей

| Тип          | Номинальный ток, А | Номинальное напряжение, В | Плавкая вставка |   |
|--------------|--------------------|---------------------------|-----------------|---|
|              |                    |                           | Тип             | Номинальный ток, А                            |
| ПП24         | 25                 | 400                       | -               | 2<br>4<br>6,3<br>10<br>16<br>20<br>25         |
| НПН2-60      | 63                 | 400                       | -               | 6<br>10<br>16<br>20<br>25<br>31,5<br>40<br>63 |
| ПН2-100      | 100                | 400 (до 500)              | -               | 31,5; 40; 50; 63;<br>80; 100                  |
| ПН2-250      | 250                |                           |                 | 80; 100; 125;<br>160; 200; 250                |
| ПН2-400      | 400                |                           |                 | 200; 250; 315;<br>355; 400                    |
| ПН2-600      | 600                |                           |                 | 315; 400; 500;<br>630                         |
| ППТ-10       | 10                 | ≈220                      | ВТФ-6           | 6,3   |
|              |                    | ≈230                      | ВТФ-10          | 10  |
| ПТ23<br>ПТ26 | 16<br>31,5         | ≈220<br>≈230              | ВТМФ-6          | 6   |
|              |                    |                           | ВТМФ-10         | 10  |
|              |                    |                           | ВТМФ-16         | 16  |
|              |                    |                           | ВТМФ-20         | 20  |
|              |                    |                           | ВТМФ-25         | 25  |
|              |                    |                           | ВТМФ-31,5       | 31,5  |

## Приложение С

Таблица С.1 – Технические данные автоматических выключателей серии ВА51 и ВА52 с комбинированным расцепителем

| Тип выключателя        | Номинальный ток, А |  | Кратность токовой отсечки по отношению к $I_{т.р.}$ |
|------------------------|--------------------|--|---|
|                        | выключателя        | расцепителя, $I_{н.р.}$  |   |
| Однополюсные           |                    |  |   |
| ВА 51-29               | 63                 | 6,3 8 10 12,5 16 20 25<br>31,5 40 63   | -   |
| ВА51-31-1              | 100                | 6,3 8 10 12,5 16 20 25<br>31,5 40 50 63 80 100                               | 3 7 10  |
| Трехполюсные           |                    |  |   |
| ВА 51Г-25              | 25                 | 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1,0<br>1,25 1,6 2 2,5 3,15 4 5<br>6,3 8 10 12,5 16 20 25 | 14  |
| ВА 51-25               | 25                 | 6,3 8 10 12,5 16 20 25   | 7 10  |
| ВА 51-31               | 100                | 6,3 8 10 12,5 16 20 25<br>31,5 40 50 63 80 100                               | 3 7 10  |
| ВА 51Г-31              | 100                | 16 20 25 31,5 40 50 63<br>80 100   | 14  |
| ВА 52-31               | 100                | 16 20 25 31,5 40 50 63<br>80 100   | 3 7 10  |
| ВА 51-33<br>ВА 52-33   | 160                | 80 100 125 160   | 10  |
| ВА 51Г-33<br>ВА 52Г-33 | 160                | 80 100 125 160   | 14  |
| ВА 51-35<br>ВА 52-35   | 250                | 80 100 125 160 200 250   | 12  |
| ВА 51-37<br>ВА 52-37   | 400                | 250 300 400  | 10  |
| ВА 51-39               | 630                | 400 500 630  | 10  |
| ВА 52-39               | 630                | 250 400 500 630  | 10  |

Таблица С.2 – Технические данные автоматических выключателей серии ВА53, ВА55, ВА75 с полупроводниковым максимальным расцепителем

| Тип выключателя                  | Номинальный ток выключателя<br>$I_{ном.а.в.}, А$ | Уставка тока расцепителя в зоне КЗ, кратная $I_{н.р.}$ |
|----------------------------------|--|--|
| ВА 53-37<br>ВА 55-37<br>ВА 55-39 | 160 250 400                                      | 2 3 5 7 10   |
| ВА 53-39                         | 160 250 400 630                                  | -  |
| ВА 53-41<br>ВА 55-41             | 1000<br>1600                                     | 2 3 5 7  |
| ВА 53-43<br>ВА 55-43             | 2500   | 2 3 5  |
| ВА 75-45                         | 2500   | 2 3 5 7  |
| ВА 75-47                         | 4000   | 2 3 5  |

Примечание: Выключатели допускают регулировку номинального тока уставки максимального расцепителя ( $I_{н.р.}$ ) тремя ступенями в пределах от номинального тока выключателя  $I_{н.р.}$  до  $0,8I_{н.р.}$  или до  $0,63I_{н.р.}$ . Например, ВА 55-37 на 250 А может иметь  $I_{н.р.} = 250; 200; 157; 5 А$ .

## Приложение Д

Таблица Д.1 – Технические данные магнитных пускателей серии ПМЛ и тепловых реле серии ТРН, ТРП

| Тип     | Номинальный ток, А | Тепловое реле | Номинальный ток, А | Ток уставки, А                               |
|---------|--------------------|---------------|--------------------|--|
| ПМЛ-111 | 10                 | ТРН-10        | 10                 | 1,0 1,25 1,6 2,0 2,5 3,2<br>4,5 6,3 8,0 10,0 |
| ПМЛ-212 | 25                 | ТРН-25        | 25                 | 4,5 6,3 8,0 10,0 12,5 16,0<br>20,0 25,0      |
| ПМЛ-312 | 40                 | ТРН-40        | 40                 | 12,5 16,0 20,0 25,0 30,0<br>40,0             |
| ПМЛ-412 | 60                 | ТРП-60        | 60                 | 20,0 25,0 30,0 40,0 50,0<br>60,0             |
| ПМЛ-512 | 115                | ТРП-150       | 150                | 50,0 60,0 80,0 100,0 120,0                   |
| ПМЛ-612 | 150                | ТРП-150       | 150                | 100,0 120,0 150,0                            |

## Лабораторная работа № 1

### Исследование электромагнитного и герконового реле

**1 Цель работы:** изучить особенности конструктивного исполнения и принципа действия электромагнитного и герконового быстродействующих реле; определить опытным путем основные параметры реле.

#### 2 Оснащение рабочего места:

- лабораторный стенд;
- методические указания для выполнения работы;
- справочная и техническая литература.

#### 3 Краткие теоретические сведения

В схемах автоматического управления электроприводами большое распространение получили различного рода реле, которые представляют собой электрический аппарат, включающий или отключающий электрические цепи управления под воздействием электрических, тепловых, механических или других импульсов. Наибольшее применение имеют электромагнитные реле постоянного и переменного тока. Основными элементами электромагнитного реле являются: магнитопровод, катушка, замыкающие и размыкающие контакты.

**Электромагнитное реле** представляет собой прибор, в котором при достижении определенного значения входной величины выходная величина изменяется скачком и предназначено для применения в цепях управления, сигнализации.

Существует много разновидностей реле как по принципу действия, так и по назначению. Бывают реле механические, гидравлические, пневматические, тепловые, акустические, оптические, электрические и др.

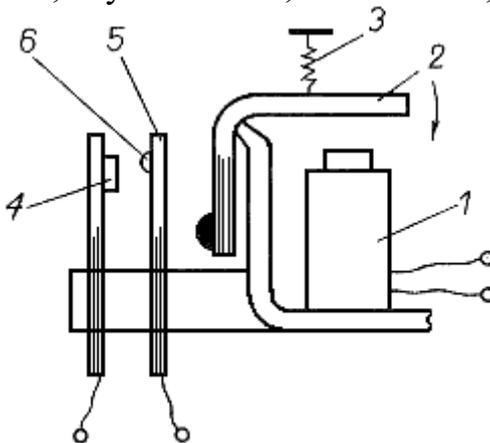


Рисунок 1 – Устройство электромагнитного реле

По назначению они подразделяются на реле автоматики, реле защиты, исполнительные реле, реле промежуточные, реле связи.

### Устройство

Рассмотрим в качестве примера электромагнитное реле с поворотным якорем (рис.1). В этом реле различают две части: воспринимающую электрический сигнал и исполнительную.

- Воспринимающая часть состоит из электромагнита 1, представляющего собой катушку, надетую на стальной сердечник, якоря 2 и пружины 3.

- Исполнительная часть состоит из неподвижных контактов 4, подвижной контактной пластины 5, посредством которой воспринимающая часть реле воздействует на исполнительную, и контактов 6.

Следует обратить внимание на то, что воспринимающая и исполнительная части реле не имеют между собой электрической связи и включаются в разные электрические цепи.

Реле приводится в действие слабым (малоточным) сигналом, и само может приводить в действие более мощную исполнительную аппаратуру (контактор, масляный выключатель, пускатель и т.д.).

Принцип действия. Когда ток в катушке электромагнита отсутствует, якорь под действием пружины удерживается в верхнем положении, при этом контакты реле разорваны.

При появлении тока в катушке электромагнита якорь притягивается к сердечнику и подвижный контакт замыкается с неподвижным. Происходит замыкание исполнительной цепи, т.е. включение того или иного подсоединенного исполнительного устройства.

### Герконовое реле

Для повышения быстродействия, надежности, срока службы и способности работать в условиях агрессивной и пыльной среды применяются реле с герметизированными магнитоуправляемыми контактами - герконы. Герконы способны коммутировать токи до 5А при напряжении 100В и обеспечивать десятки и сотни миллионов контактоиспользований.

Герконовые реле находят широкое применение в квазиэлектронных АТС для построения блоков коммутационного поля. В герконовых реле контактная система строится посредством герметизированных контактов. Герметизированный контакт (геркон) представляет собой стеклянный баллон диаметром 3... 5 мм и длиной 25... 50 мм, в котором помещают две или три контактные пружины, изготовленные из упругого магнитопроводящего материала. Концы контактных пружин, образующих контактную поверхность, покрыты тонким слоем золота. Баллон герметизирован и наполнен инертным газом (рис. 2 а). Герконы (один или несколько) помещают внутри катушки, на которой находится обмотка. Катушку вместе с герконами размещают в металлическом корпусе, который служит магнитопроводом реле и одновременно позволяет уменьшить поток рассеяния.

Магнитная система герконового реле состоит из корпуса и контактных пружин, выполняющих одновременно роль якоря. При прохождении тока по обмотке реле в магнитной системе возникает магнитный поток, благодаря которому контактные пружины притягиваются друг к другу, замыкая исполнительную цепь. При выключении тока в цепи обмотки под действием сил упругости контактные пружины размыкаются. На рис. 2, а и рис.2, б представлены герконовые реле с герконом на замыкание и размыкание. Геркон на размыкание имеет в цепи магнитопровода постоянный магнит, под воздействием которого геркон замкнут. При прохождении тока в цепи обмотки реле создается встречный магнитный поток, который обеспечивает размыкание геркона. После выключения тока в обмотке геркон замыкается.

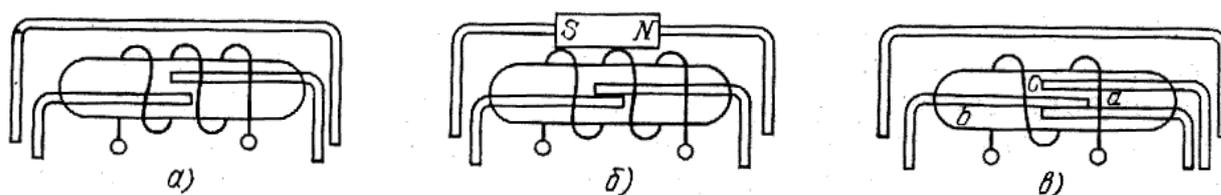


Рисунок 2 – Герконы: а) контакт на замыкание, б) контакт на размыкание, в) контакт на переключение

В герконе на переключение (рис. 2, в) имеется три пружины  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Пружина  $a$  изготавливается из немагнитного материала, а пружины  $b$  и  $c$  — из магнитного. В исходном состоянии пружины  $a$  и  $b$  замкнуты, а  $b$  и  $c$  разомкнуты. При прохождении тока через обмотку реле создается магнитный поток, обеспечивающий замыкание пружин  $b$  и  $c$  и размыкание  $c$  и  $b$ . После выключения тока в обмотке и исчезновения магнитного потока пружины  $c$  и  $b$  под действием сил упругости возвращаются в исходное состояние.

Герконовое реле по сравнению с реле РПН и РЭС-14 имеют малое время срабатывания (2 ... 3 мс) и малое время отпускания 0,5 мс, более стабильное сопротивление контакта, малую потребляемую мощность и более высокую надежность (число срабатываний  $10^9$ ), малые габаритные размеры и массу. Недостатком является относительно большое время вибрации герконов при их замыкании (0,3... 0,5 мс).

По времени срабатывания электрические реле разделяются на безинерционные ( $t_{cp} < 0,05$ с), нормальные ( $t_{cp} = 0,05 - 0,25$ ) и реле времени ( $t_{cp} > 0,25$ ).

Основные параметры реле:

Мощность срабатывания  $P_{cp}$ , Вт - минимальная электрическая мощность, подведенная к реле от управляющей цепи, при которой реле надежно срабатывает. Обычно в паспорте реле указывается не мощность, а ток срабатывания или напряжение срабатывания  $U_{cp}$ , В.

Мощность управления  $P_y$ , Вт - максимальная электрическая мощность, при которой контакты реле работают еще надежно.

Коэффициент управления  $K_y$  - отношение мощности управления  $P_y$  к мощности срабатывания  $P_{cp}$  реле.

Коэффициент возврата  $K_B$  - отношение параметра отпускания реле к параметру его срабатывания.

Время срабатывания  $t_{ср}$ , с - интервал времени от момента поступления сигнала до начала воздействия его на управляемую цепь.

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Пользуясь п.3 методических указаний, изучить общие сведения о электромагнитных и герконовых реле.

4.2 Изучить по натуральным образцам и каталогам конструктивное исполнение и принцип действия электромагнитного реле типа РЭН-18 и герконового реле РПГ-24.

4.3 Изучить по рисунку 3 схему исследования электромагнитного и герконового реле.

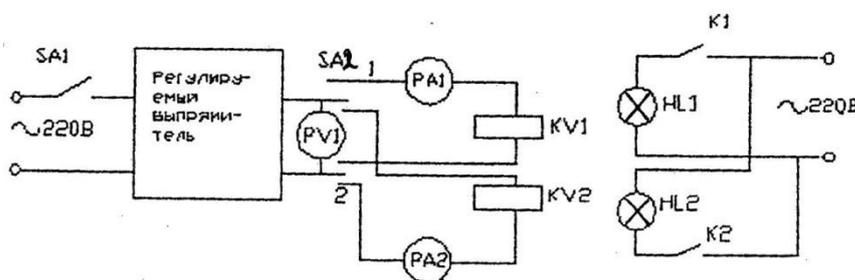


Рисунок 3 - Схема исследования электромагнитного и герконового реле.

4.4 Исследовать работу электромагнитного реле РЭН-18 и герконового реле РПГ-24. Паспортные данные которых представлены в таблице 1

Таблица 1 – Паспортные данные реле

| Тип Реле | Паспортные значения  |                       |                       |
|----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          | U <sub>ном</sub> , В | I <sub>ном</sub> , мА | P <sub>ном</sub> , Вт |
| РЭН-18   | 24                   | 50                    | 100                   |
| РПГ-24   | 24                   | 80                    | 60                    |

4.5 Включить выключатель SA1, переключатель SA2 установить в положение «1», при котором в схему включается электромагнитное реле РЭН-18.

4.6 Медленно и плавно увеличивая регулятором выпрямителя напряжение в катушке реле KV1, определить по показаниям вольтметра PUI и миллиамперметра PA1 соответственно напряжение срабатывания  $U_{ср}$  и ток срабатывания герконового реле в момент зажигания сигнальной лампы HL1.

4.7 Продолжая увеличивать регулятором напряжение в катушке реле KV1, довести его до номинального значения  $U_{ном}=24В$  и миллиамперметром PA1 измерить соответствующее значение установившегося тока  $I_{уст}$  реле.

4.8 Медленно и плавно уменьшая регулятором напряжение в катушке реле КVI, добиться отпущения реле и определить по показаниям вольтметра РU1 и миллиамперметр» РА I соответственно напряжение отпущения  $U_{отп}$  и ток отпущения  $I_{отп}$  реле. Прodelать эксперимент три раза.

4.9 Результаты исследования внести в таблицу 2

Таблица 2 – Показания приборов и расчетные данные электромагнитного реле РЭН-18

| Параметры      | Измеренные значения |   |   | Среднее значение | Ку | Кв |
|----------------|---------------------|---|---|------------------|----|----|
|                | 1                   | 2 | 3 |                  |    |    |
| $I_{уст}$ , мА |                     |   |   |                  |    |    |
| $U_{ср}$ , В   |                     |   |   |                  |    |    |
| $I_{ср}$ , мА  |                     |   |   |                  |    |    |
| $U_{отп}$ , В  |                     |   |   |                  |    |    |
| $I_{отп}$ , мА |                     |   |   |                  |    |    |

4.10 Установить переключатель SA2 в положение «2», при котором и схему включается герконовое реле РПГ-24.

4.11 Выполнить те же действия, что и для электромагнитного реле, используя вольтметр РU1, миллиамперметр РА2 и сигнальную лампу HL2.

4.12 Результаты исследования внести в таблицу 3

Таблица 3 – Показания приборов и расчетные данные герконового реле РПГ-24

| Параметры      | Измеренные значения |   |   | Среднее значение | Ку | Кв |
|----------------|---------------------|---|---|------------------|----|----|
|                | 1                   | 2 | 3 |                  |    |    |
| $I_{уст}$ , мА |                     |   |   |                  |    |    |
| $U_{ср}$ , В   |                     |   |   |                  |    |    |
| $I_{ср}$ , мА  |                     |   |   |                  |    |    |
| $U_{отп}$ , В  |                     |   |   |                  |    |    |
| $I_{отп}$ , мА |                     |   |   |                  |    |    |

4.13 Для каждого реле рассчитать значение коэффициентов управления и возврата  $K_v$ :

$$K_u = P_y / P_{cp} = P_y / U_{cp} I_{cp} ; \quad K_v = I_{отп} / I_{cp}.$$

4.14 Выполнить рисунки, поясняющие конструктивные исполнения электромагнитного реле РЭН-18 и герконового реле РПГ-24. 4.

4.15 Сделать выводы по проделанной работе.

4.16 Устно ответить на контрольные вопросы.

## **5 Содержание отчета**

5.1 Название и цель работы.

5.2 Общие сведения о электромагнитных и герконовых реле.

5.3 Схема исследования рисунков 3.

5.4 Таблица 1 паспортных данных электромагнитного и герконового реле.

5.5 Таблицы 2 и 3 показаний и расчет данных.

5.6 Вывод по работе.

## **6 Контрольные вопросы**

6.1 Опишите, как устроено электромагнитное реле.

6.2 Опишите, как устроено герконовое реле.

6.3 Расскажите, какие вы знаете основные параметры реле.

6.4 Поясните, каков принцип действия электромагнитного и герконового реле.

## **Литература**

1. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

2. Елкин В.Д. Электрические аппараты. Практические и лабораторные работы. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

## Лабораторная работа №2

### Исследование электромагнитного пускателя

**1 Цель работы:** исследовать схемы реверсивного и не реверсивного электромагнитного пускателя опытным путём.

#### **2 Оснащение рабочего места:**

- лабораторный стенд;
- методические указания к выполнению работы;

#### **3 Краткие теоретические сведения**

Электромагнитный пускатель (ЭМП) - это коммутационный аппарат, предназначенный для дистанционного управления (пуск, остановка, реверсирование) и защиты электродвигателей (ЭД) переменного тока. ЭМП состоит из трехполюсного магнитного контактора, вспомогательных (блокировочных) контактов, а также тепловых реле для защиты ЭД от длительных перегрузок.

При понижении напряжения в сети до  $0,5..0,6 U_{ном}$  или перерывах питания якорь включённого ЭМП отпадает и размыкает вспомогательные (блокировочные) контакты, блокирующие кнопку «пуск» и главные контакты в силовой цепи ЭД, который отключается от сети. Для повторного включения ЭД при восстановлении напряжения необходимо нажать пусковую кнопку. Такая схема обеспечивает нулевую защиту.

ЭМП должен устойчиво работать и не отключать установку при напряжении  $0,85$  от номинального.

Схема включения нереверсивного магнитного пускателя представлена на рисунке 1. Схема состоит: QF – автоматический выключатель

KM1 – магнитный пускатель

KK – тепловое реле

M – асинхронный двигатель

FU – предохранитель

C – кнопка «Стоп»

SB1 – кнопка «Пуск»

Рассмотрим работу схемы в динамике. Включаем питание QF - автоматическим выключателем, нажимаем кнопку «Пуск» своим нормально разомкнутым контактом подает напряжение на катушку KM1 - магнитного пускателя.

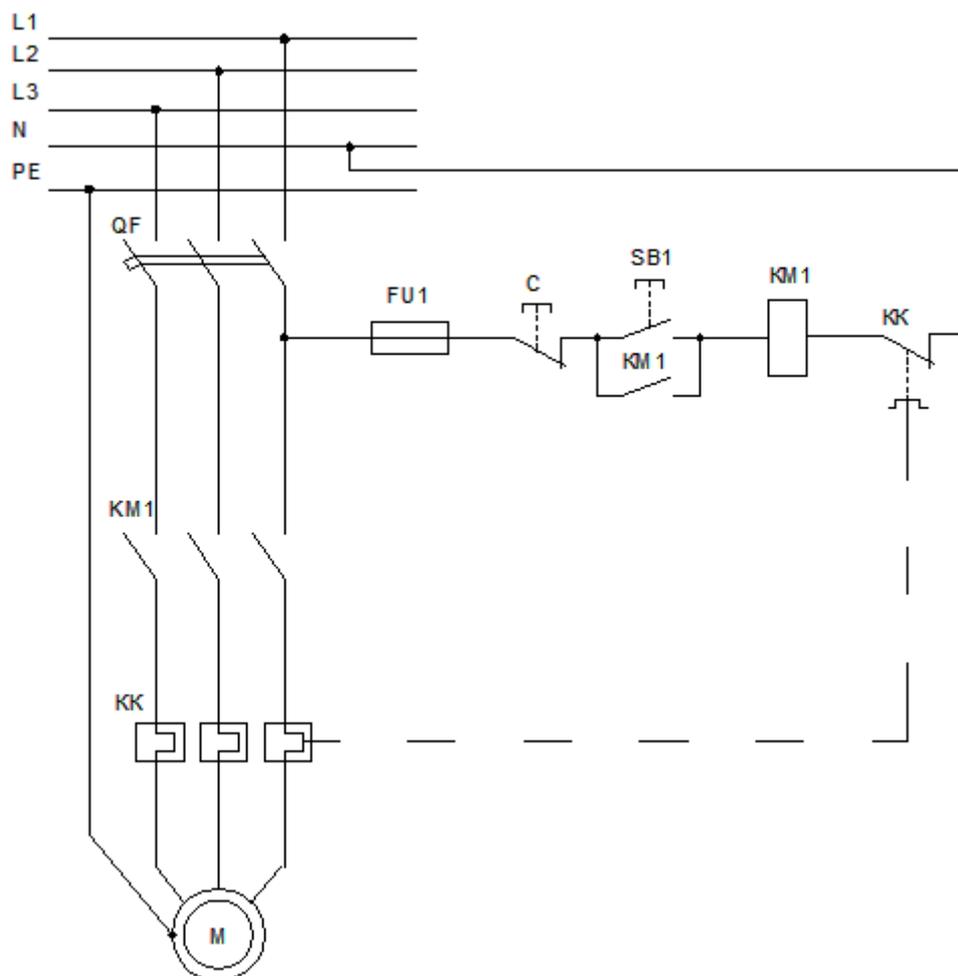


Рисунок 1 – Схема включения нереверсивного пускателя

КМ1 – магнитный пускатель срабатывает и своими нормально разомкнутыми, силовыми контактами подает напряжение на двигатель. Для того чтобы не удерживать кнопку «Пуск», чтобы двигатель работал, нужно ее зашунтировать, нормально разомкнутым блок контактом КМ1 – магнитного пускателя. При срабатывании пускателя блок контакт замыкается и можно отпустить кнопку «Пуск» ток побежит через блок контакт на КМ1 - катушку. Такую схему называют схемой самоблокировки. Она обеспечивает так называемую нулевую защиту электродвигателя. Если в процессе работы электродвигателя напряжение в сети исчезнет или значительно снизится (обычно более чем на 40% от номинального значения), то магнитный пускатель отключается и его вспомогательный контакт размыкается.

После восстановления напряжения для включения электродвигателя необходимо повторно нажать кнопку «Пуск». Нулевая защита предотвращает непредвиденный, самопроизвольный пуск электродвигателя, который может привести к аварии. Аппараты ручного управления (рубильники, конечные выключатели) нулевой защитой не обладают, поэтому в системах управления станочным приводом обычно применяют управление с использованием магнитных пускателей. Для отключения электродвигателя достаточно нажать кнопку SB1 «Стоп». Это приводит к размыканию цепи самопитания и отключению катушки магнитного пускателя.

Отключаем двигатель, нажимаем кнопку «С – стоп», нормально замкнутый контакт размыкается и прекращается подача напряжения к КМ1 – катушке, сердечник пускателя под действием пружин возвращается в исходное положение, соответственно контакты возвращаются в нормальное состояние, отключая двигатель. При срабатывании теплового реле - «КК», размыкается нормально замкнутый контакт «КК», отключение происходит аналогично.

**Реверсивный магнитный пускатель (реверсивная сборка)** представляет собой два трёхполюсных контактора, укрепленных на общем основании и заблокированных механической или электрической блокировкой, исключающей возможность одновременного включения контакторов.

Схема включения реверсивного магнитного пускателя приведена на рисунке 2.

Фазы А, В и С питающего напряжения подводятся к клеммам асинхронного двигателя через:

— 3-х полюсный автоматический выключатель, который защищает всю схему и позволяет отключать питающее напряжение;

— поочередно через три пары силовых контактов магнитных пускателей КМ1 и КМ2;

— тепловое реле КК, которое служит для защиты от перегрузок.

**Для того, чтобы изменить направление вращения трехфазного электродвигателя, необходимо поменять местами подключение любых двух фаз!**

Для этого в цепь обмотки двигателя включены силовые контакты от двух пускателей, которые подключаются поочередно, меняя чередование фаз. В нашей схеме при вращении «Вперед» последовательность фаз такая — А, В, С. При вращении «Назад» — С, В, А. Т.е. чередование фаз А и С меняется местами.

Катушки магнитных пускателей с одной стороны подключены к нулевому рабочему проводнику N через нормально-замкнутый контакт теплового реле КК, с другой, через кнопочный пост к фазе С.

Кнопочный пост состоит из 3-х кнопок:

- 1) нормально-разомкнутой кнопки «Вперед»;
- 2) нормально-разомкнутой кнопки «Назад»;
- 3) нормально-замкнутой кнопки «Стоп».

К кнопке «Вперед» параллельно подключен нормально-разомкнутый вспомогательный контакт пускателя КМ1, и соответственно, к кнопке «Назад» — нормально-разомкнутый вспомогательный контакт пускателя КМ2.

Также в цепь питания обмотки пускателя КМ1 включен нормально-замкнутый контакт пускателя КМ2, а в цепь обмотки пускателя КМ2, включен нормально-замкнутый контакт пускателя КМ1. Это сделано для блокировки, чтобы предотвратить запуск двигателя назад, когда он вращается вперед, и

наоборот. Т.е. запустить двигатель в любую из сторон можно только из положения останова.

#### Работа схемы

Переводим рычаг трехполюсного автоматического выключателя во включенное положение, его контакты замыкаются, схема готова к работе.

#### Запуск вперед

Нажимаем кнопку «Вперед». Цепь питания обмотки магнитного пускателя КМ1 замыкается, якорь катушки втягивается, замыкает силовые контакты КМ1 и вспомогательный нормально-открытый контакт КМ1, который шунтирует кнопку «Вперед».

Одновременно вспомогательный нормально-замкнутый контакт КМ1 размыкает цепь управления магнитным пускателем КМ2, блокируя тем самым возможность запуска реверса двигателя.

Три питающих фазы в последовательности А,В,С подаются на обмотки двигателя и он начинает вращаться вперед.

Отпускаем кнопку «Вперед», она возвращается в исходное нормально-разомкнутое состояние. Теперь питание на обмотку пускателя КМ1 подается через замкнутый вспомогательный контакт КМ1. Двигатель запущен и вращается вперед.

#### Останов двигателя из положения вперед

Для останова двигателя или для запуска в другую сторону, необходимо сначала нажать кнопку «Стоп». Питание цепи управления размыкается. Якорь магнитного пускателя КМ1 под действием пружины возвращается в исходное состояние. Силовые контакты размыкаются, отключая питающее напряжение от электродвигателя. Двигатель останавливается.

Одновременно с этим размыкается вспомогательный контакт КМ1 в цепи питания обмотки пускателя КМ1 и замыкается вспомогательный контакт КМ1 в цепи питания пускателя КМ2.

Отпускаем кнопку «Стоп». Она возвращается в исходное, нормально-замкнутое положение. Но, поскольку вспомогательный контакт КМ1 разомкнут, питание на обмотку пускателя КМ1 не подается, двигатель остается выключенным и схема готова к следующему запуску.

#### Реверс двигателя

Чтобы запустить двигатель в обратном направлении, нажимаем кнопку «Назад».

Питание подается на обмотку пускателя КМ2. Он срабатывает, замыкая силовые контакты КМ2 в цепи питания двигателя, и вспомогательный контакт КМ2, который шунтирует кнопку «Назад». Одновременно с этим, другой вспомогательный контакт КМ2 разрывает цепь питания пускателя КМ2.

На обмотки двигателя подаются три фазы в порядке С,В,А, он начинает вращаться в другую сторону.

Отпускаем кнопку «Назад». Она возвращается в исходное положение, но питание на обмотку пускателя КМ2 продолжает поступать через замкнутый вспомогательный контакт КМ2. Двигатель продолжает вращаться в обратном направлении.

Останов двигателя из положения назад

Для останова повторно нажимаем кнопку «Стоп». Цепь питания обмотки пускателя КМ2 размыкается. Якорь возвращается в исходное положение, размыкая силовые контакты КМ2. Двигатель останавливается. Одновременно с этим, вспомогательные контакты КМ2 возвращаются в исходное состояние.

Отпускаем кнопку «Стоп», схема готова к следующему пуску.

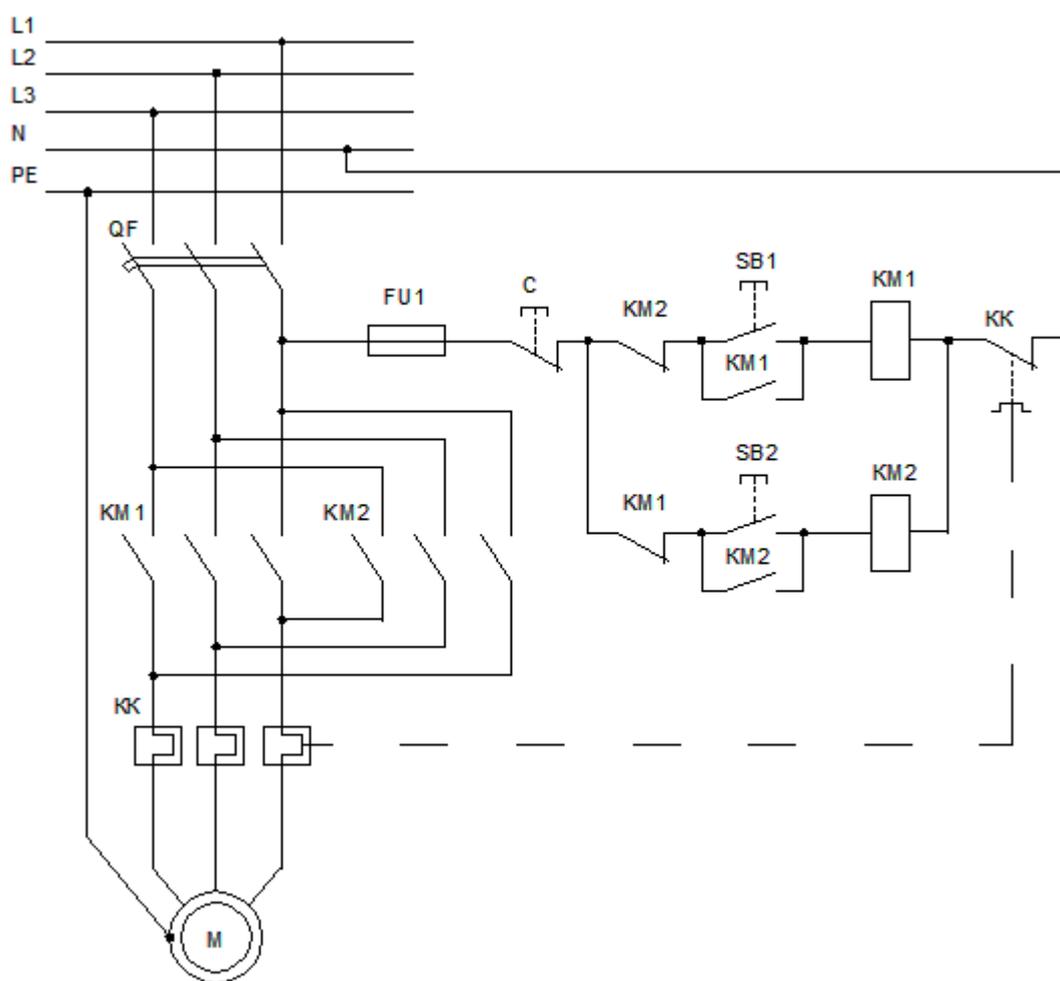


Рисунок 2 – Схема включения реверсивного пускателя

Основными характеристиками ЭМП являются коэффициент возврата КМ и вибрация контактов. Вибрация контактов сокращает срок службы электрических аппаратов: вибрирующие контакты при работе в электрической цепи с нагрузкой подгорают, привариваются, разрушаются.

Исследование технических характеристик ЭМП проводится по схеме:

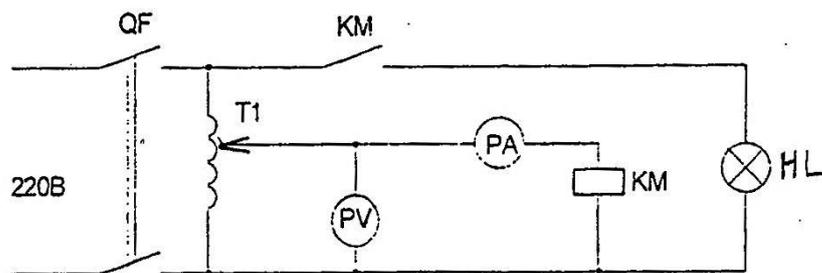


Рисунок 3 – Схема исследования ЭМП

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Пользуясь п.3 методических указаний, изучить общие сведения о электромагнитных пускателях, а также схемах включения ЭМП.

4.2 Изучить по натуральным образцам и каталогам конструктивное исполнение и принцип действия электромагнитного пускателя.

4.3 Собрать электрическую цепь на стенде по схеме рисунка 3

4.4 Включение электрической цепи под напряжение производится автоматическим выключателем QF после проверки схемы преподавателем.

Таблица 1- Полученные данные

| Параметры                                 | Измеренные значения |   |   | Среднее значение |
|---|---------------------|---|---|------------------|
|   | 1                   | 2 | 3 |                  |
| Напряжение срабатывания<br>$U_{срб}, В$   |                     |   |   |                  |
| Ток при втянутом якоре<br>$I_{срб}, А$    |                     |   |   |                  |
| Напряжение возврата<br>$U_{воз}, В$       |                     |   |   |                  |
| Ток при не втянутом якоре<br>$I_{воз}, А$ |                     |   |   |                  |

4.5 Плавно увеличивая напряжение помощью автотрансформатора Т1 до момента притяжения якоря к электромагниту и замыкания главных контактов (сигнальная лампа HL загорается).

4.6 Зафиксировать значения напряжения  $U_{срб}$  и тока  $I_{срб}$ .

4.7 Занести полученные данные в таблицу 1.

4.8 Плавно уменьшая напряжение, определить величину напряжения возврата  $U_{\text{воз}}$ , якоря в исходное состояние (сигнальная лампочка HL гаснет) и тока  $I_{\text{воз}}$ , А.

4.9 Полученные данные занести в таблицу 1.

4.10 Опыт повторить несколько раз, делая перерывы между опытами во избежание перегрева.

4.11 Вычислить параметры ЭМП по формулам:

Коэффициента возврата:

$$K_{\text{в}} = U_{\text{воз}} / U_{\text{срб}} \quad (1)$$

Кратность пускового тока номинальному:

$$K_{\text{в}} = I_{\text{срб}} / I_{\text{ном}} \quad (2)$$

Номинальная активная мощность:

$$P_{\text{ном.}} = I^2 \cdot R, \text{ Вт} \quad (3)$$

где R - активное сопротивление катушки, Ом

Номинальная полная мощность:

$$S_{\text{ном.}} = I_{\text{ном}} \cdot U_{\text{ном}}, \text{ ВА} \quad (4)$$

Пусковая полная мощность катушки:

$$S_{\text{пуск.}} = I_{\text{срб}} \cdot U_{\text{ном}}, \text{ ВА} \quad (5)$$

4.12 Сделать вывод о проделанной работе.

4.13 Устно ответить на контрольные вопросы.

## 5 Содержание отчета

5.1 Название и цель работы.

5.2 Общие сведения о электромагнитных пускателях.

5.3 Схема исследования рисунок 3.

5.4 Таблица паспортных данных исследуемого электромагнитного пускателя.

5.5 Таблицы показаний и расчет данных.

5.6 Вывод по работе.

## 6 Контрольные вопросы

6.1 Опишите, какова конструкция и назначение ЭМП.

6.2 Расскажите, как определяется коэффициент возврата.

6.3 Расскажите, как определяется кратность пускового тока.

6.4 Поясните, для чего предназначены короткозамкнутые витки, устанавливаемые на сердечнике магнитной системы.

6.5 Объясните, каким образом работает схема включения двигателя с нереверсивным пускателем.

6.6 Объясните, каким образом работает схема включения двигателя с реверсивным пускателем.

### **Литература**

1. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

2. Елкин В.Д. Электрические аппараты. Практические и лабораторные работы. МН.: Издательство «Дизайн ПРО», 2003

3. Казаков В.Д. Электрические аппараты. М.: ИП РадиоСофт, 2010

## Раздел контроля знаний

### Рекомендуемые материалы входного контроля

1. Отметьте, какому понятию соответствует определение: изменение размеров, формы и конфигурации тела в результате действия внешних или внутренних сил

- А) хрупкость
- Б) упругость
- В) деформация
- Г) жесткость

2. Отметьте, какому понятию соответствует определение: соединение двух проводников, которое нельзя разъять без физического разрушения контакта называю

- А) скользящим
- Б) неразъемным
- В) разъемным
- Г) коммутирующим

3. Охарактеризуйте понятие проводника

А) материал, который беспрепятственно проводит электрический ток, так как обладает большим количеством свободных носителей зарядов

Б) материал, который не проводит электрический ток, так как в нем практически отсутствуют свободные носители зарядов

В) материал, проводимость которого зависит от концентрации примесей и температуры и воздействия различных видов излучения

Г) материал, проводимость которого зависит от воздействия различных видов излучения

4. Определите, какое из нижеперечисленных определений соответствует номинальному рабочему режиму работы аппарата

А) режим работы аппарата согласно паспортных характеристик

Б) режим работы аппарата при токе равном 0 и напряжении равном ЭДС

В) режим работы аппарата согласно паспортных характеристик с допустимыми отклонениями

Г) режим работы аппарата при напряжении равном 0 в то время, когда ток мгновенно возрастает

5. Отметьте, какие из нижеперечисленных материалов можно отнести к диамагнетикам

- А) медь
- Б) вольфрам

- В) стекло
- Г) молибден

6. Дайте определение хрупкости тела

- А) свойство материала под воздействием нагрузки изменять свою форму и сохранять эту новую форму после снятия нагрузки
- Б) свойство материала сопротивляться деформации при внешнем воздействии
- В) свойство материала под воздействием изгибающих, ударных и толчковых нагрузок не изменять свою форму, а сразу разрушаться
- Г) свойство материала изменять размеры, формы и конфигурации тела в результате действия внешних или внутренних сил

7. Как вы считаете, какие соединения относятся к неразъемным?

- А) болтовое
- Б) сварочное
- В) щеточный контакт электрических машин
- Г) пайка

8. К проводниковым материалам можно отнести

- А) графит
- Б) медь
- В) алюминий
- Г) кремний

9. Определите, что из нижеперечисленного относится к параметрам магнитного поля

- А) магнитная сила тока
- Б) магнитная проницаемость
- В) магнитодвижущая сила
- Г) магнитная прочность

10. Как вы считаете, какой аппарат следует использовать, чтобы защитить цепь от перегрузки

- А) автоматический выключатель
- Б) реле тока
- В) предохранитель
- Г) тепловое реле

## Рекомендуемые материалы тематического контроля

1. Дайте определение электрическим аппаратам.
2. Приведите признаки, по которым классифицируются ЭА.
3. Приведите классификацию ЭА по степени защиты и способу действия.
4. Приведите классификацию ЭА по напряжению и роду тока.
5. Перечислите основные требования, которые предъявляются к ЭА.
6. Дайте определение электрическому контакту, поясните значение физического и условного контакта.
7. Поясните назначение неразмыкаемого, коммутирующего, скользящего контакта.
8. Опишите назначение, устройство и принцип работы одноступенчатых и многоступенчатых контактных соединений.
9. Опишите назначение, устройство и принцип работы мостикового контакта.
10. Опишите назначение, устройство и принцип работы врубного и розеточного контакта.
11. Опишите назначение, устройство и принцип работы рычажного контакта.
12. Перечислите основные требования, предъявляемые к материалам для контактных соединений, приведите примеры материалов.
13. Дайте определение переходному сопротивлению контактов
14. Охарактеризуйте зависимость переходного сопротивления от температуры и состояния контактной поверхности.
15. Охарактеризуйте зависимость переходного сопротивления от усилия сжатия и свойств материала.
16. Дайте определение электрической дуге. Расскажите о особенности горения и гашения дуги постоянного тока.
17. Расскажите о особенности горения и гашения дуги переменного тока.
18. Опишите назначение, устройство и принцип работы дугогасящей решетки и деионной решетки.
19. Дайте определение электрической дуге. Опишите назначение, устройство и принцип работы вакуумного дугогасящего устройства.

## Рекомендуемые материалы обязательной контрольной работы

1. Дайте определение электрическим аппаратам, перечислите требования, предъявляемые к ним.
2. Дайте определение электрическому контакту, перечислите основные материалы, используемые для контактных соединений, и требования, предъявляемые к ним.
3. Назовите основные конструкции электрических контактов, опишите их принцип работы.
4. Дайте определение переходному сопротивлению, перечислите влияющие на него факторы.
5. Охарактеризуйте способы гашения электрической дуги постоянного тока в электрических аппаратах.
6. Охарактеризуйте способы гашения электрической дуги переменного тока в электрических аппаратах.
7. Опишите назначение, устройство и принцип работы рубильников.
8. Опишите назначение, устройство и принцип работы кнопок управления.
9. Опишите назначение, устройство и принцип работы электромагнитных пускателей.
10. Опишите назначение, устройство и принцип работы герконового реле.
11. Опишите назначение, устройство и принцип работы электромагнитного реле.
12. Опишите назначение, устройство и принцип работы предохранителей.
13. Опишите назначение, устройство и принцип работы автоматических выключателей.
14. Опишите назначение и принцип работы бесконтактных аппаратов на примере бесконтактного реле.
15. Опишите назначение и принцип работы бесконтактных аппаратов на примере бесконтактного контактора.

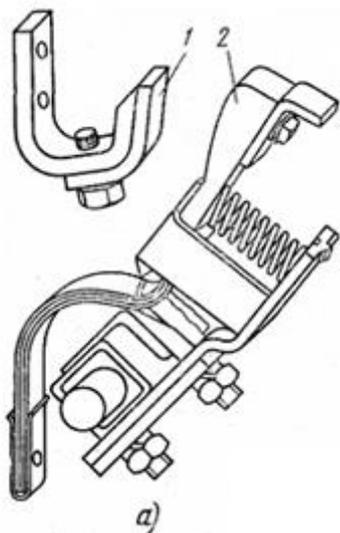
## Материалы итогового теста

### Вариант 1

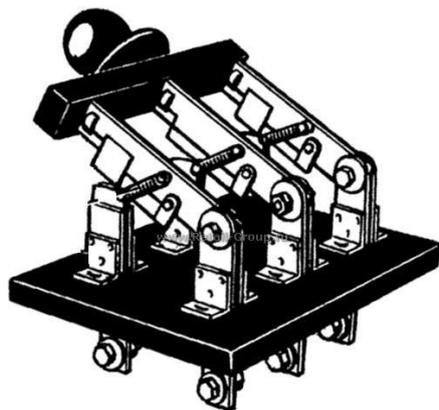
1. Отметьте, каким образом классифицируются аппараты по способу действия
  - А) индуктивные
  - Б) автоматические
  - В) тепловые
  - Г) индукционные
  - Д) неавтоматические
  - Е) электромагнитные
  
2. Отметьте верное утверждение
  - А) с увеличением температуры увеличивается переходное сопротивление контакта
  - Б) при шлифовке поверхности увеличивается переходное сопротивление контакта
  - В) у грубой поверхности контакта увеличивается переходное сопротивление контакта
  - Г) при образовании окисей на поверхности контакта увеличивается переходное сопротивление контакта
  
3. Найдите соответствие
  - А) контактное соединение, условно проходящее по линии, а физически осуществляющееся в точках на этой линии
  - Б) соединение контактных поверхностей, при котором один контакт не перемещается относительно другого, а остаются надежно скрепленными
  - В) место соединения проводников, позволяющее проводить электрический ток
  - 1) условный контакт
  - 2) точечный контакт
  - 3) линейный контакт
  - 4) коммутирующий контакт
  - 5) скользящий контакт
  - 6) нерамыкаемый контакт
  - 7) рачажный контакт
  - 8) мостиковый контакт
  - 9) электрический контакт

Г) контактирование  
поверхностей,  
осуществляющееся посредством  
прямоходной системы

4. Определите, какие характеристики свойственны контактному соединению, изображенному на рисунке



- А) стирание окисной пленки  
Б) провал контакта  
В) раствор контакта  
Г) дополнительные вибрации при включении  
Д) прямоходная контактная система  
Е) двухступенчатое контактирование
5. Определите, какое устройство из нижеперечисленных может использоваться только на переменном токе  
А) вакуумное дугогасящее устройство  
Б) деионная решетка  
В) дугогасящая решетка  
Г) использование инертных газов
6. Определите, какие характеристики свойственны аппарату, изображенному на рисунке



- А) прямоходная контактная система
- Б) провал контакта
- В) ручное управление
- Г) поворотная контактная система
- Д) использование кулачковой шайбы
- Е) наличие отдельных пакетов

7. Определите, какие параметры характеризуют магнитную цепь

- А) магнитная индукция
- Б) магнитный поток
- В) магнитное сопротивление
- Г) магнитная проницаемость
- Д) магнитная сила
- Е) магнитная стойкость

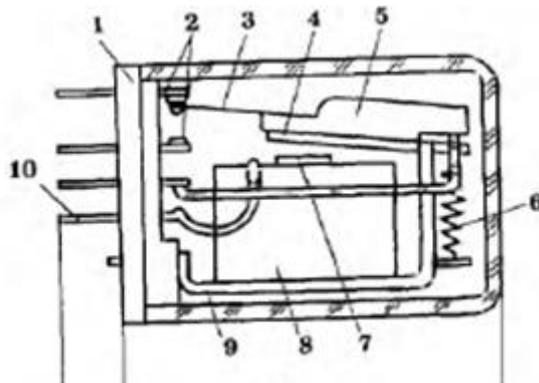
8. Отметьте, каким образом происходит защита от вихревых токов

- А) использование КЗ витков
- Б) использование электрической блокировки
- В) изготовление магнитопровода шихтованным
- Г) использование блок-контактов

9. Отметьте основное назначение электромагнитного пускателя

- А) пуска двигателя
- Б) защиты двигателя от токов КЗ
- В) реверса двигателя
- Г) защиты двигателя от токов перегрузки

10. Установите правильное соответствие конструктивного элемента и его обозначения на рисунке



- А) контакты
- Б) возвратная пружина
- В) выводы
- Г) магнитопровод
- Д) якорь
- Е) обмотка управления

11. Выберите аппараты, которые стоит применять для защиты электрической цепи от токов короткого замыкания

- А) тепловое реле
- Б) предохранитель
- В) автоматический выключатель
- Г) рубильник

12. Найдите аппараты, которым может быть свойственен металлургический эффект

- А) ПН-2
- Б) ВА 51-31
- В) ПМЛ-111
- Г) РТЛ-40

13. Определите условия, определяющие правильность выбора автоматического выключателя

- А) номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше номинального тока автоматического выключателя
- Б) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше пускового тока с учетом условий пуска
- В) номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше номинального тока двигателя
- Г) номинальный ток электромагнитного расцепителя должен быть меньше пускового тока двигателя

14. Выберите предохранитель для защиты электродвигателя мощностью 7,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,88$ ;  $\eta=87\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,5$ .

Условия пуска тяжелые

А) ПН-2 – 100/16

Б) ПН-2 – 100/63

В) ПН-2 – 100/50

Г) ПН-2 – 100/80

15. Выберите автоматический выключатель для защиты электродвигателя мощностью 30,0кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,83$ ;  $\eta=82\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ . Условия пуска легкие.

А) ВА 51-31 – 100/63

Б) ВА 51-31 – 100/50

В) ВА 51-32 – 250/125

Г) ВА 51-31 – 100/100

## Вариант 2

1. Отметьте, каким образом классифицируются аппараты по роду тока

А) постоянного тока

Б) переменного тока промышленной частоты

В) до 1кА

Г) переменного тока повышенной частоты

Д) выше 1кА

2. Отметьте верное утверждение

А) с увеличением температуры уменьшается переходное сопротивление контакта

Б) при шлифовке поверхности уменьшается переходное сопротивление контакта

В) у грубой поверхности контакта уменьшается переходное сопротивление контакта

Г) при образовании окисей на поверхности контакта уменьшается переходное сопротивление контакта

3. Найдите соответствие

А) наибольшее расстояние

1) условный контакт

между контактами мостикового

2) физический контакт

контакта в разомкнутом  
расстоянии

Б) соединение контактных  
поверхностей, при котором один  
контакт перемещается  
относительно другого, но  
контактное соединение не  
нарушается

В) контакт бугорков  
поверхностей

Г) контактирование  
поверхностей,  
осуществляющееся посредством  
поворотной системы

3) коммутирующий контакт

4) скользящий контакт

5) нерамыкаемый контакт

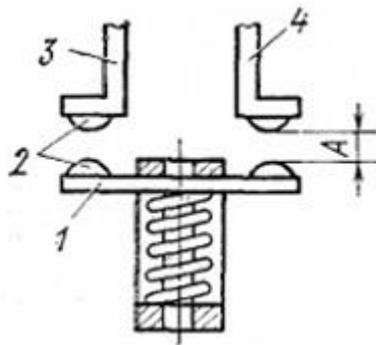
6) рачажный контакт

7) врубной контакт

8) провал контакта

9) раствор контакта

4. Определите, какие характеристики свойственны контактному соединению, изображенному на рисунке



А) стирание окисной пленки

Б) провал контакта

В) раствор контакта

Г) дополнительные вибрации при включении

Д) прямоходная контактная система

Е) двухступенчатое контактирование

5. Определите, какое устройство из нижеперечисленных не относится к гашению электрической дуги

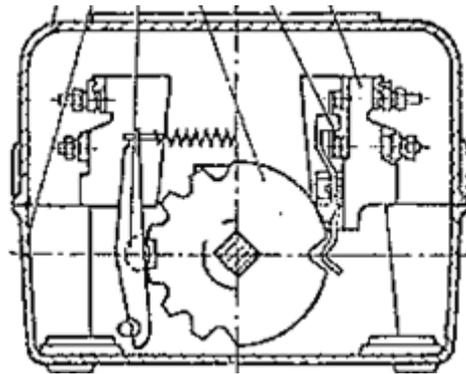
А) вакуумное дугогасящее устройство

Б) деионная решетка

В) дугогасящая решетка

Г) использование инертных газов

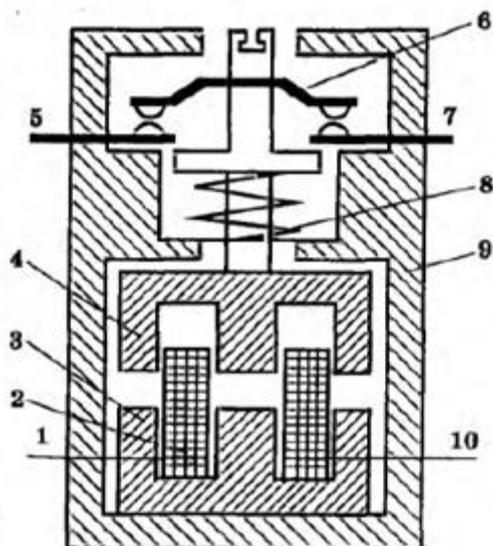
6. Определите, какие характеристики свойственны аппарату, изображенному на рисунке



- А) прямоходная контактная система  
Б) провал контакта  
В) ручное управление  
Г) коммутирующие контакты  
Д) использование кулачковой шайбы  
Е) наличие отдельных пакетов
7. Определите, какие материалы относятся к диамагнетикам  
А) медь  
Б) эбонит  
В) вольфрам  
Г) молибден  
Д) алюминий  
Е) хром
8. Отметьте, с какой целью электромагнитные пускатели снабжены дополнительной парой контактов  
А) защита от вихревых токов  
Б) защита от вибрации  
В) электрическая блокировка  
Г) механическая блокировка
9. Отметьте основное назначение электромагнитного реле  
А) пуска двигателя  
Б) защиты двигателя от токов КЗ  
В) переключение электрических процессов  
Г) защиты двигателя от токов перегрузки

10. Установите правильное соответствие конструктивного элемента и его обозначения на рисунке

- А) подвижный контакт
- Б) возвратная пружина
- В) якорь
- Г) подвижный контакт
- Д) магнитопровод
- Е) корпус



11. Выберите аппараты, которые стоит применять для защиты электрической цепи от токов перегрузки

- А) тепловое реле
- Б) предохранитель
- В) автоматический выключатель
- Г) рубильник

12. Отметьте аппараты, в конструкции которых присутствует биметаллическая пластина

- А) ПН-2
- Б) ВА 51-31
- В) ПМЛ-111
- Г) РТЛ-40

13. Определите условия, определяющие правильность выбора предохранителя

- А) номинальный ток предохранителя должен быть меньше номинального тока плавкой вставки
- Б) номинальный ток защищаемого двигателя должен быть больше номинального тока плавкой вставки
- В) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше пускового тока двигателя
- Г) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше номинального тока двигателя

14. Выберите предохранитель для защиты электродвигателя мощностью 15кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,83$ ;  $\eta=82\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ .

Условия пуска легкие.

- А) ПН-2 – 100/16
- Б) ПН-2 – 100/40
- В) ПН-2 – 100/100
- Г) ПН-2 – 100/80

15. Выберите плавкую вставку предохранителя, автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители для защиты электродвигателя мощностью 15кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,89$ ;  $\eta=89\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ . Условия пуска тяжелые.

- А) ВА 51-31 – 100/63
- Б) ВА 51-31 – 100/50
- В) ВА 51-31 – 100/32
- Г) ВА 51-31 – 100/100

### Вариант 3

1. Отметьте, каким образом классифицируются аппараты по назначению

- А) электромагнитные аппараты
- Б) аппараты для измерений
- В) аппараты защиты
- Г) бесконтактные аппараты
- Д) аппараты управления
- Е) коммутационные аппараты

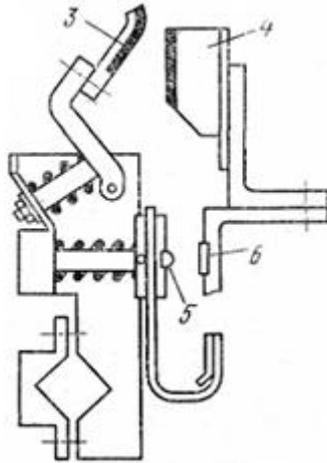
2. Отметьте верное утверждение

- А) при шлифовке поверхности увеличивается переходное сопротивление контакта
- Б) у грубой поверхности контакта увеличивается переходное сопротивление контакта
- В) при образовании окисей на поверхности контакта увеличивается переходное сопротивление контакта
- Г) с увеличением усилия между контактами увеличивается переходное сопротивление контакта

3. Найдите соответствие

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| А) контактное соединение, условно и физически осуществляющееся в одной точке  | 1) условный контакт      |
| Б) соединение контактных поверхностей, при котором происходит включение, отключение и переключение электрической цепи   | 2) физический контакт    |
| В) контактирование, которое осуществляется поверхностью целиком, без учета контактных бугорков  | 3) точечный контакт      |
| Г) контактирование поверхностей, при котором подвижный контакт выполнен в форме стержня, а неподвижные является совокупностью подпружиненных контактов, между которыми этот стержень вводится | 4) поверхностный контакт |
|   | 5) коммутирующий контакт |
|   | 6) рачажный контакт      |
|   | 7) розеточный контакт    |
|   | 8) врубной контакт       |
|   | 9) электрический контакт |

4. Определите, какие характеристики свойственны контактному соединению, изображенному на рисунке

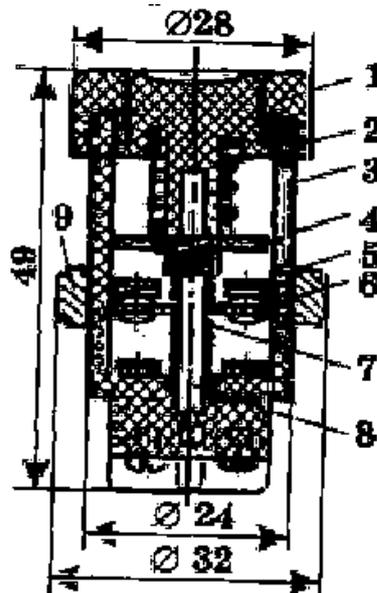


- А) провал контакта
- Б) раствор контакта
- В) двухступенчатое контактирование
- Г) прямоходная контактная система
- Д) отсутствие дополнительных вибраций при включении
- Е) длительное протекание токов и разрыв дуги в разных точках

5. Определите, какое устройство из нижеперечисленных гасит электрическую дугу путем ее разбиения на малые дуги

- А) вакуумное дугогасящее устройство
- Б) деионная решетка
- В) дугогасящая решетка
- Г) использование трансформаторного масла

6. Определите, какие характеристики свойственны аппарату, изображенному на рисунке



- А) прямоходная контактная система
- Б) провал контакта
- В) ручное управление
- Г) поворотная контактная система
- Д) использование кулачковой шайбы
- Е) наличие отдельных пакетов

7. Определите, из каких составных частей состоит магнитная цепь

- А) якорь
- Б) пружины
- В) магнитопровод
- Г) обмотка с током
- Д) блокировки
- Е) сердечник

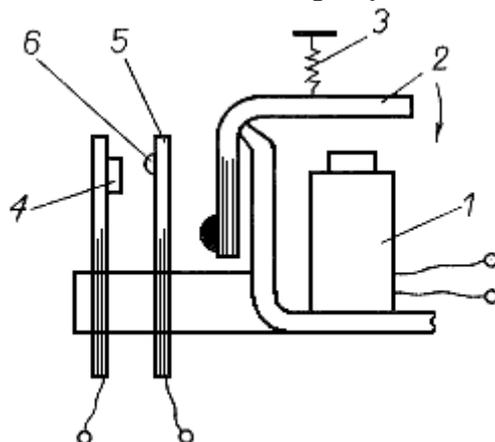
8. Отметьте, с какой целью магнитопровод электромагнитных аппаратов изготавливают шихтованным

- А) защита от вихревых токов
- Б) защита от вибрации
- В) электрическая блокировка
- Г) механическая блокировка

9. Отметьте основное назначение герконового реле

- А) пуска двигателя
- Б) защиты двигателя от токов КЗ
- В) переключение электрических процессов
- Г) защиты двигателя от токов перегрузки

10. Установите правильное соответствие конструктивного элемента и его обозначения на рисунке



- А) пружина
- Б) обмотка управления
- В) якорь
- Г) контакты
- Д) контактные пластины
- Е) неподвижные контакты

11. Выберите аппараты, которые можно отнести к аппаратам защиты

- А) тепловое реле
- Б) рубильник
- В) электромагнитное реле
- Г) пакетный выключатель

12. Отметьте аппараты, в конструкции которых присутствует плавкая вставка

- А) ПН-2
- Б) ВА 51-31
- В) ПМЛ-111
- Г) РТЛ-40

13. Определите условия, определяющие правильность выбора предохранителя

- А) номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше номинального тока автоматического выключателя
- Б) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше пускового тока с учетом условий пуска
- В) номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше номинального тока двигателя
- Г) номинальный ток электромагнитного расцепителя должен быть меньше пускового тока двигателя

14. Выберите предохранитель для защиты электродвигателя мощностью 11кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,87$ ;  $\eta=88\%$ ;  $K_{пуск}=7,5$ . Условия пуска тяжелые.

- А) ПН-2 – 100/125
- Б) ПН-2 – 250/125
- В) ПН-2 – 100/100
- Г) ПН-2 – 100/32

15. Выберите автоматический выключатель для защиты электродвигателя мощностью 22кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,88$ ;  $\eta=87,5\%$ ;  $K_{пуск}=7,0$ . Условия пуска легкие.
- А) ВА 51-31 – 100/63
  - Б) ВА 51-31 – 100/50
  - В) ВА 51-32 – 250/125
  - Г) ВА 51-31 – 100/100

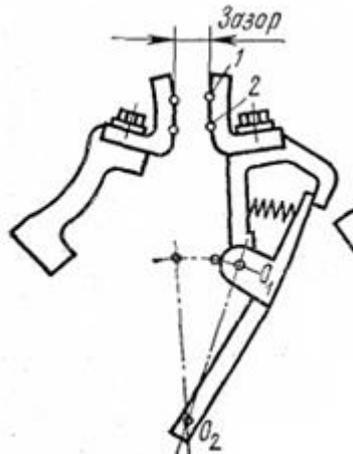
#### Вариант 4

1. Отметьте, каким образом классифицируются аппараты по принципу работы
  - А) бесконтактные
  - Б) индукционные
  - В) контактные ручного управления
  - Г) электромагнитные
  - Д) контактные автоматические
  - Е) коммутационные
  
2. Отметьте верное утверждение
  - А) при шлифовке поверхности уменьшается переходное сопротивление контакта
  - Б) у грубой поверхности контакта уменьшается переходное сопротивление контакта
  - В) при образовании окисей на поверхности контакта уменьшается переходное сопротивление контакта
  - Г) с увеличением усилия между контактами уменьшается переходное сопротивление контакта
  
3. Найдите соответствие
  - А) контактное соединение, условно проходящее по плоскости, а физически осуществляющееся в точках на этой плоскости
  - Б) место соединения проводников, позволяющее проводить электрический ток
  - 1) физический контакт
  - 2) точечный контакт
  - 3) поверхностный контакт
  - 4) коммутирующий контакт
  - 5) рачажный контакт
  - 6) врубной контакт
  - 7) электрический контакт
  - 8) провал контакта

В) тот путь, который должна пройти пружина, чтобы в замкнутом состоянии контакты были надежно скреплены  
Г) контактирование поверхностей, при котором подвижный контакт выполнен в форме пластины, которая вводится между двумя подпружиненными контактами-пластинами

9) раствор контакта

4. Определите, какие характеристики свойственны контактному соединению, изображенному на рисунке

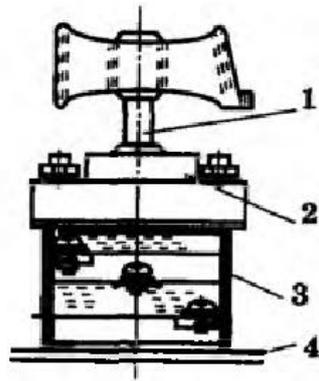


- А) возможность использования меди как материала
- Б) прямоходная контактная система
- В) провал контакта
- Г) стирание окисной пленки
- Д) неразмыкаемое соединение
- Е) врубной контакт

5. Определите, какое устройство из нижеперечисленных гасит электрическую дугу путем ее растяжения до критической длины

- А) вакуумное дугогасящее устройство
- Б) деионная решетка
- В) дугогасящая решетка
- Г) использование трансформаторного масла

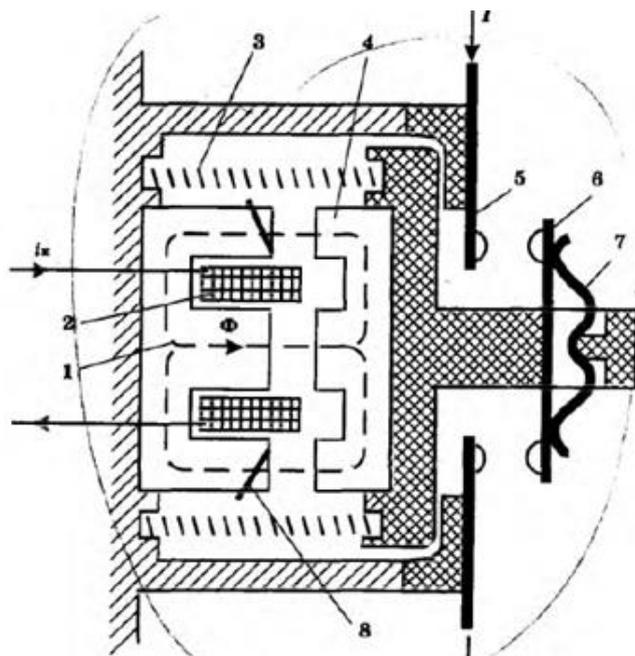
6. Определите, какие характеристики свойственны аппарату, изображенному на рисунке



- А) прямоходная контактная система  
Б) провал контакта  
В) ручное управление  
Г) поворотная контактная система  
Д) использование кулачковой шайбы  
Е) наличие отдельных пакетов
7. Определите, какие материалы относятся к парамагнетикам  
А) медь  
Б) эбонит  
В) хром  
Г) алюминий  
Д) молибден  
Е) сталь
8. Отметьте, с какой целью на магнитопроводе электрических аппаратов располагают короткозамкнутые витки  
А) защита от вихревых токов  
Б) защита от вибрации  
В) электрическая блокировка  
Г) механическая блокировка
9. Отметьте основное назначение реле тока  
А) пуска двигателя  
Б) защиты двигателя от токов КЗ  
В) переключение электрических процессов  
Г) защиты двигателя от токов перегрузки

10. Установите правильное соответствие конструктивного элемента и его обозначения на рисунке

- А) подвижный контакт
- Б) возвратная пружина
- В) короткозамкнутые витки
- Г) неподвижный контакт
- Д) магнитопровод
- Е) плоская пружина



11. Выберите аппараты, которые можно отнести к аппаратам защиты

- А) реле тока
- Б) магнитный пускатель
- В) автоматический выключатель
- Г) кулачковый контроллер

12. Отметьте аппараты, которые не относятся к аппаратам защиты

- А) ПН-2
- Б) ВА 51-31
- В) ПМЛ-111
- Г) ТРН-40

13. Определите условия, определяющие правильность выбора автоматического выключателя

- А) номинальный ток автоматического выключателя должен быть больше номинального тока двигателя

- Б) номинальный ток плавкой вставки должен быть больше пускового тока с учетом условий пуска
- В) номинальный ток теплового расцепителя должен быть меньше номинального тока автоматического выключателя
- Г) номинальный ток электромагнитного расцепителя должен быть меньше пускового тока двигателя

14. Выберите предохранитель для защиты электродвигателя мощностью 5,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,88$ ;  $\eta=87\%$ ;  $K_{пуск}=7,0$ .

Условия пуска легкие.

- А) ПН-2 – 100/16
- Б) ПН-2 – 100/63
- В) ПН-2 – 100/100
- Г) ПН-2 – 100/32

15. Выберите автоматический выключатель для защиты электродвигателя мощностью 7,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,87$ ;  $\eta=88\%$ ;  $K_{пуск}=7,5$ . Условия пуска тяжелые.

- А) ВА 51-31 – 100/63
- Б) ВА 51-31 – 100/16
- В) ВА 51-31 – 100/25
- Г) ВА 51-31 – 100/100

### Задачи для самостоятельной подготовки

1. Выберите плавкую вставку предохранителя, автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители для защиты электродвигателя мощностью 5,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,88$ ;  $\eta=87\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ . Условия пуска легкие.
2. Выберите плавкую вставку предохранителя, автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители для защиты электродвигателя мощностью 7,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,88$ ;  $\eta=87\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,5$ . Условия пуска тяжелые.
3. Выберите плавкую вставку предохранителя, автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители для защиты электродвигателя мощностью 15кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,83$ ;  $\eta=82\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ . Условия пуска легкие.
4. Выберите плавкую вставку предохранителя, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 7,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,87$ ;  $\eta=83\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,5$ . Условия пуска легкие.
5. Выберите плавкую вставку предохранителя, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 2,2кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,85$ ;  $\eta=89\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=6,0$ . Условия пуска тяжелые.
6. Выберите плавкую вставку предохранителя, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 0,18кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,83$ ;  $\eta=82\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ . Условия пуска легкие.
7. Выберите автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 7,5кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,87$ ;  $\eta=83\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,5$ . Условия пуска легкие.
8. Выберите автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 2,2кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,85$ ;  $\eta=89\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=6,0$ . Условия пуска тяжелые.
9. Выберите автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 0,18кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,83$ ;  $\eta=82\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=7,0$ . Условия пуска легкие.
10. Выберите автоматический выключатель, тепловой и электромагнитный расцепители, тепловое реле и электромагнитный пускатель для защиты электродвигателя мощностью 37кВт, напряжение сети 400 В,  $\cos\varphi=0,89$ ;  $\eta=89\%$ ;  $K_{\text{пуск}}=4,0$ . Условия пуска тяжелые.

## Материалы дифференцированного зачета

1. Дайте определение электрическим аппаратам как отдельной отрасли электротехники, их назначение и применение.
2. Дайте определение электрическим аппаратам, перечислите основные классификации электрических аппаратов, охарактеризуйте ЭА по назначению.
3. Дайте определение электрическим аппаратам, перечислите требования, предъявляемые к ним.
4. Дайте определение электрическому контакту, перечислите требования, предъявляемые к ним.
5. Дайте определение электрическому контакту, перечислите основные материалы, используемые для контактных соединений, и требования.
6. Опишите основные физические явления в электрическом контакте, процессы возникающие при замыкании и размыкании.
7. Назовите основные конструкции электрических контактов, опишите конструкцию и принцип работы неразмыкаемых контактов.
8. Назовите основные конструкции электрических контактов, опишите конструкцию и принцип работы коммутируемых (одноступенчатого и двухступенчатого) контактов.
9. Назовите основные конструкции электрических контактов, опишите конструкцию и принцип работы мостиковых и врубных контактов.
10. Назовите основные конструкции электрических контактов, опишите конструкцию и принцип работы розеточных и рычажных контактов.
11. Дайте определение переходному сопротивлению, охарактеризуйте влияющие на него температуры и усилия сжатия.
12. Дайте определение переходному сопротивлению, охарактеризуйте влияющие на него состояния контактной поверхности и свойств материала.
13. Дайте определение электрической дуге, опишите процессы протекающие в дуговом промежутке.
14. Охарактеризуйте условия горения и способы гашения электрической дуги постоянного тока в электрических аппаратах.
15. Охарактеризуйте условия горения и способы гашения электрической дуги переменного тока в электрических аппаратах.
16. Дайте понятие о степени защиты электрических аппаратов.
17. Дайте понятие о климатическом исполнении электрических аппаратов.
18. Опишите типы и основные параметры, область применения и классификацию

аппаратов ручного управления.

19. Дайте определение аппаратам ручного управления, опишите назначение, устройство и принцип работы рубильников.
20. Дайте определение аппаратам ручного управления, опишите назначение, устройство и принцип работы кнопок управления.
21. Дайте определение аппаратам ручного управления, опишите назначение, устройство и принцип работы пакетных выключателей.
22. Дайте определение аппаратам ручного управления, опишите назначение, устройство и принцип работы кулачковых контроллеров.
23. Опишите принцип работы электромагнитных систем, приведите характеристики электрического и магнитного поля.
24. Опишите принцип работы электромагнитных систем, расскажите о материалах применяемых для контактных систем.
25. Опишите принцип работы электромагнитных систем, охарактеризуйте магнитные цепи с постоянным магнитом.
26. Опишите принцип работы электромагнитных систем, охарактеризуйте особенности электромагнитных цепей переменного тока.
27. Опишите назначение, устройство и принцип работы электромагнитных пускателей.
28. Приведите и опишите основные схемы включения магнитных пускателей.
29. Опишите назначение, устройство и принцип работы поляризованного реле.
30. Опишите назначение, устройство и принцип работы герконового реле.
31. Опишите назначение, устройство и принцип работы электромагнитного реле.
32. Приведите общие сведения об аппаратах защиты: классификацию, конструктивные особенности, перечислите условия их выбора.
33. Опишите порядок расчета и принцип выбора теплового реле и электромагнитного пускателя.
34. Опишите назначение, устройство и принцип работы предохранителей.
35. Опишите условия выбора предохранителей и плавких вставок предохранителей для одного двигателя и группы двигателей.
36. Опишите назначение, устройство и принцип работы автоматических выключателей.
37. Опишите условия выбора автоматических выключателей, теплового и электромагнитного расцепителей для одного двигателя и группы двигателей.
38. Опишите назначение и принцип работы трансформаторов тока.

39. Опишите назначение и принцип работы трансформаторов напряжения.
40. Приведите общие сведения бесконтактных электрических аппаратов, опишите принцип действия бесконтактных реле.
41. Приведите общие сведения бесконтактных электрических аппаратов, опишите принцип действия тиристорных пускателей.
42. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели датчиков.
43. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели датчиков сопротивления.
44. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели емкостных датчиков.
45. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели индуктивных датчиков.
46. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели магнитоупругих датчиков.
47. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели фотоэлектрических датчиков.
48. Приведите общие характеристики, параметры классификацию и основные показатели индукционных датчиков.
49. Охарактеризуйте и опишите основные аппараты, комплектующие камеры КСО.
50. Охарактеризуйте и опишите комплектацию распределительных устройств.
51. Опишите назначение, конструктивные особенности и устройство высоковольтных выключателей.
52. Опишите назначение, конструктивные особенности и устройство разъединителей, отделителей и короткозамыкателей.
53. Опишите назначение, конструктивные особенности и устройство токоограничивающих реакторов.
54. Опишите назначение, конструктивные особенности и устройство разрядников и ограничителей перенапряжения.
55. Охарактеризуйте и опишите конструкцию и комплектацию открытых распределительных устройств 6-10кВ.
56. Охарактеризуйте и опишите конструкцию и комплектацию закрытых распределительных устройств 6-10кВ.
57. Охарактеризуйте виды и причины износа электрических аппаратов.
58. Охарактеризуйте и опишите особенности ремонта аппаратов ручного управления

59. Охарактеризуйте и опишите особенности ремонта магнитных пускателей.
60. Охарактеризуйте и опишите особенности ремонт электромагнитных и тепловых реле.
61. Охарактеризуйте и опишите особенности ремонта аппаратов защиты (предохранителей и автоматических выключателей).
62. Опишите условные обозначения электрических аппаратов на схемах и чертежах.

## Рекомендуемый перечень творческих работ учащихся

### Темы рефератов:

1. Рубильник. Устройство и принцип работы.
2. Кнопки управления. Устройство и принцип работы.
3. Пакетный выключатель. Устройство и принцип работы.
4. Кулачковый контроллер. Устройство и принцип работы.
5. Электрические аппараты дистанционного управления.
6. Бесконтактные полупроводниковые электрические аппараты управления.
7. Магнитный пускатель. Устройство и принцип работы.
8. Реверсивный магнитный пускатель. Устройство и принцип работы. Схемы включения.
9. Типы реле. Назначение и классификация.
10. Электромагнитное реле. Устройство и принцип работы.
11. Герконовое реле. Устройство и принцип работы.
12. Реле времени. Устройство и принцип работы.
13. Предохранитель. Устройство и принцип работы.
14. Автоматический воздушный выключатель. Устройство и принцип работы.
15. Трансформаторы тока. Устройство и принцип работы.
16. Трансформаторы напряжения. Устройство и принцип работы.
17. Датчики сопротивления.
18. Реостатные и потенциометрические датчики.
19. Угольные датчики.
20. Тензометрические датчики.
21. Электролитические датчики.
22. Термометрические датчики.
23. Фотоэлектрические датчики.
24. Емкостные датчики.
25. Индуктивные датчики.
26. Магнитоупругие датчики.
27. Пьезоэлектрические датчики.
28. Датчик Холла.
29. Основное оборудование, комплектующее камеры КСО.
30. Элегазовые выключатели. Особенности устройства и работы.
31. Отделители и короткозамыкатели. Совместная работа.
32. Разрядники и ограничители перенапряжения.

33. Реакторы. Конструкция основных типов реакторов.
34. Конструкция открытых распределительных устройств.
35. Конструкция закрытых распределительных устройств.
36. Основные причины износа, характерные неисправности и ремонт кнопок управления.
37. Основные причины износа, характерные неисправности и ремонт магнитных пускателей.
38. Основные причины износа, характерные неисправности и ремонт автоматических воздушных выключателей.

**Лекции-презентации:**

1. Предохранители.
2. Магнитные пускатели.
3. Виды реле.
4. Тепловое реле. Устройство, принцип действия, технические характеристики.
5. Электрические аппараты дистанционного управления. Контролеры.
6. Комплектные распределительные устройства 6-10 кВ.

## Рекомендуемая литература

### Основная

1. **Елкин, В.Д.** Электрические аппараты / В.Д. Елкин, Т.В.Елкина – Мн.: Дизайн ПРО, 2003
2. **Чунихин, А.А.** Электрические аппараты / А.А. Чунихин. – М.: Энергоиздат, 1988
3. **Казаков, А.В.** Электрические аппараты. Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.А. Казаков. – М.: ИП РадиоСофт, 2010
4. **Гурин, В.В.** Аппараты управления и защиты электрооборудования: учеб. пособие / В.В, Гурин, Н.А. Равинский. – Минск: ИВЦ Минфина. 2016

### Дополнительная

**Александров, К.К.** Электрические чертежи и схемы / К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина. М.,1990.

**Буль, О.Б.** Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: Магнитные цепи, поля и программа FEMM: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.Б. Буль. – М.: Издательский центр «Академия», 2005

**Келим, Ю.М.** Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики / Ю.М. Келим. М.,1990

**Липкин, Б.Ю.** Электроснабжение промышленных предприятий и установок /Б.Ю. Липкин, М.,1990.

**Родштейн, Л.А.** Электрические аппараты / Л.А. Родштейн. Ленинград,1989.

**Таев, И.С.** Электрические аппараты управления / И.С. Таев. М.,1984

**Усатенко, С.Т.** Выполнение электрических схем по ЕСКД / С.Т. Усатенко, Т.К. Коченюк, М.В. Терехова. М.,1989

## Перечень ТНПА

СТБ 6.38-2016 Унифицированные системы документации Республики Беларусь. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов;

СТБ 2255-2012 СПДС Основные требования к документации строительного проекта;

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы;

ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;

ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем;

ГОСТ 2.705-70 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками;

ГОСТ 2.709-89 ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах;

ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

ГОСТ 2.711-82 ЕСКД. Схема деления изделия на составные части;

ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ГОСТ 2.722-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические;

ГОСТ 2.723-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители;

ГОСТ 2.726-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Токосъёмники;

ГОСТ 2.727-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители;

ГОСТ 2.728-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы;

ГОСТ 2.729-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные;

ГОСТ 2.732-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света;

ГОСТ 2.745-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические;

ГОСТ 2.746-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах.

Генераторы и усилители квантовые;

ГОСТ 2.747-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений;

ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения;

ГОСТ 2.756-76 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств;

ГОСТ 2.767-89 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты;

ГОСТ 2.768-89 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые;

ГОСТ 2.730-73 ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые;

ГОСТ 29322-2014 Напряжения стандартные;

ГОСТ 21128-83 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В;

ГОСТ 21.210-2014 СПДС. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах;

ГОСТ 21.501-2011 СПДС. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений;

ГОСТ 21.608-2014 СПДС. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения;

ГОСТ 21.613-2014 СПДС. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования;

СТБ 2096-2010 Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии. Общие технические требования;

ГОСТ 31819.21-2012 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 21. Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2;

ГОСТ 31819.22-2012 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S;

ГОСТ 31819.23-2012 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 23. Статические счетчики реактивной энергии;

ТКП 339-2011 (02230) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки

электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний;

ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

ТКП 427-2012 (02230) Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок

ТКП 121-2008 (02250) Пожарная безопасность. Электропроводка и аппараты защиты внутри зданий. Правила устройства и монтажа

ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.04-326-2018 (33020) Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Строительные нормы проектирования

Инструкция по делопроизводству в государственных органах и организациях Республики Беларусь, утвержденной Постановлением Министерства юстиции Республики Беларусь 19 января 2009 г. № 4.