

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра электроэнергетики и электротехники**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

Е.И.Луковникова

« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

**Б1.В.ДВ.05.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**13.03.02 Энергоэнергетика и электротехника**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Электроснабжение**

Программа академического бакалавриата

Квалификация выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	12
4.4 Практические занятия.....	12
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	12
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>13</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>14</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>14</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>14</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>15</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ .....	15
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>45</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>45</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>46</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>50</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>51</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>52</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- дать теоретическую и практическую основу знаний по конструкционным особенностям элементов электроэнергетического комплекса.

## Задачи дисциплины

- формирование ясного представления о конструкциях электрических аппаратов, выполненных с учетом механических и электродинамических усилий, возникающих в конструкциях аппаратов при нормальных (эксплуатационных) и экспериментальных ситуациях.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-5	готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	<b>знать:</b> – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний; – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения; <b>уметь:</b> – оценивать возможности аппаратов выполнять свои прямые функции в зависимости от места установки в электрической сети; <b>владеть:</b> – методами расчета режимов работы электрических и электронных аппаратов в нормальных и аварийных режимах.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 Электрические и электронные аппараты относится к элективной части.

Дисциплина электрические и электронные аппараты базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: физика, теоретическая механика, прикладная механика, приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, электрические и электронные аппараты представляет основу для изучения дисциплин: теоретические основы электротехники, электрические станции и подстанций, электрические системы и сети, электроснабжение, преддипломная практика, ВКР.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заочная	3	-	180	18	4	6	8	153	-	экзамен

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			4
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	18	-	18
Лекции (Лк)	4	-	4
Лабораторные работы (ЛР)	6	-	6
Практические занятия (ПЗ)	8	-	8
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	153	-	153
Подготовка к лабораторным работам	40	-	40
Подготовка к практическим занятиям	44	-	44
Подготовка к экзамену в течение семестра	69	-	69
<b>III. Промежуточная аттестация</b> экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины ..... час.	180	-	180
..... зач. ед.	5	-	5

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоём- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоя тельная работа обучаю- щихся
			лекции	лабора торные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Контактные системы электрических аппаратов</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>51</b>
1.1.	Общие сведения. Классификация контактных узлов. Зависимость переходного сопротивления контактов от температуры и материала. Конструктивные особенности контактов.	29,5	0,5	1	1	25
1.2.	Твёрдометаллические размыкающиеся контакты высоковольтных электрических аппаратов. Контактные соединения. Проектирование контактных систем коммутационных аппаратов.	30,5	0,5	1	1	26
<b>2.</b>	<b>Аппараты распределительных устройств до 1 кВ</b>	<b>60,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>51</b>
2.1.	Электрические контакты. Понятие коммутации электрических цепей	13	0,25	0,25	0,5	10
2.2.	Электрическая дуга постоянного и переменного тока. Источники теплоты, нагрев и охлаждение аппаратов	15	0,25	0,25	0,5	11
2.3.	Рубильники и переключатели. Пакетные выключатели и переключатели	11,25	0,25	0,5	0,5	10
2.4.	Предохранители	11	0,25	0,5	0,25	10
2.5.	Контакты. Магнитные пускатели.	11,25	0,5	0,5	0,25	10
<b>3.</b>	<b>Электронные аппараты</b>	<b>50,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>51</b>
3.1.	Основные элементы и функциональные узлы систем управления электронных аппаратов. Бесконтактная коммутация. Полупроводниковые элементы и их основные характеристики в ключевых режимах работы	23	0,5	0,5	1	20
3.2.	Пассивные компоненты электронных устройств. Охлаждение силовых элементов электронных аппаратов.	19	0,5	0,5	1	16
3.3.	Системные управления электронных коммуникационных аппаратов. Выбор электронных аппаратов и проектирование. Перспективы развития электронных аппаратов	18,5	0,5	1	2	15
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>153</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### ***Раздел 1. Контактные системы электрических аппаратов***

#### ***1.1. Общие сведения классификация контактных узлов. Зависимость переходного сопротивления контактов от температуры и материала. Конструктивные особенности контактов.***

Соединение между собой двух или нескольких проводников для перехода тока из одного проводника в другой или другие выполняется либо в виде контактного соединения, либо в виде контакта. Контактные соединения – ответственный элемент электрического аппарата.

Требования к контактным соединениям:

- малое переходное сопротивление;
- низкая температура нагрева;
- минимальное эрозионное и механическое разрушение;
- отсутствие вибраций.

Понятие контактной поверхности. Соприкосновение контактных поверхностей.

Зависимость контактного сопротивления от нажатия на контакт. Зависимость переходного сопротивления от материала контактирующих поверхностей. От вида контакта: линейного, точечного, поверхностного.

#### ***1.2 Твёрдометаллические размыкающиеся контакты высоковольтных электрических аппаратов. Контактные соединения. Проектирование контактных систем коммутационных аппаратов***

Лекция проводится с учетом проблемы разработки контактных соединений высоковольтных аппаратов устойчивых к воздействию термического воздействия, механических сил, эрозии контактов и при этом должна обеспечиваться высокая проводимость.

Конструктивные особенности контактных групп электрических аппаратов высокого и низкого напряжения:

- точечные контакты;
- линейные;
- поверхностные;
- герметические контакты (герконы, герсиконы, геркотроны);
- жидкометаллические контакты.

Проектирование контактных систем. Проблемы проектирования.

### ***Раздел 2. Аппараты распределительных устройств до 1 кВ***

#### ***2.1. Электрические контакты. Понятие коммутации электрических цепей***

Электрические контакты коммутационных аппаратов можно разделить на следующие большие группы: щеточные контакты, пальцевые контакты, торцевые контакты, розеточные контакты, пружинящие контакты, скользящие контакты, роликовые контакты.

Контактные соединения: плоских проводников, соединения круглых проводников, соединения плоских проводников с круглыми.

Коммутацией электрической цепи называется замыкание (размыкание) электрической цепи с током.

Особенности размыкания (замыкания) электрической цепи переменного и постоянного тока.

#### ***2.2. Электрическая дуга постоянного и переменного тока. Источники теплоты, нагрев и охлаждение аппаратов***

Лекция проводится в виде дискуссионного обсуждения с аудиторией студентов.

Вольтамперная характеристика дуги постоянного тока с коммутацией дугового промежутка после точки устойчивого горения, между точками устойчивого горения и неустойчивого горения и в рабочей зоне.

Вольтамперная характеристика дуги переменного тока с коммутацией в точке перехода тока через нулевое значение и в середине рабочего полупериода.

Электрическая дуга как источник тепла в конструкции электрического аппарата. Термическая ионизация дугового промежутка- основной источник теплоты.

Радиаторы как эффективное средство отвода тепла от коммутационных аппаратов.

### **2.3 Рубильники и переключатели. Пакетные выключатели и переключатели**

Рубильники – основное коммутационное оборудование обеспечивающее видимый разрыв между отключаемой частью электроустановки низкого напряжения и источником напряжения до 1000В, обеспечивающее безопасные условия труда обслуживающего персонала.

Рубильники бывают одного-, двух- и трехполюсного исполнения с центральным ручным приводом (тип РИП), с центральным рычажным приводом (тип РПЦ и ППЦ), с бытовым рычажным приводом (тип РПБ и ППБ) и с боковой рукояткой для монтажа в ящиках (тип РБ и ПБ).

Пакетные выключатели и переключатели используются для пуска двигателей, реверса и переключения схем соединения обмоток двигателей со звезды на треугольник.

### **2.4. Предохранители**

Лекция проводится в виде дискуссионного обсуждения с аудиторией студентов.

Предохранители – электрические аппараты, обеспечивающие с помощью металлических плавких вставок защиту установок от токов короткого замыкания или недопустимых перегрузок. Они делятся на предохранители высокого напряжения 3,6,10,35 и 110 кВ и предохранители в цепях до 1000 В.

Они должны иметь время расплавления плавкой вставки:

- а) более 1 часа при токе 130% от номинального тока плавкой вставки;
- б) менее 1 часа при токе 200% от номинального тока плавкой вставки.

Плавкие вставки для защиты трансформаторов должны плавиться в течении 1 мин. при значении тока от 1,25 до 2,5  $I_{ном}$ .

Предохранители должны отключаться при номинальном и наибольшем рабочем напряжении в пределах от 130%  $I_{ном}$  плавкой вставки до тока предельной мощности предохранителя независимо от момента начала короткого замыкания.

Автоматические выключатели в цепях до 1 кВ предназначены для коммутации цепей при аварийных режимах, а также нечастых (от 6 до 30 раз в сутки) оперативных включений и отключений. Предназначены для работы в цепях переменного тока до 1 кВ и постоянного тока до 400 кВ.

Три группы:

- первая группа – время срабатывания 0.02-0.1 с.;
- вторая группа – время срабатывания  $\approx 0.005$ с.;
- третья группа – автоматы гашения поля синхронных генераторов.

В первой группе бывают автоматы универсальные и установочные. Принципиальные схемы конструкций универсальных и установочных автоматов приблизительно одинаковы.

Приводы автоматов. Механизмы свободного расцепления. Перечень видов расцепления.

Контактная система выключателей – рабочие контакты и дугогасительные. Установочные автоматы АЗ100. Автоматы АЗ120. Автоматы АП50, АВМ, вакуумные автоматы.

### **2.5. Контактторы. Магнитные пускатели**

Контактторы – коммутационный аппарат, предназначенный для частых включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы. Контактторы применяются в цепи с напряжением до 500 В переменного тока и 600 В постоянного тока.

По роду приводов делятся на: электромагнитные, гидравлические, пневматические. Электромагнитные наиболее применимы в электрических схемах управления.

Контактторы линейные и ускорения. Требования к контакторам:

- высокая отключающая способность;
- длительная работа при частых коммутациях;
- высокая механическая износоустойчивость;
- высокая надежность;
- простота изготовления и ремонта;
- малые габариты и вес.

Контактторы переменного и постоянного тока. Электромагнитные системы контакторов – прямоходные и клапанного типа. Контактная система контакторов. Система дугогашения. Контактторы типов КТ, (КТЭ, КТВ), КИ, КМИ, КТИ. Вакуумные контакторы КВ.

Магнитные пускатели состоят из одного или двух контакторов с блокировочными контактами и тепловым реле. Контактторы предназначены для коммутации цепи питания асинхронных короткозамкнутых двигателей.

Магнитные пускатели снабжаются кнопочными пультами управления. Серия магнитных пускателей ПМЕ, ПМА и ПА на переменном токе с прямоходовой подвижной системой, рабочее напряжение – переменное 36÷500В.

Для прямого и реверсивного управления асинхронными двигателями мощностью от 75 до 400 кВт используются контакторы КТИ с номинальными токами 115- 630 А.

Серия контакторов ПА с управлением на переменном токе применяется в станкостроении. Серия ПВИ взрывобезопасные используются в угольных и сланцевых шахтах. Серия МКР применяется для управления двигателями с короткозамкнутым ротором мощностью до 1 кВт при напряжении 220 и 380 В. Используется в нереверсивном и реверсивном исполнении.

### ***Раздел 3. Электронные аппараты***

#### ***3.1 Основные элементы и функциональные узлы систем управления электронных аппаратов. Бесконтактная коммутация. Полупроводниковые элементы и их основные характеристики в ключевых режимах работы***

Под управлением электроприводами необходимо понимать осуществление пуска, торможения, реверсирование, а также принудительное изменение частоты вращения двигателей или поддержание частоты на заданном уровне.

Управление может осуществляться с помощью контактных или бесконтактных систем и аппаратов. Аппараты управления и связывающие их электрические цепи образуют электросхемы управления.

В схемах управления различают:

- 1). Главные электрические цепи, по которым электроэнергия подается от питающей сети к обмоткам электродвигателя или другого исполнительного элемента;
- 2). Цепи управления, при помощи которых осуществляется электросвязь между аппаратами управления и обеспечивается заданный алгоритм их работы.

В зависимости от способа приведения в действие коммутационных и регулирующих аппаратов различают ручное, дистанционное и автоматическое управление.

При автоматическом управлении положение аппаратов в цепях, определенная последовательность и темы их работы обеспечиваются цепями управления, но без участия человека (за исключением начальной команды). Элементы схемы управления могут быть контактными или бесконтактными с помощью электронных приборов.

Электронными приборами является прибор, в котором электрическая проводимость осуществляется посредством электронов или ионов, движущихся в вакууме, газе или полупроводнике. Один из основных свойств электронных приборов является нелинейность их вольтамперных характеристик. Другим свойством является зависимость протекающих в них процессов от внешнего воздействия: тепла, света, сил сжатия или растяжения, электромагнитного поля и т.д. Прекращение тока в цепи управления или его появления при внешних воздействиях носит название бесконтактной коммутации. Полупроводниковые элементы в цепях управления:

- полупроводниковые резисторы;
- полупроводниковые диоды;
- биполярные транзисторы;
- полевые транзисторы;
- тиристоры;
- семисторы.

Характеристики перечисленных элементов.



### **3.2. Пассивные компоненты электронных устройств. Охлаждение силовых элементов электронных аппаратов.**

С развитием электроэнергетики на электрических станциях и подстанциях все больше и больше внедряются полупроводниковые элементы в силовых схемах (полупроводниковые выключатели и контакторы, выпрямители и инверторы) и в цепях управления (выпрямители, электронные ключи).

Появился целый ряд устройств регулирования с использованием полупроводников, разработаны целые комплексы релейной защиты для трансформаторов, автотрансформаторов, линий электропередач, синхронных и асинхронных электродвигателей. Все эти устройства в той или иной используют полупроводниковые структуры (диоды, тиристоры, семисторы, транзисторы). Наибольший интерес представляют тиристоры, семисторы, диоды. В этих приборах можно выделить силовую часть в виде  $p-n$  или  $n-p$  переходов и систему охлаждения как пассивный элемент полупроводникового прибора.

Потери мощности в неуправляемом венти́ле (диод), полууправляемом (тиристор) и управляемом (семистор) можно разделить на три вида:

- потери от прямого тока вентиля;
- потери от обратного тока;
- потери коммутационные.

Среднее значение мощности  $P_{пр}$  от прямого тока в венти́ле

$$P_{пр} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{пр} i_{пр} dt$$

Потери от обратного тока

$$P_{обр} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{обр} i_{обр} dt$$

Потери коммутационные  $P_k$  и  $P_{обр}$  составляют от 0,05 до 0,1 % от прямых потерь. Таким образом, потери в венти́ле, а следовательно и выделяемое тепло, полностью зависят от величины тока протекающего в венти́ле.

Для этого используются радиаторы воздушные различных форм и водяные с охлаждением дистиллированной водой.

### **3.3 Системные управления электронных коммуникационных аппаратов. Выбор электронных аппаратов и проектирование. Перспективы развития электронных аппаратов**

Системы управления (СУ) электронных коммутационных аппаратов. Кремниевые управляемые венти́ли- семисторы и биполярные группы тиристоров, включаются при подаче на управляющие электроды электрического сигнала положительной полярности. Параметры управляющего сигнала определяются по входным характеристикам полупроводникового прибора. Изменением фазы фронта управляющего сигнала относительно переменного напряжения питающей сети можно осуществлять регулирование входных параметров выпрямителей или регуляторов напряжения.

Системы управления выполняют следующие основные задачи:

1. Создавать синхронизированную с напряжением питающей сети многофазную систему сигналов управления, которые способны включить любой тиристор, используемый в выпрямителе, выключателе или регуляторе;
2. Осуществлять сдвиг фазы управляющих сигналов относительно напряжения питающей сети.

Кроме того СУ должна дополнительно обеспечить:

1. Управление возможных случайных сигналов-помех, способных открыть тиристор или семистор;
2. В ряде случаев осуществлять без инерционного прохождения сигналов по всему тракту;
3. Устойчивую работу выпрямителя или выключателя во всех заданных режимах (при сбросе, набросе нагрузки, при колебаниях напряжения и частоты питающей сети и т.д.);
4. Защиту в аварийных режимах.

Система управления создает управляющие импульсы, которые подаются на управляющий электрод. Мощность и длительность импульса выбираются достаточным для надежного отпирания любого стандартного тиристора в схеме. Четкость достигается высокой крутизной переднего фронта

импульса. Изменение фазы управляющего импульса происходит по сигналу регулятора или программного устройства.

Системы управления, использующие импульсно-фазовый способ управления, обладают большим диапазоном регулирования быстродействием, точностью, гибкостью, надежностью. Автоматический регулятор с совокупности с СУ и самим выпрямителем обычно составляет замкнутую систему авторегулирования.

В аварийных режимах для ограничения ТКЗ может быть использован блок токовой отсечки, меняющий фазу управляющих импульсов, чтобы ограничить токи КЗ. Выбор электронных аппаратов производится с учетом схемы, в которой используются полупроводниковые приборы- диоды, тиристоры, семисторы. Зная схему соединения приборов, рабочие токи и напряжения, можно определить число последовательно и параллельно соединенных полупроводниковых приборов в рабочей группе.

При последовательном соединении приборы с меньшим обратным током или током утечки берут на себя большую долю напряжения. При этом наибольший резонанс напряжений получается в том случае, если один прибор имеет наименьший ток утечки, а остальные – наибольший. С целью выравнивания напряжений параллельно каждому из них включаются шунтирующие сопротивления  $R_{ш}$ .

$$R_{ш} \leq \frac{nU - U_m}{(n-1)I_{ут. max}} \text{ Ом}$$

где  $n$  - число последовательно включенных приборов;  $U$  - наибольшее допустимое напряжение для данного класса, В;  $U_m$  - наибольшее напряжение ветви с приборами, В;  $I_{ут. max}$  - наибольший амплитудный ток утечки, А.

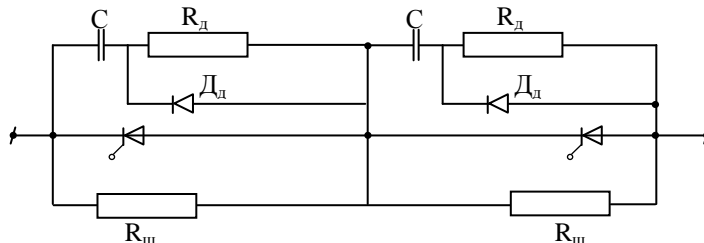
Мощность резистора  $R_{ш}$  рассчитывается по действующему напряжению  $U_{дей.}$  на этом резисторе.

$$R_{ш} = \frac{U_{дей.}^2}{P_{ш}}$$

Для выравнивания напряжений на последовательно выключенных управляемых приборах в переходных режимах параллельно этим приборам включаются конденсаторы емкость  $C$ , МКФ.

$$C \geq \frac{(n-1)\Delta Q_{max}}{nU - U_m} 10^{-6}$$

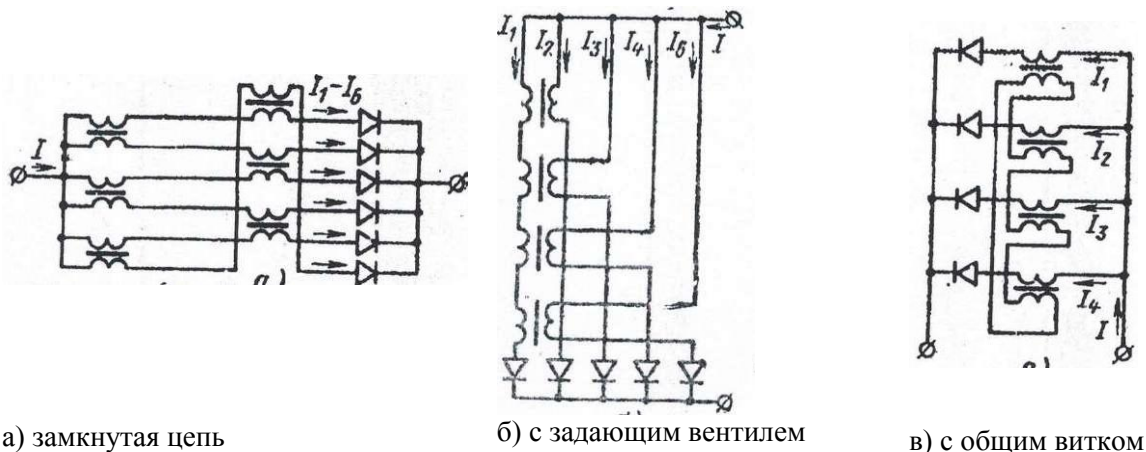
где  $\Delta Q_{max}$  – разность классов полупроводниковых приборов. Последовательно с конденсатором включается  $R_{доб}$  в несколько десятков Ом. Обычно принимают  $C = 0,2 - 0,3$  МКФ. Для ограничения скорости нарастания напряжения на тиристоре или семисторе, параллельно  $R_{доб.}$ , включаются диоды. Схема цепочек для выравнивания напряжения на последовательно включенных тиристорах будет выглядеть так



Число тиристоров в последовательной цепочке определяется исходя из расчетного напряжения источника и рекомендуемого рабочего напряжения  $U_p$ . Рабочее напряжение  $U_p < U_n$  номинальное напряжение соответствующее классу диода, тиристора или семистора, например, для класса 7  $U_p$  диода равно 470 В, для тиристора 560 В, а для семистора равно 615 В.

Наиболее распространенным способом выравнивания токов между параллельными цепочками полупроводниковых приборов является применение индуктивных делителей тока. Делители тока могут включаться по следующим схемам: замкнутая цепь, схема с задающим вентилем и схема с общим витком.

Схемы включения индуктивных делителей тока.



а) замкнутая цепь

б) с задающим вентилем

в) с общим витком

Рис. Способы включения индуктивных делителей тока

Перспективы использования электронных аппаратов в настоящее время весьма широкие. Раньше полупроводниковые приборы находили применение в космической технике, в авиации и подводном и надводном флотах. В настоящее время силовые полупроводниковые вентили находят широкое применение на железнодорожном транспорте, предприятиях цветной и черной металлургии, предприятиях с мощными электроприводами.

Первопричина – повышенный спрос и снижение стоимости полупроводниковых приборов.

#### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Определение зависимости переходного сопротивления контактов от силы сжатия	0,6	-
2	2.	Изучение конструкций предохранителей	0,6	-
3		Построение времятоковой характеристики предохранителя	0,6	-
4		Построение защитной характеристики автоматического выключателя	0,7	-
5		Снятие времятоковой характеристики автоматического воздушного выключателя	0,7	-
6		Построение времятоковой характеристики электротеплового реле	0,7	-
7		Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора	0,7	-
8		Работа магнитного пускателя в нереверсивной схеме управления асинхронным двигателем	0,7	-
9		Работа магнитного пускателя в реверсивной схеме управления асинхронным двигателем	0,7	-
<b>ИТОГО</b>			<b>6</b>	<b>-</b>

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Контактные системы электрических аппаратов	1,3	-
2	2.	Конструкции рубильников, пакетных	1,3	-

		выключателей и переключателей		
3		Устройство трубчатых и насыпных предохранителей	1,3	-
4		Монтаж автоматического воздушного выключателя, подключение аппарата к сети и проверка его работы	1,3	-
5		Изучение конструкции контакторов, их наладка и монтаж	1,4	-
6		Изучение конструкции нереверсивных и реверсивных магнитных пускателей в схемах управления	1,4	-
<b>ИТОГО</b>			<b>8</b>	<b>-</b>

#### **4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат**

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	$\Sigma$ <i>комп.</i>	$t_{ср}$ , час	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК</i>				
		<i>5</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>1.</b> Контактные системы электрических аппаратов	56	+	1	56	Лк, ПЗ, ЛР, СР	экзамен
<b>2.</b> Аппараты распределительных устройств до 1 кВ	56,5	+	1	56,5	Лк, ПЗ, ЛР, СР	экзамен
<b>3.</b> Электронные аппараты	48,5	+	1	48,5	Лк, ПЗ, ЛР, СР	экзамен
<i>всего часов</i>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>1</b>	<b>144</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: учебник для вузов О.П. Михайлов .- Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
2. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций: учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип. – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
3. Емцев А.Н. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций: учебное пособие/ А.Н., Емцев, В.А. Фадеев. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций: учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.	Лк ЛР ПЗ СР	10	0,6
2.	Емцев А.Н. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций: учебное пособие/ А.Н., Емцев, В.А. Фадеев. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.	Лк ЛР ПЗ СР	49	1
3.	Шумаков Н.М. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: учебное пособие/ Н.М., Шумаков, А.Н. Емцев .- Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.	Лк ЛР ПЗ СР	84	1
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: учебник для вузов /О.П. Михайлов .- Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.	ЛР ПЗ СР	20	1
5.	Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.	ЛР ПЗ СР	5	0,3
6.	Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.	ЛР ПЗ СР	7	0,4
7.	Электротехнический справочник. В 4 т. Т2. Электротехнические изделия и устройства/ Под ред. В.Г.Герасимова – Москва: МЭИ, 2003. – 518 с.	СР	6	0,3

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение данной дисциплины предполагает, помимо посещения лекционных, лабораторных и практических занятий, активную самостоятельную работу.

Самостоятельная работа обучающихся включает: проработку лекционного материала по конспектам, учебной и технической литературе; подготовку к лабораторным и практическим занятиям.

Литература, имеющаяся в библиотеке, позволяет качественно подготовиться к занятиям. При работе в библиотеке важно комплексно подходить к рассмотрению вопросов, изучая все материалы, рекомендованные преподавателем.

Интерактив проводится в виде тренинга по лабораторным работам №5, №6, №7 и практическим занятиям №1 и №2.

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ

#### Лабораторная работа №1

Тема: Определение зависимости переходного сопротивления от силы сжатия

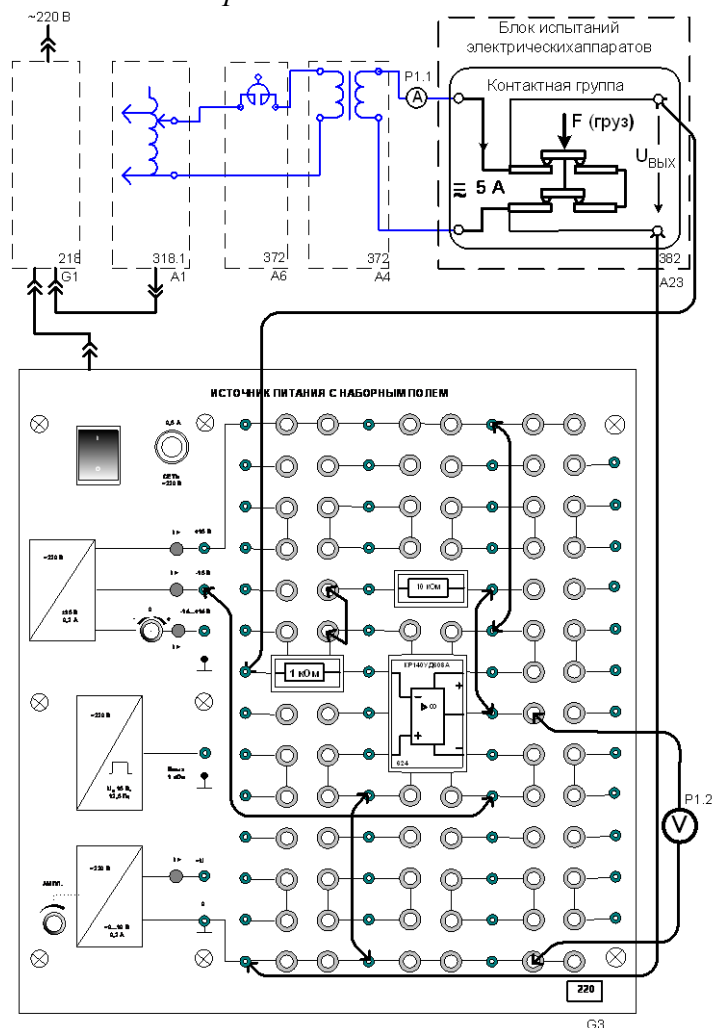
Цель работы: ознакомиться с набором стандартных элементов учебного комплекта Э.А2-С-Р, необходимых для выполнения лабораторной работы; экспериментально получить зависимость  $R_k = f(P)$ .

Задание: 1. Описание стенда. 2. Характеристика принципиальной электрической схемы стенда. 3. Составление соединений электрической схемы для проведения эксперимента. 4. Получение зависимости переходного сопротивления  $R_k$  в функции нагрузки на контакты.

Принципиальная электрическая схема



## Электрическая схема соединений



## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220В/16А
G3	Источник питания с наборным полем	220	±15В, -14...+14В, ~0...9В, 15В
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~0...240 В/2А
A6	Сдвоенный реактор	373	~220В/2*5 А/0,005 Гн
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА/220/24В
A23	Блок испытаний электрических аппаратов	382	Контактная группа 380В, 10 А
P1	Блок мультиметров	508.3	3 мультиметра ≈ 0...1000В/ ≈ 0...10А/0...20Мом
-	Набор миниблоков	600.1	20 миниблоков

### Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора A1.
3. На блоке испытаний электрических аппаратов ослабить регулировочный винт положения якоря электромагнита, чтобы он не препятствовал перемещению рычага нагрузочного устройства, и снимите с рычага набор грузиков.
4. Установить необходимые миниблоки в наборное поле источника питания в соответствии со схемой соединений и соедините аппаратуру в соответствии с этой схемой.
5. Повернуть регулировочную рукоятку автотрансформатора A1 в крайнее против часовой стрелки положение.



6. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания  $G1$ .
7. Включить выключатели «сеть» источника питания с наборным полем, блока мультиметров  $P1$  и автотрансформатора  $A1$ .
8. Активизировать используемые мультиметры  $P1.1$  и  $P1.2$ .
9. Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  по часовой стрелке, установить ток в контактной группе примерно  $5\text{ А}$ .
10. Слегка нажимая пальцем на рычаг нагрузочного устройства, убедиться по милливольтметру, что уменьшается падение напряжения на контактной группе (т.е. сопротивление уменьшается).
11. Приподнять пальцем рычаг и записать в нижеследующую таблицу значения тока в контактной группе и напряжения на выходе усилителя в исходном состоянии (без грузов). В этом состоянии контакты сжимаются пружинами контактной группы с усилием  $F_0$ , примерно равным  $100\text{ г}$ .
12. Повесить на рычаг нагрузочного устройства сначала минимальный груз и, увеличивая его, записывать в таблицу вес груза  $P$  и значения напряжений на выходе усилителя. Поддерживать ток в контактах примерно равным  $5\text{ А}$ .
13. Повторить опыт при уменьшении груза. Для большей стабильности результатов каждый час, после снятия очередного груза, слегка приподнимать рычаг рукой и снова его опускать.
14. Вычислить среднее значение напряжения при увеличении и уменьшении груза.
15. Рассчитать сопротивление контакта  $R$  и силу сжатия  $F$ , приходящуюся на один контакт, по следующим формулам:

$$R = \frac{U_{\text{ср}}}{4 \cdot 10I},$$

где число  $10$  – коэффициент усилия напряжения; число  $4$  – количество контактов, соединённых последовательно;

$$F = \frac{2P}{4} + F_0,$$

где коэффициент  $2$  учитывает соотношение плеч рычага нагрузочного устройства; число  $4$  – количество контактов, между которыми распределяется усилие сжатия.

Результаты эксперимента занести в таблицу следующего вида:

$I = \dots \text{А}$	Вес груза $P$ , г	0	200	400	600	800	1000
$U$ , мВ (при увеличении $P$ )							
$U$ , мВ (при уменьшении $P$ ), мВ							
$R$ , мОм							
$F$ , г		100					

Построить график изменения сопротивления контакта от силы сжатия  $R(F)$ .

#### Форма отчетности:

отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. изучить конструкции и принципиальные особенности контактной системы, автоматов, контакторов и монтажных пускателей.
2. получить представление о контактах различных типов в коммутационных аппаратах.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной лабораторной работе необходимо изучить первый раздел лекционного материала и проработать по учебному пособию [2] стр 5-44.

### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каким требованиям должны удовлетворять контактные системы коммутационных аппаратов?
2. От чего зависит величина переходного сопротивления контактов?
3. В чем отличие контакта от контактного соединения?
4. Как зависит переходное сопротивление контактов от температуры?
5. Что такое электрохимический ряд металлов и как он учитывается при формировании контактных соединений?
6. Дать понятие главных и дугогасительных контактов выключателей.

### **Лабораторная работа №2**

Тема: изучение конструкций предохранителей

Цель работы: изучить конструкции предохранителей, используемых в электрических схемах с напряжением до 1 кВ. Определить область применения представленных в лаборатории предохранителей.

Задание: ознакомиться с техническими данными предохранителей, представленных в лаборатории. Построить времятоковую характеристику предохранителя.

Порядок выполнения:

1. Изучить электрическую схему для построения времятоковой характеристики предохранителя согласно рис. 2.1.

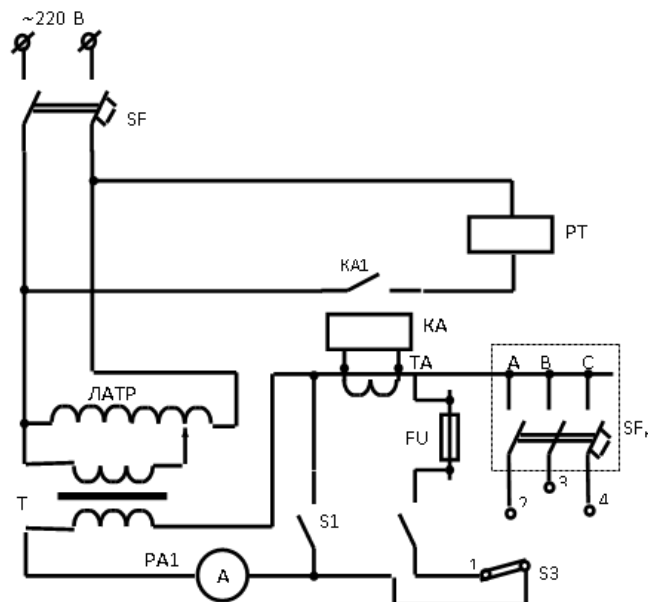


Рис. 2.1. Электрическая схема испытательного стенда

2. Переключатель  $S_3 \rightarrow I$  повернуть в положение  $I$ .
3. Установить плавкую вставку из медной проволоки в зажимы патрона.
4. Вывести ручку ЛАТР в крайнее левое положение, включить стенд (Вкл. сети) и переключатель  $S_1$ .
5. Установить с помощью автотрансформатора ЛАТР начальное значение тока, ориентируясь на данные табл. 2.1 с учетом диаметра и материала плавкой вставки. Отключить рубильник  $S_1$  и включить  $S_2$ . При этом включится электросекундомер. Реальные показания приборов внести в таблицу. Если в течение 1,5...2,0 мин плавкая вставка не перегорит, опыт прекратить отключением рубильника  $S_2$ .
6. Установить новую плавкую вставку и следующее значение тока в 15 А и повторить все операции. Показания амперметра и электросекундомера внести в таблицу.
7. Выполнить опыты для следующих токов до получения не менее 3–4 значений времятоковой характеристики предохранителя из медной проволоки заданного диаметра.
8. Построить времятоковую характеристику предохранителя.
9. Рассчитать время плавления проволочной вставки по эмпирической формуле

$$t_{\text{пл}} = \frac{q^2}{I^2} 10^5,$$

где  $q$  – сечение плавкой вставки,  $\text{мм}^2$ ;  $I$  – ток, проходящий через вставку, А.

Значения токов следует принимать по таблице. Полученные значения  $t_{\text{пл}}$  запишите в графу «Расчетное  $t_n$ ».

10. Сформулировать выводы по выполненной работе.

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. изучить конструкции низковольтных предохранителей.
2. познакомиться с материалами плавких вставок предохранителей.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать учебное пособие [2] стр .59-72.

### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ; уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каково назначение предохранителей?
2. На какие три группы делятся предохранители по способу гашения дуги?
3. В чем основное отличие высоковольтного предохранителя от низковольтного?
4. Из каких составляющих складывается время плавления вставки предохранителя, время отключения короткого замыкания?
5. Каково назначение сужений плавких вставок?
6. Какова цель использования металлургического эффекта при разработке конструкции плавкой вставки?
7. Какие материалы используют для плавких вставок?
8. Назовите несколько типов предохранителей до и выше 1кВ.
9. Чем отличается перегорание плавкой вставки предохранителей ПР от токов КЗ и перегрузки?

### **Лабораторная работа №3**

Тема: построение времятоковой характеристики предохранителя

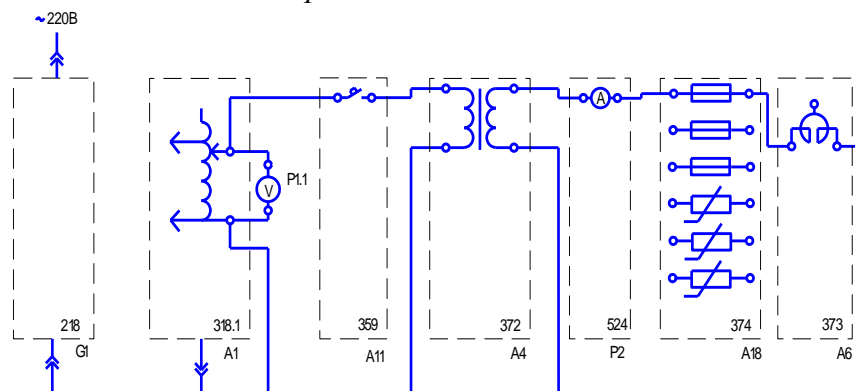
Цель работы: изучить конструкции предохранителей, используемых в электрических схемах с напряжением до 1 кВ; ознакомиться с высоковольтными предохранителями ПК, ПКТ и ПСН, используемыми в сетях 6,10 и 35 кВ.

Задание: построить времятоковую характеристику предохранителя с плавкой вставкой сечения  $d$  ( $\text{мм}^2$ ) с использованием элементов стенда ЭА-С-Р, ЭЛ2-С-Р.

#### *Перечень аппаратуры*

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220/16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~0.. 240 В / 2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A6	Сдвоенный реактор	373	~220 В/ 2×5 А / 0,005 Гн
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
A18	Блок предохранителей и ограничителей перенапряжений	374	3 предохранителя 1 А (длина 15, 20, 30 мм) / 3 варистора (Кл. напряжение 180, 220, 220 В; диаметр 7, 7, 14 мм)
P1	Блок мультиметров	508.3	3 мультиметра $\approx 0..1000$ В / $\approx 0..10$ А / 0...20 МОм
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А / 0,01...999 с

## Электрическая схема соединений



### Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора  $A1$ .
3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
4. Отключить выключатель  $A11$ .
5. Повернуть регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  в крайнее против часовой стрелки положение.
6. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания  $G1$ .
7. Включить выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$ , блока мультиметров  $P1$ , измерителя тока и времени  $P2$ .
8. Активизировать используемый мультиметр  $P1.1$ .
9. Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$ , установить по вольтметру  $P1.1$  напряжение на выходе автотрансформатора  $A1$ , равное, например, 200 В.
10. Включить выключатель  $A11$ .
11. После перегорания предохранителя в блоке  $A18$  снять показания тока  $I$  и времени  $t$ , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени  $P2$ , и занести их в табл. следующего вида:

$I, A$					
$t, c$					

12. Отключить выключатель  $A11$ .
13. Заменить перегоревший предохранитель в блоке  $A18$ .
14. Уменьшить напряжение на выходе трансформатора  $A1$ , например на 40 В.
15. Повторить операции, начиная с включения выключателя  $A11$  и заканчивая заменой предохранителя.
16. Операции повторять до тех пор, пока после включения выключателя  $A11$  испытуемый предохранитель не перестанет перегорать.
17. Отключить автоматический выключатель в однофазном источнике питания  $G1$ .
18. Отключить выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$ , блока мультиметров  $P1$ , измерителя тока и времени  $P2$ .
19. Используя данные табл., построить искомую времятоковую характеристику  $t = f(I)$  предохранителя.
20. Сформулировать выводы по работе.

**Форма отчетности:** отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

### Задания для самостоятельной работы:

1. ознакомиться с конструкциями высоковольтных предохранителей.
2. изучить упрощенные схемы защит трансформаторов на подстанциях 6, 10, 35 кВ.

## Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать по учебному пособию [2] стр. 149-153.

### Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

### Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как устроены предохранители ПКТ и ПКН?
- 2.Какова цель использования металлургического эффекта в предохранителях в конструкции плавкой вставки?
3. Как устроен предохранитель ПСН?
4. Какова предельная мощность трансформатора защищаемого предохранителем ПСН?
5. В чем отличие тока предохранителя от тока плавкой вставки?

## Лабораторная работа №4

Тема: построение защитной характеристики автоматического выключателя

Цель работы: изучить конструкции представленных в лаборатории установочных автоматов (АП-50, АЗ120), а также конструкцию и кинематическую схему универсального автомата АВМ-10Н. Определить область использования представленных автоматов.

Задание: 1. Ознакомиться с конструкциями автоматов и их узлами регулирования характеристик. 2. Построить защитные времятоковые характеристики по трем фазам автомата. 3. Построить общую защитную характеристику автомата.

В лаборатории необходимо снять защитную характеристику автомата серии АП50. Защитная характеристика одной фазы автомата показана на рис. 4.1. Если ток в цепи меньше  $I_{ном}$ , то автомат остается включенным. При токе в цепи от  $I_{ном}$  до  $I_{ср}$ , т.е. при перегрузке цепи, срабатывает тепловой элемент расцепителя по зависимой части характеристики. Токи более  $I_{ср}$  вызывают срабатывание электромагнитного элемента расцепителя и отключают автомат за время  $t_{откл}$ , не зависящее от величины тока (независимая часть характеристики).

### Порядок выполнения:

1. Изучить электрическую схему для испытания фазы автомата АП-50.
2. Переключатель  $S_3$  повернуть в положение, соответствующее испытываемой фазе автомата  $SF_H$ .
3. Вывести ручку автотрансформатора ЛАТР в крайнее левое положение, включить автомат  $SF$  и переключатель  $S_1$ .

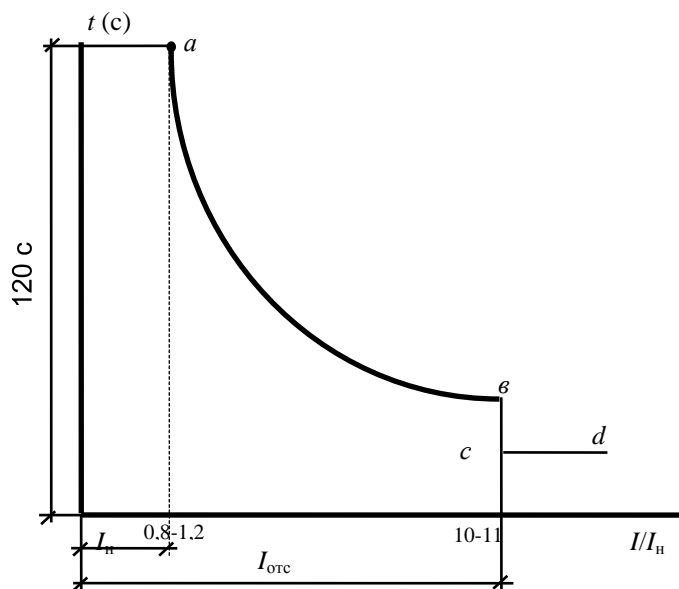


Рис. 4.1. Защитная времятоковая характеристика автоматического выключателя

4. Установить с помощью автотрансформатора начальное значение тока, выключить переключатель  $S_1$  и включить испытуемый автомат  $SF_n$ , при этом включится электрический секундомер  $PT$ . Реальные показания приборов внести в таблицу. Если в течение 1,5...2,0 мин автомат не отключится автоматически, опыт прекратить отключением автомата  $SF_n$ .
5. Установить следующее значение тока и включить автомат  $SF_n$ , реальные данные опыта внести в таблицу.
6. Выполнить опыты для следующих значений токов до получения полной защитной характеристики.
7. Построить защитную характеристику для исследованной фазы автомата  $SF_n$ .
8. Сформулировать выводы по выполненной работе.

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. изучить классификацию автоматических выключателей.
2. назначение и типы расцепителей в конструкции автоматов.
3. изучить преимущества вакуумного автоматического выключателя.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступить к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать учебное пособие [2] стр. 78-95.

Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем отличие универсального автомата от установочного?
2. Объясните назначение и устройство механизма свободного расцепления.
3. Каково назначение расцепителей?
4. В чем отличие силовых контактов от дугогасительных?
5. С какой целью в автоматах разрабатывают электрическую дугу?

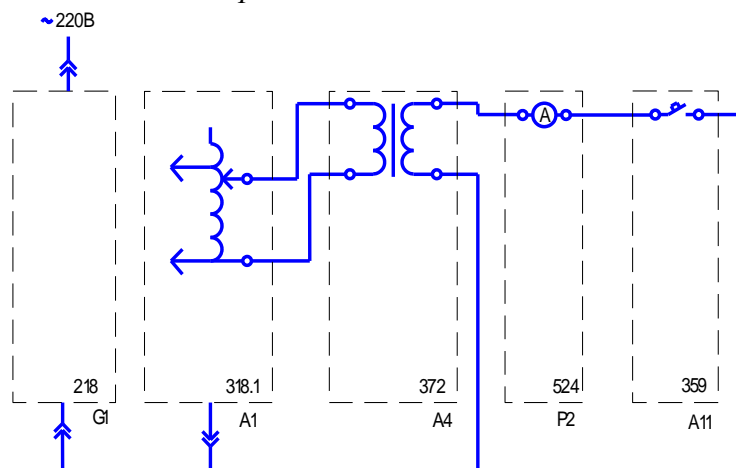
### Лабораторная работа №5

Тема: снятие времятоковой характеристики автоматического воздушного выключателя

Цель работы: изучить конструкции автоматических воздушных выключателей однополюсного и трехполюсного исполнения. На примере автоматического воздушного выключателя АП50 рассмотреть конструкцию и принцип действия теплового и электромагнитного расцепителя.

Задание: снять времятоковую характеристику автоматического однополюсного выключателя с использованием элементов стендов ЭА1-С-Р и ЭА2-С-Р.

*Электрическая схема соединений*



*Перечень аппаратуры*

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/ 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318,1	~0...240 В/2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120ВА/220/24 В
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230В/0,5 А
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А/ 0,01...999 с

#### Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора A1.
3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
4. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
5. Включить выключатель «СЕТЬ» измерителя тока и времени P2.



6. Повернуть регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  в крайнее по часовой стрелке положение.
7. Включить выключатель  $A11$ .
8. Включить выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$ .
9. После отключения выключателя  $A11$  снимите показания тока  $I$  и времени  $t$ , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени  $P2$ , и занести их в табл. следующего вида:

$I, A$										
$t, c$										

10. Отключить выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$ .
11. Повернуть регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  против часовой стрелки примерно на 45 градусов.
12. Спустя, например, 5 минут повторить операции, начиная с включения выключателя  $A11$  и заканчивая поворотом регулировочной рукоятки автотрансформатора  $A1$ .
13. Операции повторять до тех пор, пока после включения выключателя «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$  выключатель  $A11$  не перестанет отключаться.
14. Отключить автоматический выключатель в однофазном источнике питания  $G1$ .
15. Отключить выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$ , измерителя тока и времени  $P2$ .
16. Используя данные таблицы (пункт «9»), построить искомую времятоковую характеристику  $t = f(I)$  автоматического воздушного выключателя.
17. Сформулировать выводы по проделанной работе.

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

Задания для самостоятельной работы:

- 1.выяснить основное назначение механизма свободного расцепителя.
- 2.в чем принцип «магнитного дутья» в автоматических выключателях?

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать учебное пособие [2] стр. 78-95.

#### Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

#### Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Виды ионизации дугового промежутка в автоматах?
2. Как испытать автомат перед выключателем?
3. объяснить назначение теплового расцепителя.
4. Устройство теплового расцепителя в автоматах.
5. Можно ли использовать автомат как рубильник?

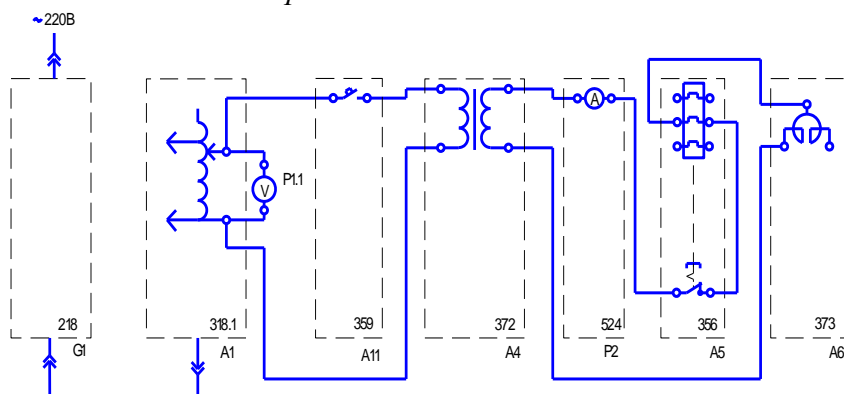
## Лабораторная работа №6

Тема: построение времятоковой характеристики электротеплового реле

Цель работы: изучить конструкции электротепловых реле в автоматических воздушных выключателях и магнитных пускателях. Рассмотреть принцип работы тепловых реле и их регулирование.

Задание: построение времятоковой характеристики электротеплового реле по, с использованием элементов стендов ЭА1-С-Р и ЭА2-С-Р.

*Электрическая схема соединений*



*Перечень аппаратуры*

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/ 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318,1	~0...240 В/2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120ВА/220/24 В
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В/0,5 А
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А/ 0,01...999 с
A5	Электротепловое реле	356	Главная цепь: ~3x220 В/ 10 А. Уставка реле: 0,42...0,58 А.
A6	Сдвоенный реактор	373	~220 В/2×5 А/ 0,005 Гн
P1	Измеритель тока и времени	524	0...5 А/ 0,01...999 с

### Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора A1.
3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
4. Отключить выключатель A11.
5. Повернуть регулировочную рукоятку автотрансформатора A1 в крайнее против часовой стрелки положение.
6. Вращая регулировочный винт, установить желаемую уставку электротеплового реле A5.
7. Если выступает шток электротеплового реле A5, то нажать его.
8. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
9. Включить выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора A1, блока мультиметров P1, измерителя тока и времени P2.
10. Активизировать используемый мультиметр P1.1.
11. Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора A1, установить по вольтметру P1.1 напряжение на выходе автотрансформатора A1, равное, например, 200 В.
12. Включить выключатель A11.

13. После срабатывания электротеплового реле  $A5$  снять показания тока  $I$  и времени  $t$ , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени  $P2$ , и занести их в табл. следующего вида:

$I, A$										
$t, c$										

14. Отключить выключатель  $A11$ .
15. Нажать выступающий шток электротеплового реле  $A5$ .
16. Уменьшить напряжение на выходе автотрансформатора  $A1$ , например, на 20 В.
17. Спустя, например, 5 минут повторить операции, начиная с включения выключателя  $A11$  и заканчивая уменьшением напряжения на выходе автотрансформатора  $A1$ .
18. Операции повторять до тех пор, пока после включения выключателя  $A11$  электротепловое реле  $A5$  не перестанет отключаться.
19. Отключить автоматический выключатель в однофазном источнике питания  $G1$ .
20. Отключить выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$ , блока мультиметров  $P1$ , измерителя тока и времени  $P2$ .
21. Используя данные таблицы, построить искомую времятоковую характеристику  $t = f(I)$  электротеплового реле.

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

Задания для самостоятельной работы:

- 1.разобраться как формируются участки время- токовой характеристики.
- 2.уяснить какие участки характеристики автомата АП50 соответствуют работе какого расцепителя.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала, проработать учебное пособие [2] стр. 78-95.

Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какой принцип заложен в основу теплового расцепителя?
- 2.Расцепители современных аппаратов.
3. Какие мероприятия с автоматами обеспечивают безопасность обслуживающего персонала.

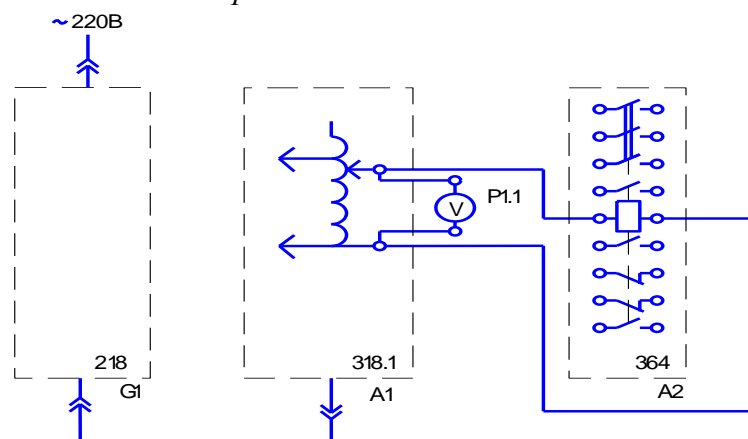
## Лабораторная работа №7

Тема: определение коэффициента возврата электромагнитного контактора

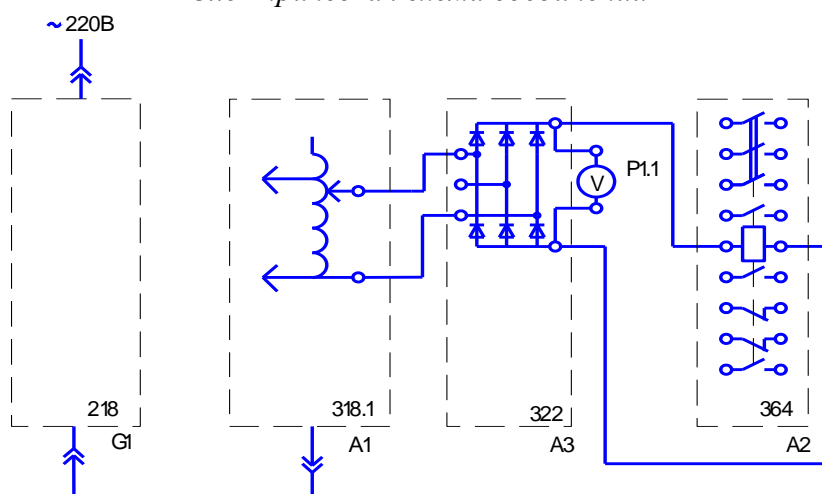
Цель работы: изучить конструкции контакторов, используемых в цепях переменного и постоянного тока; выяснить основные отличия магнитной системы контакторов постоянного и переменного тока.

Задание: определение коэффициента возврата электромагнитного контактора постоянного или переменного тока (по заданию преподавателя) с использованием стандов ЭА1-С-Р или ЭА2-С-Р.

Электрическая схема соединений 1



Электрическая схема соединений 2



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/ 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318,1	~0...240 В/2 А
A2	Контактор	364	~380 В/ 10 А
A3	Выпрямитель	322	400 В/ 2 А
P1	Блок мультиметров	508,3	3 мультиметра ~0...1000 В/ ~0...10 А/ 0...20 МОм

Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора A1.

3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений 1 (питание обмотки контактора синусоидальным током промышленной частоты) или 2 (питание обмотки контактора выпрямленным током).
4. Повернуть регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  в крайнее против часовой стрелки положение.
5. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания  $G1$ .
6. Включить выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров  $P1$  и автотрансформатора  $A1$ .
7. Активировать используемый мультиметр  $P1.1$ .
8. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  по часовой стрелке, увеличивать напряжение, прикладываемое к обмотке контактора  $A2$ .
9. В момент включения контактора зафиксировать с помощью вольтметра  $P1.1$  напряжение  $U_1$ .
10. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора  $A1$  против часовой стрелки, уменьшать напряжение, прикладываемое к обмотке контактора  $A2$ .
11. В момент включения контактора зафиксировать с помощью вольтметра  $P1.1$  напряжение  $U_2$ .
12. Отключить автоматический выключатель в однофазном источнике питания  $G1$ .
13. Отключить выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора  $A1$  и блока мультиметров  $P1$ .
14. Вычислить коэффициент возврата электромагнитного контактора по формуле  $k = U_2/U_1$ .

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. изучить типы контакторов, их назначение.
2. отличительные особенности контакторов переменного и постоянного тока.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать материал [2] стр. 108-125.

Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1.назвать основное назначение контакторов в цепях управления на станциях и подстанциях.
2. назвать способы гашения дуги у контакторов.
3. что может вызвать вибрацию контактов у контакторов ?
4. зачем у контакторов переменного тока короткозамкнутые витки в магнитной системе?

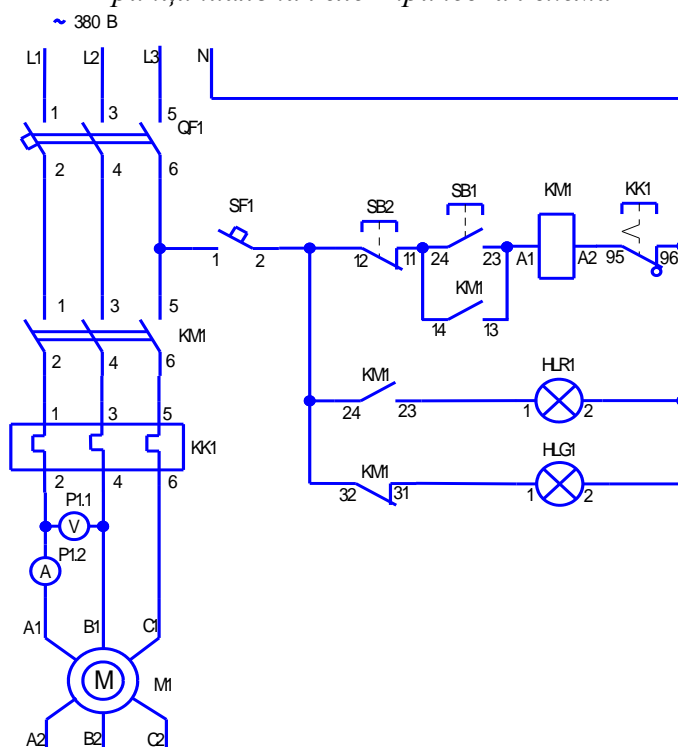
## Лабораторная работа №8

Тема: работа магнитного пускателя в нереверсивной схеме управления асинхронным двигателем

Цель работы: ознакомиться с составом оборудования в схеме управления асинхронным двигателем; изучить устройство и принцип действия нереверсивного магнитного пускателя.

Задание: собрать схему включения асинхронного двигателя с использованием элементов стендов ЭА1-С-Р и ЭА2-С-Р.

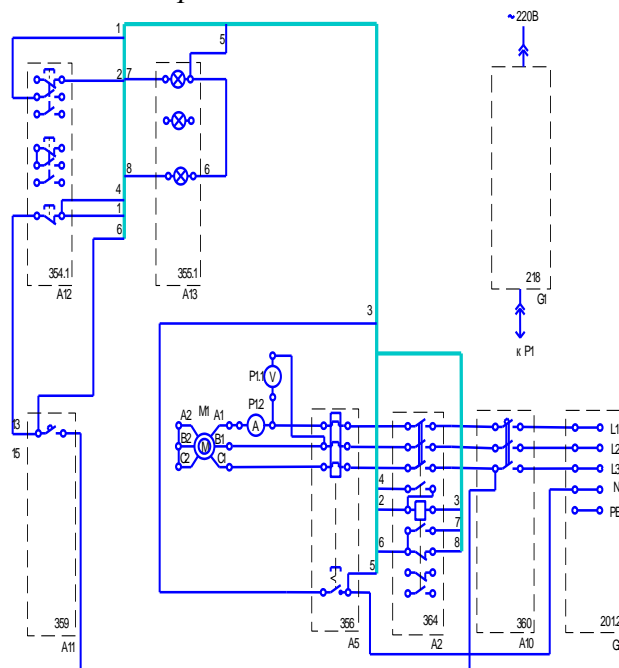
### *Принципиальная электрическая схема*



### *Перечень аппаратуры*

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/ 16 А
G2	Трёхфазный источник питания	201,2	~400 В/ 16 А
M1	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	106	120 Вт/ ~380 В/ 1500 мин <sup>-1</sup>
A2	Контактор	364	~380 В/ 10 А
A5	Электротепловое реле	356	~660 В/10 А/ уставка 0,42...0,58 А
A10	Автоматический трехполюсный выключатель	360	~440 В/ 10А
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В/0,5 А
A12	Кнопочный пост управления	354.1	~500 В/10 А/ 3 кнопки
A13	Блок световой сигнализации	355.1	~220 В/ 3 лампы
P1	Блок мультиметров	508,3	3 мультиметра ~0...1000 В/ ~0...10 А/ 0...20 МОм

## Электрическая схема соединений



### Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания  $G1$ .
3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
4. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания  $G1$ .
5. Включить выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров  $P1$ .
6. Активизировать используемые мультиметры  $P1.1$  и  $P1.2$ .
7. Включить источник  $G2$ . О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
8. Включить выключатель  $A10$ .
9. Включить выключатель  $A11$ . В результате загорится зеленая лампа блока  $A13$ , сигнализирующая о готовности двигателя  $M1$  к пуску.
10. Нажать верхнюю кнопку поста управления  $A12$ . В результате произойдет прямой пуск двигателя  $M1$ , о чем будет сигнализировать загоревшаяся красная лампа в блоке  $A13$ . Вольтметр  $P1.1$  и амперметр  $P1.2$  покажут напряжение и ток двигателя  $M1$ . Зеленая лампа в блоке  $A13$  погаснет.
11. Нажать нижнюю кнопку поста управления  $A12$ . В результате произойдет отключение двигателя  $M1$  от электрической сети и последующий его останов. Двигатель  $M1$  будет готов к очередному пуску, о чем будет сигнализировать загоревшаяся зеленая лампа в блоке  $A13$ . Красная лампа в блоке  $A13$  погаснет.
12. По завершении эксперимента отключить нажатием на кнопку «красный гриб» трехфазный источник питания  $G2$  и автоматический выключатель в однофазном источнике питания  $G1$ .

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

### Задания для самостоятельной работы:

1. изучить назначения и типы нереверсивных магнитных пускателей.
- 2.изучить особенности магнитной системы пускателя.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать материал [2] стр. 130-135.

#### Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

#### Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. назначение магнитных пускателей.
2. какие способы гашения у магнитных пускателей.
3. из-за чего возможна вибрация контактов у пускателя?
4. назначение блок-контактов у пускателя?

### **Лабораторная работа №9**

Тема: работа магнитного пускателя в реверсивной схеме управления асинхронным двигателем

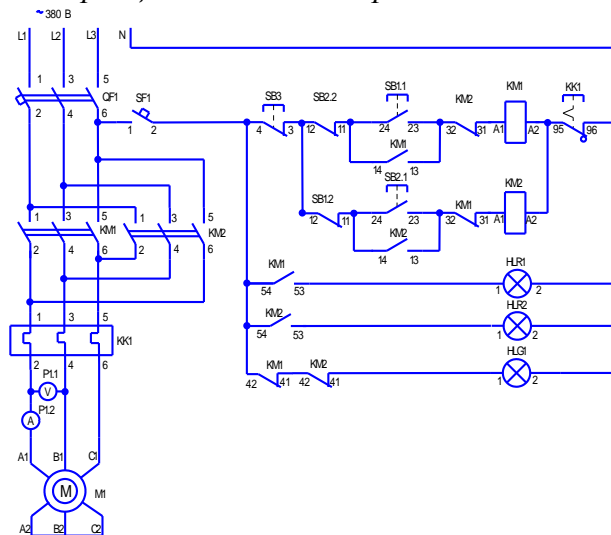
Цель работы: ознакомиться с принципом работы магнитного пускателя в реверсивной схеме управления асинхронным двигателем.

Задание: 1. Собрать схему выключателя асинхронного двигателя в реверсивном режиме на элементах стендов ЭА1-С-Р и ЭА2-С-Р.

2. Рассмотреть схему управления асинхронным двигателем в реверсивном режиме с использованием контактов КТИ.



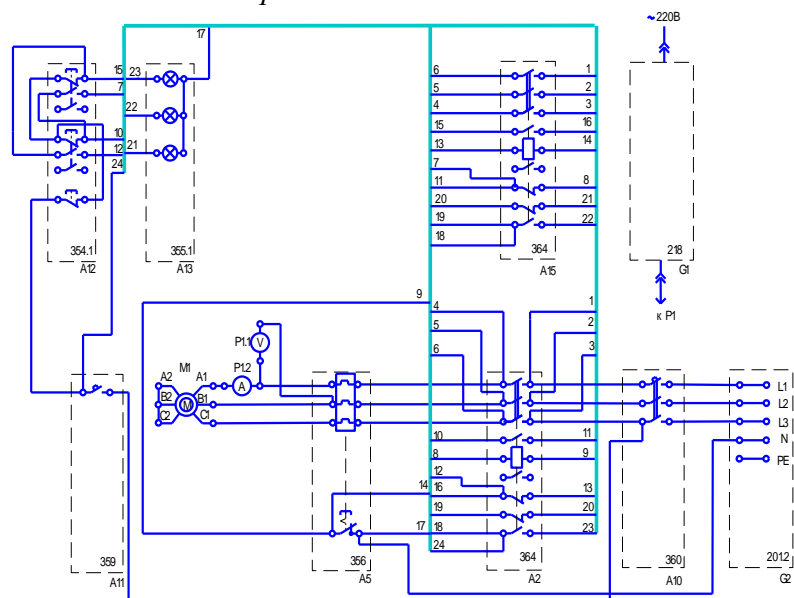
### Принципиальная электрическая схема



### Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/ 16 А
G2	Трехфазный источник питания	201,2	~400 В/ 16 А
M1	Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	106	120 Вт/ ~380 В/ 1500 мин <sup>-1</sup>
A2, A15	Контактор	364	~380 В/ 10 А
A5	Электротепловое реле	356	~660 В/10 А/ уставка 0,42...0,58 А
A10	Автоматический трехполюсный выключатель	360	~440 В/ 10А
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В/0,5 А
A12	Кнопочный пост управления	354.1	~500 В/10 А/ 3 кнопки
A13	Блок световой сигнализации	355.1	~220 В/ 3 лампы
P1	Блок мультиметров	508,3	3 мультиметра ~0...1000 В/ ~0...10 А/ 0...20 МОм

### Электрическая схема соединений



### Порядок выполнения:

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соединить гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания *G1*.
3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
4. Включить автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания *G1*.
5. Включить выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров *P1*.
6. Активизировать используемые мультиметры *P1.1* и *P1.2*.
7. Включить источник *G2*. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
8. Включить выключатель *A10*.
9. Включить выключатель *A11*. В результате загорится зеленая лампа блока *A13*, сигнализирующая о готовности двигателя *M1* к пуску.
10. Нажмите верхнюю кнопку поста управления *A12*. В результате произойдет прямой пуск двигателя *M1*, о чем будет сигнализировать загоревшаяся красная лампа в блоке *A13*. Вольтметр *P1.1* и амперметр *P1.2* покажут напряжение и ток двигателя *M1*. Зеленая лампа в блоке *A13* погаснет.
11. Нажмите среднюю кнопку поста управления *A12*. В результате произойдет реверс двигателя *M1*, о чем будет сигнализировать загоревшаяся средняя красная лампа в блоке *A13*. Вольтметр *P1.1* и амперметр *P1.2* покажут напряжение и ток двигателя *M1*.
12. Нажать нижнюю кнопку поста управления *A12*. В результате произойдет отключение двигателя *M1* от электрической сети и последующий его останов. Двигатель *M1* будет готов к очередному пуску, о чем будет сигнализировать загоревшаяся зеленая лампа в блоке *A13*. Красная лампа в блоке *A13* погаснет.
13. По завершении эксперимента отключить нажатием на кнопку «красный гриб» трехфазный источник питания *G2* и автоматический выключатель в однофазном источнике питания *G1*.

Форма отчетности: отчет выполняется малой группой студентов на листах формата А4 с оформлением согласно ЕСКД. Он содержит : цель работы, задание, ход выполнения работы, вывод.

### Задания для самостоятельной работы:

- 1.Изучить магнитную систему пускателей поворотного клапанного типа.
- 2.изучить виды защит у магнитных пускателей.

.....

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить второй раздел лекционного материала и проработать материал [2] стр.130-135.

#### Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ; уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

#### Дополнительная литература

- 1.Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение,1982.- 183 с.
- 2.Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.

3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. какие способы гашения дуги у магнитных пускателей?
2. как устранить вибрацию контакторов пускателей?
3. в чем принцип реверсирования двигателя с помощью магнитных пускателей?

### **Практическое занятие №1**

Тема: контактные системы электрических аппаратов

#### Цель задания:

1. Изучить конструкции контактов электрических аппаратов и иметь представление о их классификации.
2. Получить представление о характере протекающих процессов в контактных соединениях и контактах.
3. Получить навыки выполнения контактных соединений.

#### ***Краткие теоретические положения***

Контактные системы коммутационных аппаратов во включённом положении должны выдерживать термическое и электродинамическое воздействие тока короткого замыкания заданного значения без сваривания и отброса контактов. Результирующее усилие самопроизвольного отброса контактов при протекании тока короткого замыкания через замкнутые контакты складывается из электродинамических усилий отброса, отбрасывающего усилия, вызываемого электромагнитным полем, усилий отброса термического характера (за счёт взрывного испарения контактного материала в площадке стягивания тока и давления, возникающего при разрушения мостика расплавленного металла), а также усилий отброса от ударных сотрясений, в значительной мере определяемых конструкций аппарата. Для надёжной работы контактной системы необходимо, чтобы контактное нажатие преобладало над суммарными усилиями отброса:

$$F_{\kappa} > F_{\text{эд}} + F_{\text{эм}} + F_{\text{терм}} \quad (1-1)$$

Для модели одноточечного контактного узла (рис. 1.1) с металлическим перешейком радиуса  $r_0$  и высотой  $h_n$  на который действует контактное нажатие  $F_{\kappa}$ , электродинамическое усилие отброса  $F_{\text{эд}}$  и электромагнитное усилие стягивания  $F_{\text{эм}}$ . Усилия отброса  $F_{\text{эд}}$  обусловлено переходом тока из контакта радиусом  $r_{\kappa}$  в металлический перешеек с радиусом  $r_0$  может быть определено по формуле

$$F_{\text{эд}} = I^2 \ln \frac{r_0}{r_{\kappa}} \cdot 10^{-7}, \quad (\text{Н}) \quad (1-2)$$

Усилие электромагнитного сжатия будет определяться:

$$F_{\text{эм}} = \frac{I^2 h_n 10^{-7}}{r_0}, \quad (\text{Н}) \quad (1-3)$$

При больших контактных нажатиях влияние усилия  $F_{\text{эм}}$  на работу контактного узла значительно уменьшается и неравенство (1-1) можно записать:

$$F_{\kappa} > F_{\text{эд}} \quad (1-4)$$

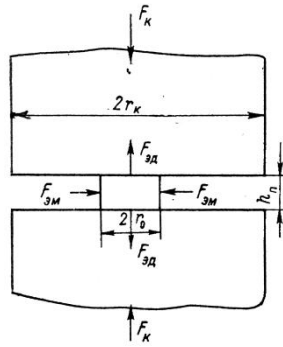


Рис. 1.1. Схема усилий, действующих в контактной площадке

Расчёт электродинамических усилий необходимо проводить для конкретной конструкции коммутационного аппарата. Так для мостиковой контактной системы (рис. 1.2) электродинамическое усилие  $F_{эд}$ , возникающее в контактах, совпадает по направлению с контактным нажатием  $F_k$ . Здесь электродинамическое усилие определяется:

$$F_{эд} = F_{эдк} + F_{эдт} \quad (1-5)$$

$$F_{эдк} = I^2 \ln \frac{r_k}{r_0} \cdot 10^{-7} \quad [\text{Н}]$$

$F_{эдк}$  – усилие отталкивания траверсы мостикового выключателя при П-образной конструкции контактов (рис. 1.2 а,б).

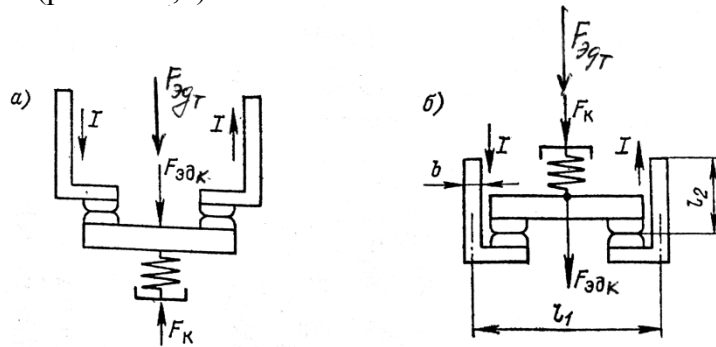


Рис. 1.2. Электродинамическое усилия в контактной системе мостиковой конструкции выключателя

$$F_{эдт} = 2 \cdot 10^{-7} I^2 \left( \ln \frac{2l_1}{b \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{l_1}{l_2} \right)^2} \right)} + 0,25 \right)$$

Для мостиковой схемы (рис. 1.21) усилия отталкивания контактов (выключатели ВМБ-10 и ВМЭ-6) будут равны сумме  $F_{эдк} + F_{эдт}$  и в этом случае для обеспечения устойчивой работы выключателя надо обеспечить  $F_k > F_{эдк} + F_{эдт}$ .

При разработке контактных систем коммутационных аппаратов необходимо знать граничный ток сваривания и отрывное усилие, требуемое для преодоления силы сцепления сварившихся контактов, зависящее от многих факторов – контактного нажатия, амплитуды и длительности протекания тока, площадки сваривания, глубины проплавления, свойств контактного материала, конфигурации и состояния рабочей поверхности контактов.

Из многочисленных опытов, проведённых ВЭИ и лабораторией завода «Электроаппарат» было установлено, что минимальный ток КЗ (амплитуда) при котором наступает сваривание контактов, равен:

$$i_{св} = k \sqrt{p} \quad (\text{А}),$$

где  $p$  – сила прижатия контактов, кг;  $k$  – коэффициент, зависящий от материала контактов и числа точек соприкосновения (табл. 1.1).

Для несомоустанавливающихся и самоустанавливающихся контактов торцевого типа значение коэффициента  $k$  можно принимать соответственно таким же, как для одиночных пальцевых несомоустанавливающихся или самоустанавливающихся контактов.

Значения коэффициента  $k$  для различных типов контактов

Тип контактов	Материал контактов	Коэффициент $k$	По данным
Одиночный щёточный; щётка из 70 медных пластин сечением 02x25мм (на одну щётку)	Медь-латунь	3 000 – 4 000	Завода «электроаппарат»
Одиночный пальцевый самоустанавливающийся, размер пальца 12x35 мм	Медь-медь	4 100	ВЭИ
	Латунь-медь	3 800	
	Латунь-сталь	4 800	
	Алюминий-латунь	5 050	
Одиночный пальцевый самоустанавливающийся (на один палец)	Медь-латунь	5 750	
Розеточный контакт (на один элемент розетки)	Медь-медь	6 000	Завода «электроаппарат»
Розеточный контакт (на один элемент розетки)	Медь - латунь	5 500	ВЭИ

Таблица 1.2

Зависимость величины сваривающих токов от продолжительности действия тока

$I_{гр}, A$	10800	8500	7400	6700	6400	5600
$t, сек$	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0

Интересно отметить, что в области малых давлений величина тока, при котором наступает сваривание контактов, зависит от длительности прохождения тока через контакты.

В табл. 1.2 приведена зависимость величины сваривающего тока в торцевых медных контактах диаметром 20 мм при давлении между контактами 20 кг от продолжительности действия тока.

Граничный ток  $I_{гр}$  сваривания слаботочных контактов рекомендуется определять в зависимости от напряжения плавления  $U_{пл}$  и переходного сопротивления контактов  $R_k$  как:

$$I_{гр} = \frac{U_{пл}}{R_k}$$

Для сильноточных контактов при протекании токов короткого замыкания граничный ток сваривания рекомендуется определять по эмпирической формуле:

$$I_{гр} = K_{св} \sqrt{0,102 \cdot F_k}$$

где  $F_k$  – контактное нажатие, Н;  $K_{св}$  – коэффициент сваривания, зависящий от свойств контактного материала и конфигурации контактной системы. Величина  $K_{св}$  близка к значениям таблицы 1.1.

**Задание:** 1. Знакомство со способами контактных соединений в конструкциях электрических аппаратов релейной защиты, аппаратов управления, высоковольтных выключателях различных типов. 2. Выполнить расчёт электродинамических усилий в конструкции выключателя ВМБ-10 (по заданию преподавателя).

**Задания для самостоятельной работы:**

1. изучить принцип расчета электродинамических усилий в контактных системах.

**Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию**

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить краткие теоретические положения расчетов.

### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каким требованиям должны удовлетворять контактные системы коммутационных аппаратов?
2. Чем определяется действительная поверхность соприкосновения двух контактных элементов?
3. От чего зависит величина переходного сопротивления контактов?
4. Что представляет из себя ток сваривания контактов?

## Практическое занятие №2

Тема: конструкции рубильников, пакетных выключателей и переключателей

### Цель задания:

1. Ознакомиться с различными конструкциями рубильников, пакетных выключателей и переключателей.
2. Приобрести навыки в проведении их осмотров, регулировки и ремонта.

### Содержание задания:

1. Знакомство с основными элементами рубильников и пакетных выключателей различных конструкций.
2. Приобретение навыков регулировки и частичного ремонта рубильников и пакетных выключателей.

### Общие сведения и указания к выполнению задания

При рассмотрении различных типов рубильников и пакетных выключателей следует обратить внимание на контактную систему аппарата. Контактные стойки рубильников на токи до 400 А выполняются обычно по одному из трех типов приведенных на рис. 2.1.

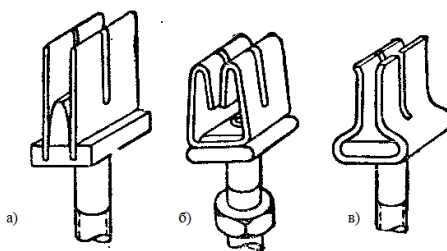


Рис. 2.1. Основные типы контактных стоек рубильников:  
а - с прямыми, б, в - с изогнутыми пружинящими губками

Ножи рубильника должны плотно входить в пространство между внутренними поверхностями стоек. У рубильников на токи свыше 250 А применяются прижимные устройства (пружины или пружинящие скобы) для усиления нажатия на нож. Ножи рубильника обычно крепятся к изолирующей траверсе. На них не должно быть раковин и следов подгорания или окисления. Если ножи притянуты не очень сильно, их следует зачистить шкуркой или бархатным напильником. При сильном износе или обгорании - заменить, использовав медную полосу, соответствующей толщины. Ножи к траверсе крепятся винтами, необходимо проверить их затяжку.

У пакетных выключателей контактная система под действием протекающих токов может подгорать и контакты теряют свою упругость. Поэтому пакетный выключатель с контактами, потерявшими упругость, чаще всего заменяется.

Вхождение ножей в контактные стойки рубильников должно осуществляться без перекосов и должно быть одновременным для всех полюсов. Регулировка плотности вхождения ножей в неподвижные контакты рубильников и пакетных выключателей выполняется путем подгибания или замены ослабевших контактов.

Панели крепления и корпуса пакетных выключателей не должны иметь трещин, выгоревших мест или мест сильного подгара.

Особое внимание необходимо уделять состоянию контактных разъемов рубильников и пакетных выключателей. Контактные выводы имеют отверстия для присоединения с резьбовой нарезкой. Резьба должна быть хорошо выполнена для обеспечения плотного крепления и затяжки болтов крепления. Крепление должно иметь плотную затяжку с использованием латунных или луженных оловом шайб и стальных шайб Гровера.

После сборки рубильника или ревизуемого пакетного выключателя его необходимо проверить путем нескольких операций включения - отключения.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить первый раздел лекционного материала.

##### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ; уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

##### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

#### Контрольные вопросы

1. Расскажите об основном назначении рубильников и переключателей и области их применения.
2. Какие виды рубильников по типу выполнения приводов и способам присоединения силовых цепей вы знаете?
3. Почему нельзя использовать рубильники с центральным приводом для отключения цепей под током ?
4. Расскажите о назначении пакетных выключателей и их типах.
5. В каких цепях нельзя использовать пакетный выключатель вместо рубильника?
6. Какого типа пакетные выключатели используются в цепях управления и автоматики?

### Практическое занятие №3

Тема: устройство трубчатых и насыпных предохранителей

Цель и содержание задания:

1. Ознакомиться и изучить конструкцию трубчатых и насыпных предохранителей.
2. Овладеть навыками разборки, замены плавкой вставки и сборки предохранителей.

Выполнение задания

Ознакомиться с описанием конструкции трубчатых и насыпных предохранителей. Обратит внимание на контактные части предохранителей. Необходимое усилие между контактными стойками и ножами патрона в предохранителях на номинальные токи 100, 200 и 350 А осуществляется стальной кольцевой пружиной, действующей на пластинки стойки (они унифицированы со стойками рубильников серии Р), а в предохранителях на токи 600 и 1000 А - винтом с пластмассовой рукояткой, установленной на контактной стойке (рис. 2.10). Предохранители ПР-2 могут быть выполнены с передним и задним присоединением.

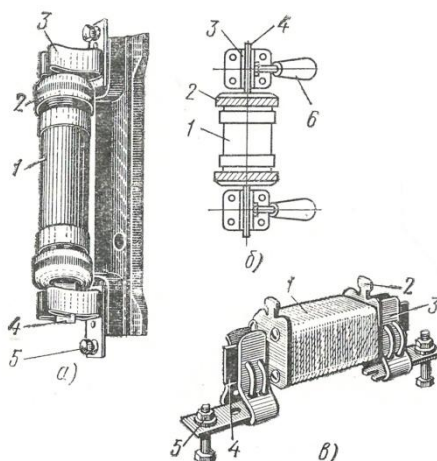


Рис. 2.10. Трубчатые предохранители:

*а, б – предохранители ПР-2 без наполнителя, в – типа ПН с наполнителем; 1 – трубка патрона, 2 – колпачок (крышка), 3 – контактная стойка, 4 – нож предохранителя, 5 – зажим присоединения, 6 - рукоятка нажимного винта*

Для замены плавкой вставки надо отвернуть колпачки патрона предохранителя ПР-2 и извлечь поврежденную вставку. Новая вставка привинчивается винтами к контактным ножам и устанавливается в патроне. Затем заворачивают резьбовые колпачки патрона и устанавливают собранный предохранитель в контактной стойке.

Предохранитель ПН-2 (рис. 2.9) имеет закрытый патрон, заполненный мелким кварцевым песком. С таким же наполнителем выполняются и неразборные (НПН) или разборные (НПР) цилиндрические предохранители на токи до 600 А.

#### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ; уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

#### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.



## Практическое занятие №4

Тема: монтаж автоматического воздушного выключателя, подключение аппарата к сети и проверка его работы

Цель: Овладеть навыками монтажа автоматических воздушных выключателей типов АЗ110 и АП50, научиться подключать их к сети и регулировать их уставку срабатывания на примере автомата АП50.

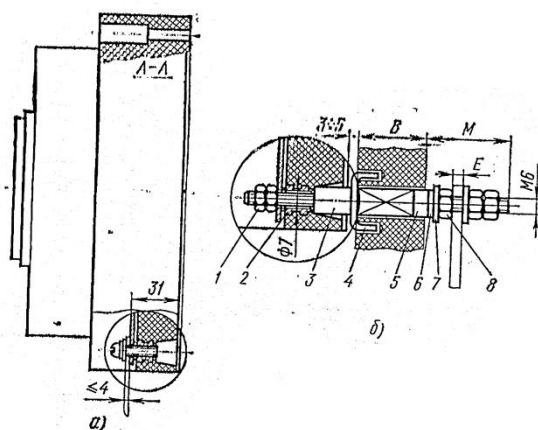
Содержание задания: 1. Монтаж автоматических выключателей. 2. Присоединение выключателей к сети. 3. Проверка работы автоматических выключателей и выполнение необходимых регулировок.

### **Общие сведения и указания к выполнению задания**

Монтаж воздушных автоматических выключателей (автоматов) заключается в установке их на щите или панели управления. В зависимости от конструкции автомата и способов выполнения присоединений могут быть применены различные методы.

Перед разметкой крепежных отверстий основание, к которому крепится выключатель, должно быть отрихтовано, чтобы при установке и затяжке крепежных болтов пластмассовый корпус выключателя не подвергался напряжениям и не давал трещин.

Рассмотрим порядок установки автомата на примере трехполюсного автоматического выключателя АЗ110(другие типы автоматов серии А монтируются аналогично). При переднем присоединении проводов выключатель устанавливают на металлической или изоляционной панели и крепят винтами диаметром 6 мм через сквозные отверстия корпуса А (рис. 4.1, а). Выключатели с задним присоединением устанавливают только на изоляционной панели на токоведущих соединительных шпильках, поставляемых комплектно с выключателем для панелей стандартной толщины (от 15 до 30 мм). Эту установку выполняют следующим образом. В заранее просверленные отверстия панели вводят соединительные шпильки 3 и закрепляют их так, чтобы контрольный размер между пластиной 4 и шайбой 7 на 1-2 мм превышал толщину панели. Это достигается регулировкой положения втулки 5 и шайбы 6, помещаемые под натяжной гайкой 8. Затем надевают выключатель на соединительные шпильки 3 лицевой стороны панели (для этого резьбовые гайки 2 должны быть просверлены на проходное отверстие диаметром 7мм) и закрепляют выключатель гайками 1.



*Рис. 4.1. Автоматический выключатель:*

*а - основные размеры выключателя, б - способ выполнения заднего присоединения; 1- гайка шпильки, 2- резьбовая гайка, 3- шпилька, 4 - пластина, 5 - втулка, 6 и 7 - шайбы, 8 - натяжная гайка.*

При использовании панелей стандартной толщины размеры, приведенные на рис. 4.1, б, должны быть следующими (мм):

В	Е(макс.)	М
15	9	31
20	4	26
25	9	31
30	4	26

Независимо от способа присоединения проводники от источника тока обычно присоединяют к верхним контактным зажимам автоматического выключателя, а от приемника - к нижним.

При выполнении переднего присоединения голых шин напряжением выше 250В их изолируют на длине примерно 200 мм со стороны дугогасительных камер монтируемого выключателя.

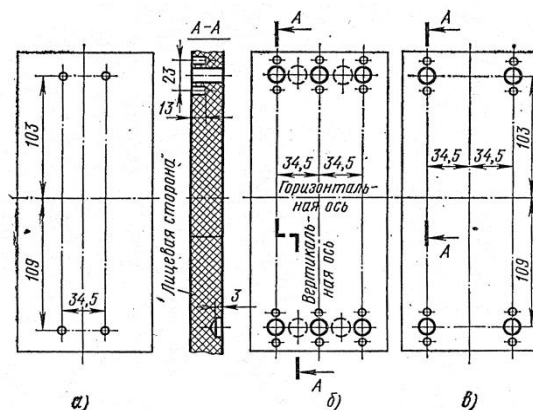


Рис. 4.2. Разметка отверстий в панели для установки автоматических выключателей: а - при переднем присоединении, б - при заднем присоединении трехполюсного выключателя, в - при заднем присоединении двухполюсного выключателя

Расположение и диаметры отверстий в панели для установки трехполюсных и двухполюсных выключателей серии А3110 для различных способов присоединения показаны на рис. 4.2.

Монтаж автоматического выключателя АП50 производится аналогично. Обычно АП50 имеет передние присоединения и может монтироваться как на металлической, так и на изоляционной панели.

Контактные выводы автоматических выключателей выполняются из меди плоскими шпильками с отверстиями под болты (А3110). У автоматов АП50 выводы из медной проволоки различного сечения с концевой пластинчатой нагайкой с отверстием под болт крепления.

Регулирование уставки срабатывания теплового расцепителя лучше всего просматривается у автомата АП50, где регулировочные винты закреплены на биметаллической пластинке расцепителя.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить первый раздел лекционного материала.

#### Основная литература

- 1.Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
- 2.Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
- 3.Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ: уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

## Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### Практическое занятие №5

Тема: изучение конструкции контакторов, их наладка и монтаж

Цель : Овладеть навыками обследования контакторов разных типов, представленных в лаборатории, перед их включением в сеть. Выяснить причины возможной неудовлетворительной работы магнитной системы контакторов прямоходного и клапанного типов (вибрация).

Задание: 1) Монтаж контактора типа КТ. 2) Устранение причины вибрации магнитной системы контактора КТИ. 3) Ответить на контрольные вопросы к разделу "Контакторы".

#### Выполнение задания:

Прежде чем приступить к выполнению задания 5 необходимо проработать материалы раздела 2.5 с изучением конструкций контакторов КТ, КМИ, КТИ, КВТ на уровне напряжения 1140 В и 10 кВ.

При монтаже контактора КТ необходимо произвести разметку отверстий для крепления на изоляционной плите. Обычно контакторы устанавливаются на изоляционной плите в вертикальной плоскости. Контактор серии КТ-7000 с тремя полюсами представлен на рис. 2.23, а. Разметка сверлений отверстий в изоляционной плите показана на рис. 2.23, б. Чем точнее будет выполняться разметка и сверление отверстий, тем правильнее будет установлен контактор.

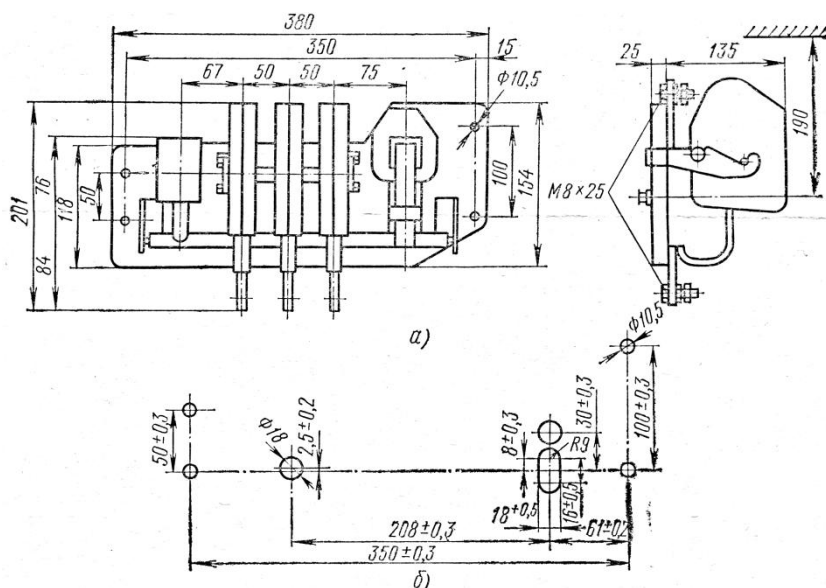


Рис. 2.23. Контакторы типа КТ:

*а – габаритные размеры контактора, б – разметка сверления отверстий в установочной плите*

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить первый раздел лекционного материала.

### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ; уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

### **Практическое занятие №6**

Тема: изучение конструкции нереверсивных и реверсивных магнитных пускателей в схемах управления

Цель: получить навыки монтажа магнитных пускателей в схемах включения асинхронных двигателей различной мощности при прямом и реверсивном режиме работы двигателя.

#### Задание :

- 1) Изучение схем магнитных пускателей в цепях включения асинхронных двигателей различной мощности.
- 2) Схемы магнитных пускателей в цепях управления уличным и внутриквартирным освещением.
- 3) Ответить на контрольные вопросы к разделу "Магнитные пускатели"

#### Выполнение задания:

При установке магнитных пускателей серии П или ПА следует иметь в виду, что все элементы пускателя, включая катушку управления, главные контакты, блок контакты и тепловые реле, смонтированы на общей плите и закрыты общим кожухом с резиновыми уплотнителями на вводах. К силовым контактам пускателя можно подключать проводники сечением до 10 мм<sup>2</sup>.

При монтаже магнитного пускателя его корпус закрепляют строго вертикально. Провода от сети следует подключать к верхним контактным зажимам пускателя, а идущие к двигателю - к нижним.

Электрическая схема нереверсивного управления асинхронным двигателем представлена на рис 2.21, а реверсивного управления на рис 2.22. Схемы управления асинхронными двигателями на основе контакторов КТИ прямого и реверсивного исполнения монтируются проводами большого сечения исходя из требований ПУЭ и требований рекомендуемой плотности тока при работе схемы в двигательном режиме. Контактные выводы контакторов КТИ выполняются, как правило, из меди плоскими шпильками с отверстиями для присоединения болтов или с резьбой для ввертывания в них контактных соединительных винтов.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить первый раздел лекционного материала.

### Основная литература

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электростанций и подстанций. учебник для вузов/ Рожкова Л.Д., Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 5-е изд., стереотип – Москва: Академия, 2008. – 448 с.
2. Емцев А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 240 с.
3. Шумаков Н.М., Емцев А.Н. Выключатели распределительных устройств ТЭЦ; уч.пос. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – 130 с.

### Дополнительная литература

1. Михайлов О.П. Электрические аппараты и средства автоматизации: уч. пособие. – Москва: Машиностроение, 1982.- 183 с.
2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. – Москва: ИП РадиоСофт, 2005. – 256 с.
3. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – Москва: Энергосервис, 2003. – 392 с.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
- OpenOffice;
- LibreOffice;
- Adobe Reader;
- doPDF;
- 7-Zip.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория (1218)	Меловая доска	-
ЛР	Лаборатория электрических аппаратов (1105)	Стенд ЭА1-С-Р (Электрические аппараты) Стенд ЭА2- С-Р (Электрические аппараты) Стенд УЭМ (Стенд собственной разработки) Стенд УЭМ (Стенд собственной разработки)	1÷9
ПЗ		Макет реальной ячейки КРУ-6,3 кВ	1÷6
СР	ЧЗ 3	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
<b>ПК-5</b>	готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	<b>1. Контактные системы электрических аппаратов</b>	<b>1.1.</b> Общие сведения. Классификация контактных узлов. Зависимость переходного сопротивления контактов от температуры и материала. Конструктивные особенности контактов.	Экзаменационные вопросы 1.1. ÷ 1.11.
			<b>1.2.</b> Твёрдометаллические размыкающиеся контакты высоковольтных электрических аппаратов. Контактные соединения. Проектирование контактных систем коммутационных аппаратов.	
		<b>2. Аппараты распределительных устройств до 1 кВ</b>	<b>2.1.</b> Электрические контакты. Понятие коммутации электрических цепей.	Экзаменационные вопросы 2.1. ÷ 2.19.
			<b>2.2.</b> Электрическая дуга постоянного и переменного тока. Источники теплоты, нагрев и охлаждение аппаратов	
			<b>2.3.</b> Рубильники и переключатели. Пакетные выключатели и переключатели	
			<b>2.4.</b> Предохранители	
<b>3. Электронные аппараты</b>	<b>2.5.</b> Контактторы. Магнитные пускатели.	Экзаменационные вопросы 3.1. ÷ 3.10.		
	<b>3.1.</b> Основные элементы и функциональные узлы систем управления электронных аппаратов. Бесконтактная коммутация. Полупроводниковые элементы и их основные характеристики в ключевых режимах работы			
	<b>3.2.</b> Пассивные компоненты электронных устройств. Охлаждение силовых элементов электронных аппаратов.			
		<b>3.3.</b> Системные управления электронных коммуникационных аппаратов. Выбор электронных аппаратов и проектирование. Перспективы развития электронных аппаратов		

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
<b>1.</b>	<b>ПК-5</b>	готовность определять параметры оборудования объектов	<b>1.1.</b> Каким требованиям, согласно ГОСТ, должны удовлетворять контактные системы коммутационных аппаратов? Чем определяется действительная поверхность соприкосновения двух контактирующих элементов? <b>1.2.</b> Что представляет собой переходное	<b>1.</b> Контактные системы электрических аппаратов

		<p>профессиональной деятельности</p>	<p>сопротивление контактов и от чего зависит величина переходного сопротивления?  <b>1.3.</b> В чём отличие контакта от контактного соединения и какие признаки характеризуют контакт?  <b>1.4.</b> Как зависит переходное сопротивление контактных соединений и контактов от температуры? Что такое электрохимический ряд металлов и как он учитывается при формировании контактов и контактных соединений?  <b>1.5.</b> Что такое геркон, геркотрон, контактрон?  <b>1.6.</b> Понятие главных и дугогасительных контактов высоковольтных выключателей.  <b>1.7.</b> Понятие щётчного, розеточного контакта? Область их использования.  <b>1.8.</b> В каких аппаратах используются роликовые контакты?  <b>1.9.</b> Как должно выполняться соединение плоских проводников, круглых, круглых с плоскими?  <b>1.10.</b> Электродинамические усилия в контакте. Их возникновение. Соотношение электродинамических усилий и сил начального нажатия на контакт.  <b>1.11.</b> Ток сваривания контактов. Как от него избавиться?</p>	
			<p><b>2.1.</b> Дать понятие рубильников и переключателей. Приводы рубильников.  <b>2.2.</b> Пакетные выключатели в цепях до 1 кВ. область применения.  <b>2.3.</b> Назначение предохранителей. Три группы предохранителей по способу горения дуги. В чём отличие предохранителей высоковольтных от низковольтных?  <b>2.4.</b> Какие материалы используются для плавких вставок предохранителей? Время – токовая характеристика предохранителей.  <b>2.5.</b> Чем отличается перегорание плавкой вставки предохранителей от токов КЗ и перегрузки?  <b>2.6.</b> Дать характеристику нескольким предохранителям до 1 кВ и выше 1 кВ.  <b>2.7.</b> Автоматические выключатели, их классификация. Примеры универсальных и установочных выключателей, их отличие.  <b>2.8.</b> Назначение механизма свободного расцепления в автоматах.  <b>2.9.</b> Назначение и устройство теплового и максимально токового расцепителя, их устройство.  <b>2.10.</b> В чём отличие силовых контактов от дугогасительных в автоматах?  <b>2.11.</b> С какой целью электрическую дугу разбивают на ряд коротких дуг в гасительных камерах автоматов? Принцип «магнитного» дутья в автоматах.  <b>2.12.</b> В чём отличие автомата вакуумного от воздушного?  <b>2.13.</b> Основное назначение контакторов в цепях управления. Какие способы гашения дуги у контакторов?  <b>2.14.</b> Чем вызвано появление контакторов с вакуумными камерами? Какие виды защит можно реализовать у контакторов?  <b>2.15.</b> Что может вызвать вибрацию контактов у контакторов? Способы устранения вибрации.  <b>2.16.</b> С какой целью на концах магнитопровода</p>	<p><b>2.</b> Аппараты распределительных устройств до 1 кВ</p>

		<p>контактора переменного тока установлены короткозамкнутые витки?</p> <p><b>2.17.</b> Назначение магнитных пускателей. Какие способы гашения дуги у магнитных пускателей?</p> <p><b>2.18.</b> Какие виды защит возможно реализовать у магнитного пускателя? Для чего необходимы блок-контакты у магнитных пускателей?</p> <p><b>2.19.</b> В чем принцип реверсирования двигателя с помощью магнитного пускателя?</p>	
		<p><b>3.1.</b> Основные элементы и функциональные узлы систем управления электронных аппаратов.</p> <p><b>3.2.</b> Бесконтактная коммутация. Полупроводниковые элементы (диоды, тиристоры, семисторы).</p> <p><b>3.3.</b> Схема контактора с биполярными группами тиристоров.</p> <p><b>3.4.</b> Схема трехфазного контактора по семисторам. Достоинства и недостатки схемы. Область применения.</p> <p><b>3.5.</b> Пассивные компоненты электронных устройств, особенности их работы в импульсных режимах.</p> <p><b>3.6.</b> Охлаждение силовых элементов электронных аппаратов.</p> <p><b>3.7.</b> Микропроцессоры в системах управления. Прерыватели и регуляторы переменного тока.</p> <p><b>3.8.</b> Гибридные аппараты постоянного тока. Область применения.</p> <p><b>3.9.</b> Выбор и эксплуатация электронных аппаратов в системах электроснабжения.</p> <p><b>3.10.</b> Выбор электронных аппаратов при проектировании электрических схем. Перспективы развития электронных аппаратов.</p>	<b>3. Электронные аппараты</b>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b>  <b>ПК-5:</b>  – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний;  – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения;</p> <p><b>Уметь</b>  <b>ПК-5:</b>  - оценивать возможности аппаратов выполнять свои прямые функции в зависимости от места установки в электрической сети;</p> <p><b>Владеть</b>  <b>ПК-5:</b>  – методами расчета режимов работы электрических и электронных аппаратов в нормальных и аварийных режимах.</p>	<b>отлично</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует уверенное знание основных принципов работы и классификацию электрических и электронных аппаратов; умение оценивать возможности аппаратов; владение методами расчета режимов работы.
	<b>хорошо</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует знание основных принципов работы и классификацию электрических и электронных аппаратов; умение оценивать возможности аппаратов; владение методами расчета режимов работы, но допускаются незначительные неточности.
	<b>удовлетворительно</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует слабое знание основных принципов работы и классификацию электрических и электронных аппаратов; умение оценивать возможности аппаратов; владение методами расчета режимов работы, допускает значительные неточности.
	<b>неудовлетворительно</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он не владеет основными знаниями по данной дисциплине



#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина электрические и электронные аппараты направлена на ознакомление с электрическими и электронными аппаратами управления; на получение теоретических знаний и практических навыков эксплуатации для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины электрические и электронные аппараты предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 Контактные системы электрических аппаратов студенты должны уяснить типы контакторов, материалы, формирование электродинамических усилий в контактах электрических аппаратов.

В ходе освоения раздела 2 Аппараты распределительных устройств до 1 кВ студенты должны уяснить области использования электрических аппаратов в цепях управления станций и подстанций.

В ходе освоения раздела 3 Электронные аппараты студенты должны уяснить преимущество электронных аппаратов над электрическими, их области использования в цепях управления, расчет и выбор элементной базы электронных аппаратов.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для расчета параметров и выбора электрических и электронных аппаратов для применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на место электрические и электронные аппараты в системах управления.

Овладение ключевыми понятиями является изучение физических процессов.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующему вопросу: место электрических и электронных аппаратов в системах управления.

В процессе проведения практических занятий, лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления об электрических и электронных аппаратах, их особенностях и области применения.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения физических процессов в контактах электрических аппаратов.

В процессе консультации с преподавателем необходимо расширить знания о областях применения электрических и электронных аппаратов.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций, лабораторных и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой при подготовке студенческих докладов на семинарах и научных конференциях.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Электрические и электронные аппараты**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

##### **Цель дисциплины**

- дать теоретическую и практическую основу знаний по конструкционным особенностям элементов электроэнергетического комплекса.

##### **Задачи дисциплины**

- формирование ясного представления о конструкциях электрических аппаратов, выполненных с учетом механических и электродинамических усилий, возникающих в конструкциях аппаратов при нормальных (эксплуатационных) и экспериментальных ситуациях.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк - 4 час.; ЛР - 6 час.; ПЗ - 8 час.; СР - 153 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1- Контактные системы электрических аппаратов
- 2- Аппараты распределительных устройств до 1 кВ
- 3- Электронные аппараты

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5- готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: экзамен**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-5	готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	1. Контактные системы электрических аппаратов	1.1. Общие сведения. Классификация контактных узлов. Зависимость переходного сопротивления контактов от температуры и материала. Конструктивные особенности контактов.	Защита ЛР Отчет по ПЗ
			1.2. Твёрдометаллические замыкающиеся контакты высоковольтных электрических аппаратов. Контактные соединения. Проектирование контактных систем коммутационных аппаратов.	
		2. Аппараты распределительных устройств до 1 кВ	2.1. Электрические контакты. Понятие коммутации электрических цепей.	Защита ЛР Отчет по ПЗ
			2.2. Электрическая дуга постоянного и переменного тока. Источники теплоты, нагрев и охлаждение аппаратов	
			2.3. Рубильники и переключатели. Пакетные выключатели и переключатели	
			2.4. Предохранители	
2.5. Контактторы. Магнитные пускатели.				

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

Показатели	Оценка	Критерии
<b>Знать</b> <b>ПК-5:</b> – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний; – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения; <b>Уметь</b> <b>ПК-5:</b> - оценивать возможности аппаратов выполнять свои прямые функции в зависимости от места установки в электрической сети; <b>Владеть</b> <b>ПК-5:</b> – методами расчета режимов работы электрических и электронных аппаратов в нормальных и аварийных режимах.	<b>зачтено</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует уверенное знание основных принципов работы и классификацию электрических и электронных аппаратов; умение оценивать возможности аппаратов; владение методами расчета режимов работы.
	<b>не зачтено</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он не владеет основными знаниями по данной дисциплине

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) от «3» сентября 2015 г. №955

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «3» июля 2018г. №413

**Программу составил:**

Булатов Ю.Н., зав.кафедрой, доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ЭиЭ

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Заведующий кафедрой ЭиЭ \_\_\_\_\_ Ю.Н. Булатов

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н. Булатов

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ А.Д. Ульянов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_