

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рукович Александр Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 26.09.2023 16:23:32

Уникальный программный ключ:

f45eb7c44954саас05ea7d4f32eb8d7d6b3cb96ae6d9b4bda094afddaffb705f

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «СВФУ» в г. Нерюнгри

Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.О.21 Электрические и электронные аппараты**  
для программы бакалавриата  
по направлению подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Направленность (профиль) программы: «Электропривод и автоматика»

Форма обучения – очная

Автор: Шабо К.Я., к.т.н., доцент кафедры ЭПиАПП, e-mail: [kamilshabo@rambler.ru](mailto:kamilshabo@rambler.ru)

РЕКОМЕНДОВАНО	ОДОБРЕНО	ПРОВЕРЕНО
Заведующий кафедрой разработчика ЭПиАПП  А.В. Рукович протокол № <u>11</u> от « <u>11</u> » <u>05</u> 2023 г.	Заведующий выпускающей кафедрой ЭПиАПП  / А.В. Рукович протокол № <u>11</u> от « <u>11</u> » <u>05</u> 2023 г.	Нормоконтроль в составе ОП пройден Специалист УМО/деканата  / К.А.Кравчук « <u>15</u> » <u>05</u> 2023 г.
Рекомендовано к утверждению в составе ОП Председатель УМС  / Л.Д. Ядреева протокол УМС № <u>10</u> от « <u>18</u> » <u>05</u> 2023 г.		Зав. библиотекой  / О.Н. Болгова « <u>15</u> » <u>05</u> 2023 г.

Нерюнгри 2023

**1. АННОТАЦИЯ**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**Б1.О.21 Электрические и электронные аппараты**  
Трудоемкость 4 з.е.

**1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины**

Цель преподавания дисциплины - Освоение теоретических основ и принципов работы электрических и электронных аппаратов (ЭА). Изучение основных электромагнитных, тепловых и дуговых процессов в ЭА, структур и принципов управления ЭА. Приобретение навыков использования физических и электротехнических законов для расчета узлов основных типов ЭА.

Для решения поставленной цели необходимо научить студентов:

- классифицировать различные типы ЭА;
- применять методы анализа различных процессов в ЭА, методы получения и определения взаимосвязи между различными процессами в ЭА;
- проводить элементарные испытания ЭА.

**Краткое содержание дисциплины:** Назначение и классификация электрических аппаратов, требования предъявляемые к ним. Основные стандарты в области электрических аппаратов. Электродинамические силы. Нагрев электрических аппаратов. Контакты электрических аппаратов. Электрическая дуга. Коммутационные аппараты низкого напряжения. Электромагнитные механизмы. Автоматические выключатели и предохранители. Бесконтактные полупроводниковые гибридные электрические аппараты. Электронные бесконтактные электрические аппараты. Электрические аппараты высоковольтных распределительных устройств. Высоковольтные выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, высоковольтные предохранители, разрядники, ограничители, реакторы.

**1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Планируемые результаты освоения программы (код и содержание компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
Теоретическая и практическая профессиональная подготовка	ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.	ОПК-4.6: Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.	<b>Знать:</b> электрические аппараты, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем; физические явления в электрических аппаратах и основы теории электрических	разноуровневые задания, лабораторные работы, РГР, Тест.
Проектный	ПК-1: Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и	ПК-1.4: Решает вопросы присоединения к энергосистеме, выбирает способ канализации электроэнергии ПК-1.5: Разрабатывает		

эксплуатационный	<p>нормативнотехнической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.</p>	<p>отдельные части проекта электроснабжения предприятий, организаций и учреждений.</p>	<p>аппаратов; <i>понимать:</i> существо задач анализа и синтеза узлов, типовых ЭЭА, ограничения применимости методов анализа ЭЭА, правильно использовать допущения при анализе процессов в ЭЭА; <b>уметь:</b> применять, эксплуатировать и производить выбор электрических аппаратов, применять методы моделирования, позволяющие прогнозировать свойства и характеристики ЭЭА при расчетах основных узлов ЭЭА, использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока, анализа электромагнитных и тепловых процессов в различных ЭЭА, свободно ориентироваться в принципах действия и особенностях конструкции основных видов ЭЭА; <b>Владеть:</b> методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических</p>
	<p>ПК-2: Способен проводить обоснование проектных решений.</p>	<p>ПК-2.1: Рассчитывает и проектирует технические объекты в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования. ПК-2.3: Выбирает и проверяет электрооборудование на среднем и низком напряжении, рассчитывает режимы его работы.</p>	<p>использовать допущения при анализе процессов в ЭЭА; <b>уметь:</b> применять, эксплуатировать и производить выбор электрических аппаратов, применять методы моделирования, позволяющие прогнозировать свойства и характеристики ЭЭА при расчетах основных узлов ЭЭА, использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока, анализа электромагнитных и тепловых процессов в различных ЭЭА, свободно ориентироваться в принципах действия и особенностях конструкции основных видов ЭЭА; <b>Владеть:</b> методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических</p>
	<p>ПК-3: Способен применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</p>	<p>ПК-3.1: Организует эксплуатацию электрооборудования на среднем и низком напряжении.</p>	<p>использовать допущения при анализе процессов в ЭЭА; <b>уметь:</b> применять, эксплуатировать и производить выбор электрических аппаратов, применять методы моделирования, позволяющие прогнозировать свойства и характеристики ЭЭА при расчетах основных узлов ЭЭА, использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока, анализа электромагнитных и тепловых процессов в различных ЭЭА, свободно ориентироваться в принципах действия и особенностях конструкции основных видов ЭЭА; <b>Владеть:</b> методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических</p>
	<p>ПК-4: Готов к участию в выполнении ремонтов оборудования по заданной методике.</p>	<p>ПК-4.1: Проверяет техническое состояние и остаточный ресурс электроэнергетического и электротехнического оборудования, организует профилактические осмотры и</p>	<p>использовать допущения при анализе процессов в ЭЭА; <b>уметь:</b> применять, эксплуатировать и производить выбор электрических аппаратов, применять методы моделирования, позволяющие прогнозировать свойства и характеристики ЭЭА при расчетах основных узлов ЭЭА, использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока, анализа электромагнитных и тепловых процессов в различных ЭЭА, свободно ориентироваться в принципах действия и особенностях конструкции основных видов ЭЭА; <b>Владеть:</b> методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических</p>

		текущий ремонт.	цепях; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы ЭЭА и при использовании специализированной литературы решать задачи проектирования основных узлов ЭЭА.	
	ПК-5: Готов к составлению заявок на оборудование и запасные части и подготовке технической документации на ремонт.	ПК-5.1: Применяет и осваивает вводимое электроэнергетическое и электротехническое оборудование.		

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Индекс	Наименование дисциплины (модуля), практики	Семестр изучения	Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик	
			на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.О.21	Электрические и электронные аппараты	6	Б1.О.14 Физика. Б1.О.13 Математика. Б1.О.22 Техническая механика. Б1.О.18 Электротехническое и конструкционное материаловедение.	Б1.В.02 Электропривод общепромышленных механизмов. Б1.В.ДВ.07.02 Монтаж, наладка и диагностика общепромышленных электроприводов.

### 1.4. Язык преподавания: русский

**2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Выписка из учебного плана (гр. Б-ЭП-23):

Код и название дисциплины по учебному плану	Б1.О.21 Электрические и электронные аппараты	
Курс изучения	3	
Семестр(ы) изучения	6	
Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	экзамен	
Расчетно-графическая работа, семестр выполнения	6	
Трудоемкость (в ЗЕТ)	4 ЗЕТ	
<b>Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:</b>	144	
<b>№1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах:</b>	Объем аудиторной работы, в часах	В т.ч. с применением ДОТ или ЭО <sup>1</sup> , в часах
Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):	67	-
1.1. Занятия лекционного типа (лекции)	26	-
1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:	39	-
- семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.)	13	-
-в том числе в форме практической подготовки	13	
- лабораторные работы	26	-
- практикумы	-	-
1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)	2	-
<b>№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>	50	
<b>№3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)</b>	27	

<sup>1</sup>Указывается, если в аннотации образовательной программы по позиции «Сведения о применении дистанционных технологий и электронного обучения» указан ответ «да».

### 3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

Раздел	Всего часов	Контактная работа, в часах									Часы СРС
		Лекции	из них с применением ЭО и ДОТ	Практические занятия (в форме практической подготовки)	из них с применением ЭО и ДОТ	Лабораторные работы	из них с применением ЭО и ДОТ	Практикумы	из них с применением ЭО и ДОТ	КСР (консультации)	
Введение. Назначение классификация электрических аппаратов. Требования предъявляемые к ним. Основные стандарты в области электрических аппаратов.	15	4	-	-	-	4	-	-	-	-	7 (ЛР)
Электродинамические силы	22	4	-	3 (3)	-	4	-	-	-	1	4 (ЛР) 6(РГР)
Контакты электрических аппаратов	17	4		2 (2)		4				-	7(ЛР)
Нагрев электрических аппаратов. Электрическая дуга	19	4		3 (3)		4				-	8(ЛР)
Электромагнитные механизмы	19	4		2 (2)		4				1	8 (ЛР)
Электронные бесконтактные электрические аппараты	25	6		3 (3)		6				-	10(ЛР)
<b>Всего часов за семестр</b>	<b>117</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>13 (13)</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>50</b>

Примечание: ЛР-подготовка к лабораторным занятиям, РГР – выполнение расчетно-графической работы.

#### 3.2. Содержание тем программы дисциплины

**Тема 1.** Введение. Назначение, классификация электрических аппаратов, классификация электрических установок и требования предъявляемые к ним. Основные стандарты в области электрических аппаратов. Обозначение цепей в электрических схемах. Правила техники чтения электрических схем. Режимы работы цеховой электрической цепи. Схемы включения электрических приемников. Электротехнологическая установка

**Тема 2.** Электродинамические силы.

Электродинамические усилия в электрических аппаратах. Способы расчета электродинамических усилий. ЭДУ в кольцевом витке и между кольцевыми витками. ЭДУ между про-

водником с током и ферромагнитные массы. ЭДУ при переменном токе. Механический резонанс.

### **Тема 3. Контакты электрических аппаратов.**

Классификация электрических контактов. Переходное сопротивление электрического контакта. Явление спекания (сваривания) контактов во включенном состоянии. Износ контактов. Дребезг. Работа контактной системы в условиях короткого замыкания. Материалы для контактных соединений.

### **Тема 4. Нагрев электрических аппаратов.**

Источники тепловой энергии в электрических аппаратах. Уравнение теплового баланса при нагреве однородного проводника во времени при продолжительном режиме работы. Термическая устойчивость. Электрическая дуга. Основы теории горения и гашения дуги. Условие гашение дуги постоянного тока. Условие гашения дуги на переменном токе.

### **Тема 5. Электромагнитные механизмы.**

Конструкция элемагнитных механизмов и принцип действия. Классификация электромагнитных механизмов. Электромагниты постоянного тока. Электромагниты переменного тока. Сравнение тяговых характеристик электромагнитов постоянного и переменного тока.

### **Тема 6. Электронные бесконтактные электрические аппараты.**

Общие сведения. Магнитные усилители. характеристика управления магнитного усилителя, бесконтактные коммутационные аппараты на магнитных усилителях. Электронные аппараты, силовые полупроводниковые приборы. Физические процессы происходящих в магнитном усилителе.

## **3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии:**

Для изучения дисциплины предусмотрены следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, расчетно-графические задания, самостоятельная работа студентов, индивидуальные и групповые консультации.

В процессе преподавания дисциплины специальные интерактивные технологии не предусмотрены.

## **4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы<sup>2</sup> обучающихся по дисциплине Содержание СРС**

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Назначение классификация электрических аппаратов. Требования предъявляемые к ним.	Выполнение РГР	7	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)

<sup>2</sup> Самостоятельная работа студента может быть внеаудиторной (выполняется студентом самостоятельно без участия преподавателя – например, подготовка конспектов, выполнение письменных работ и др.) и аудиторной (выполняется студентом в аудитории самостоятельно под руководством преподавателя – например, лабораторная или практическая работа).

2	Электродинамические силы	Выполнение РГР	10	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
3	Контакты электрических аппаратов	Выполнение РГР	7	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
4	Нагрев электрических аппаратов. Электрическая дуга	Выполнение РГР	8	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
5	Электромагнитные механизмы	Выполнение РГР	8	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
6	Электронные бесконтактные электрические аппараты	Выполнение РГР	10	Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС)
	Всего часов		50	

#### Лабораторные работы или лабораторные практикумы

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Лабораторная работа или лабораторный практикум	Трудоемкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Назначение классификация электрических аппаратов. Требования предъявляемые к ним. Основные стандарты в области электрических аппаратов.	Изучение электрических аппаратов, требования предъявляемые к ним, и основных стандартов в области электрических аппаратов.	4	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
2	Электродинамические силы	Изучение Электродинамических сил.	4	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
3	Контакты электрических аппаратов	Изучение Контактных электрических аппаратов	4	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
4	Нагрев электрических аппаратов. Электрическая дуга	Изучение Нагрева электрических аппаратов и электрической дуги.	4	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.



5	Электромагнитные механизмы	Изучение Электромагнитных механизмов.	4	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
6	Электронные бесконтактные электрические аппараты	Изучение Электронных бесконтактных электрических аппаратов	6	Оформление работы в соответствии с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.
	Всего часов		26	

### **Работа на лабораторном занятии**

В период освоения дисциплины студенты посещают лекционные занятия, самостоятельно изучают дополнительный теоретический материал к лабораторным занятиям. Критериями оценки работы на лабораторных занятиях является: владение теоретическими положениями по теме, выполнение лабораторных работ. Самостоятельная работа студентов включает проработку методических рекомендаций и дополнительной учебной литературы в соответствии с планом занятия; выполнение лабораторных работ. Основной формой проверки СРС является проведение лабораторных работ и письменное написание полученных результатов согласно методическим рекомендациям.

Содержание дисциплины, разработка лабораторных занятий с указанием основной и дополнительной литературы к каждому занятию, а также методические рекомендации к выполнению лабораторных заданий, образцы их выполнения представлены в Методических указаниях по курсу «Электрические аппараты». ООО НПП «Учебная техника». Нерюнгри, 2009 г.

Критериями для оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении лабораторных работ;
- правильность выполнения лабораторных работ;
- обоснованность и четкость изложения результатов.

Максимальный балл, который студент может набрать на лабораторном занятии, - 20 баллов.

### ***Перечень лабораторных работ***

1. Изучение реле постоянного и реле переменного тока
2. Изучение контакторов переменного тока
3. Изучение магнитного пускателя переменного тока
4. Изучение самовосстанавливающихся предохранителей
5. Изучение автоматических выключателей с тепловым расцепителем и с расцепителем максимального тока
6. Изучение принципа действия устройства защитного отключения (УЗО)
7. Изучение реле времени и реле напряжения
8. Изучение реле максимального тока и теплового реле
9. Изучение конечного выключателя
10. Изучение устройств сигнализации

## Критерии оценки:

Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения одной лабораторной работы	Количество набранных баллов (1 ЛР)
<p>Получен допуск к выполнению лабораторной работы подразумевающий, что теоретический материал, изложен в объеме, необходимом для выполнения лабораторной работы; сформулированы цели и задачи, требующие решения в ходе выполнения лабораторной работы; приведены необходимые схемы, формулы и соотношения, решены предложенные задачи; обозначена последовательность выполнения лабораторной работы, с соблюдением правил техники безопасности.. <i>Лабораторная работа выполнена в полном объеме, самостоятельно, с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений, все опыты проведены в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов, соблюдены требования правил техники безопасности, продемонстрировано умение читать и собирать электрические схемы со знанием символики, понимания терминологии. На дату защиты предоставлен отчет по результатам лабораторной работы, оформленный в соответствии с требованиями ГОСТ единой системы конструкторской документации (ЕСКД), полностью отображающий проведенные исследования. В ходе защиты продемонстрировано знание основных законов и методов анализа процессов, протекающих в исследуемой области, логично и грамотно изложены умозаключения и выводы.</i></p>	2 б.
<p>При получении допуска к выполнению лабораторной работы ответы выявили незнание студентом определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, незнание приемов решения задач, аналогичных ранее решенным на практических занятиях, т.е. уровень знаний не позволяет ему провести опыт, необходимые расчеты, или использовать полученные данные для формулировки выводов. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. или Ответ на вопрос полностью отсутствует или Отказ от ответа</p>	0 б.

## Расчетно-графическая работа

### Пример расчетно-графической работы

1. **Задание:** Рассчитать катушку электромагнитного механизма

**Таблица 1.1.** Данные для расчета катушки электромагнитного механизма

вариант	М.Д.С. нагретой катушки, $F_m$	Внутренний диаметр катушки $D$ , см	Конструкция катушки	Отношение $a/h$	Допустимое превышение температуры, $t_{доп}$ , °C	Температура окружающей среды, $\theta_0$ , °C	Марка провода
1	2	3	4	5	6	7	8

01	2000	2	каркасная	1,2	80	20	ПЭС-1
02	1800	1,2	бескаркасная	1,3	78	22	ПЭТВ-2
03	1400	1,8	каркасная, компанунированная	1,4	70	50	ПЭЛ
04	2200	2	каркасная	1,5	80	40	ПЭТВ
05	1650	1,3	бескаркасная	1,6	60	25	ПЭВЛ
06	2000	2	каркасная, компанунированная	1,2	65	35	ПЭТВ-2
07	1000	2,5	каркасная	1,3	92	58	ПЭТ-200
08	1800	3,5	бескаркасная	1,4	94	56	ПЭВ-1
09	2400	1,5	каркасная, компанунированная	1,5	96	54	ПЭВ-2
10	1200	1,3	каркасная	1,6	72	28	ПЭС-2
11	1650	2	бескаркасная	1,2	74	26	ПЭТ-155
12	1500	1	каркасная, компанунированная	1,3	76	24	ПЭЛО
13	2000	3	каркасная	1,4	80	40	ПНЭТ
14	1800	2,1	бескаркасная	1,5	88	32	ПЭШО
15	1400	2,0	каркасная, компанунированная	1,6	70	50	ПЭБО
16	1200	1	каркасная	1,2	75	35	ПЭВ-2
17	2650	1,5	бескаркасная	1,3	60	30	ПЭТВ
18	1100	2,5	каркасная, компанунированная	1,4	65	25	ПЭЛО

19	1300	1, 55	каркасная, компандинированная	1,5	82	38	ПЭБО
20	1600	1,25	каркасная	1,6	84	36	ПЭС-1
21	1700	2	бескаркасная	1,2	86	32	ПЭТВ-2
22	1350	2	каркасная, компандинированная	1,3	72	38	ПЭЛ
23	1650	2, 5	каркасная	1,4	80	40	ПЭТВ
24	1250	1, 5	бескаркасная	1,5	80	40	ПЭВЛ
25	1150	1,6	каркасная, компандинированная	1,6	86	49	ПЭВ-2

Напряжение катушки для всех вариантов :  $U=110$  В

### Методические указания для решения задачи

Катушка является одним из основных элементов электромагнитного механизма. Ее надежная работа обеспечивает правильную и надежную работу всего механизма.

Обмоточные провода для катушки в зависимости от вида изоляции делятся на три группы:

**1. Обмоточные провода с эмалевой изоляцией.** Такая изоляция имеет небольшую толщину, обладает высокой теплопроводностью и влагостойкостью. Диэлектрическая прочность эмалевой изоляции высокая. Марки проводов: ПЭВ, ПЭВ-1, ПЭВ-2, ПЭВ-3, ПЭТВ, ПЭЛ.

**2. Обмоточные провода с изоляцией из пряжи.** Радиальная толщина такой изоляции значительна, изоляция гигроскопичная и требует пропитки, теплопроводность и диэлектрические свойства ниже чем у эмалевой изоляции. Основное достоинство такой изоляции является ее значительная механическая прочность. Марки проводов: ПБО, ПБД, ПШО, ПЩД, ПСД, ПСДК, ПДА.

**3. Обмоточные провода с комбинированной изоляцией.**

При намотке катушки использование обмоточного пространства будет тем лучше, чем большая его часть заполнена чистой медью. Эта величина характеризуется коэффициентом заполнения катушки по меди ( $K_{з.м}$ ). Значение коэффициента заполнения должно быть как можно больше. Величина  $K_{з.м}$  зависит от следующих факторов:

1) профиля медной жилы. Обмотка катушки, выполненная из прямоугольного обмоточного провода, будет иметь более высокие значения  $K_{з.м}$ , так как прямоугольный провод можно уложить более плотно, чем круглый;

2) толщины изоляции обмоточного провода. Обычно принимается: -для проводов с эмалевой изоляцией  $K_{з.м}=(0,45-0,55)$ ;

-для проводов с изоляцией из пряжи и комбинированной изоляции  $K_{з.м}=(0,28- 0, 35)$ ;

3) сечения обмоточного провода. Чем больше сечение, тем выше  $K_{з.м}$ ;

4) способа намотки.

Различают три способа намотки: рядовая, шахматная, дикая.

Величиной, характеризующей плотность намотки и возможность ее изготовления является обмоточный коэффициент  $K_{з.обм}$ . В зависимости от способа намотки значение обмоточного коэффициента заполнения следующие:

- дикая обмотка  $K_{з.обм}=(0,6- 0,75)$ ;
- рядовая обмотка  $K_{з.обм}= (0,75- 0,85)$ ;
- шахматная обмотка  $K_{з.обм}= (0,85- 0,95)$ ;
- обмотка из меди прямоугольного сечения

$K_{з.обм}= (0,9- 0,93)$ .

При прохождении тока через катушку ее обмотка выделяет тепло, причем выделение тепла идет как с поверхностных слоев обмотки, так и с внутренних. Обычный расчет нагрева ведется по средней температуре катушки, считая, что все витки греются одинаково.

Тепло, выделяемое обмоткой катушки, отдается в окружающую среду через ее поверхность.

В большинстве случаев теплоотдача с внутренней боковой поверхности и с торцов хуже, чем с наружной.

Допустимая температура нагрева катушки определяется, исходя из нагревостойкости, низшего класса изоляции, применяемого в катушке.

Коэффициент теплоотдачи при температуре окружающей среды  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяется по таблице 1.2

**Таблица 1.2. Значение коэффициента теплоотдачи**

Допустимое превышение температуры $\tau_d$ , $^{\circ}\text{C}$	$K \cdot 10^{-4}$ , Вт/ $\text{cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	
	Группа 1	Группа 2
40	11	9, 84
45	11, 2	10, 01
50	11, 41	10, 19
55	11, 62	10, 37
60	11, 8	10, 54
65	12, 04	10, 72
70	12, 25	10, 99
75	12, 46	11, 17
80	12, 68	11, 35
85	12, 89	11, 52

Сильное влияние на величину коэффициента оказывает конструкция катушки, поэтому все катушки подразделяют на две группы: с хорошей теплоотдачей (группа 1), с плохой теплоотдачей

( группа 2).

К группе 1 относятся бескаркасные катушки без бандаж, с небольшой толщиной наружной изоляции, с плотным прилеганием к железу сердечника, а также каркасные с выполнением каркаса на массивной трубке или непосредственно на сердечнике. В таких катушках существенно улучшается процесс теплоотдачи на железо магнитопровода.

К группе 2 относятся катушки на изолированном каркасе, на металлическом каркасе из тонкой трубки, бескаркасные бандажированные катушки с усиленной изоляцией на высокие напряжения, соленоидные катушки, и все катушки переменного тока независимо от их конструкции.

### Алгоритм расчета

1. Определяем высоту обмоточного пространства, см

$$h = \sqrt[3]{\frac{F_i^2 \rho}{2 \dot{E}_{\zeta,i} \frac{\dot{a}}{h} \tau_{air} \dot{e}}} \quad (1.1)$$

где:  $\rho$  - удельное сопротивление проводника определяется по таблице 1.3 при абсолютной температуре

$$\theta_{гор} = \theta_0 + \tau_{дон} \quad (1.2)$$

$K$ - коэффициент теплоотдачи при абсолютной температуре определяется по таблице 1.2 Для компаундированных катушек принятый по таблице 1.2 коэффициент теплоотдачи необходимо увеличить на 7 %; в задаче принимается  $K$  для любой группы.

$K_{з.м}$ - коэффициент заполнения, принимается в зависимости от вида изоляции провода (см. методические указания к решению задачи)

**Таблица 1.3. Удельные сопротивления меди ( $\rho$ ) при различных температурах в Ом · см**

температура	20°	75°	100°	120°	150°
$\rho$ , Ом · см	$17,5 \cdot 10^{-7}$	$21,7 \cdot 10^{-7}$	$23,5 \cdot 10^{-7}$	$25 \cdot 10^{-7}$	$27 \cdot 10^{-7}$

2. Определяем ширину обмоточного пространства  $a$ , см, из соотношения  $a/h$ , заданного в исходных данных и рассчитанной высоты  $h$  обмоточного пространства

3. Определяем наружный диаметр катушки, см

$$D_{нар} = D_{вн} + 2a \quad (1.3)$$

4. Определяем среднюю длину витка, см

$$l_{cp} = \pi (D_{нар} + D_{вн}) / 2 \quad (1.4)$$

5. Определяем поверхность охлаждения, см<sup>2</sup>

$$S = 2 l_{cp} h \quad (1.5)$$

6. Определяем мощность катушки при допустимом превышении температуры («горячая»), Вт

$$P_{гор} = KS \tau_{дон}, \quad (1.6)$$

7. Определяем сопротивление нагретой катушки («горячее»), Ом

$$R_{гор} = U^2 / P_{гор} \quad (1.7)$$

8. Определяем сопротивление холодной катушки («холодное»), Ом

$$R_{хол} = \frac{R_{гор}}{1 + \alpha (\theta_{гор} - \theta_{хол})} \quad (1.8)$$

где

$\theta_{хол} = 20^\circ C$ ;

$\alpha = 0,004$ - коэффициент температурного расширения.

9. Определяем число витков катушки

$$\omega = \sqrt{\frac{R_{хол} K_{з.м} h a}{\rho l_{cp}}} \quad (1.9)$$

где

$\rho$  – удельное сопротивление меди при температуре 20°C

10. Определяем диаметр медной жилы провода, см

$$d = 2\sqrt{\frac{K_{з.м}ha}{\pi\omega}} \quad (1.10)$$

11. Выбираем по ГОСТам ближайший больший диаметр провода без изоляции и диаметр провода с изоляцией в зависимости от марки провода:  $d_{ст} d_{из}$ . **В справочных таблицах диаметр задается в мм.**

12.Проверяем возможность намотки катушки по обмоточному коэффициенту заполнения

$$K_{з.обм} = \frac{d_{из}^2\omega}{ha} \quad (1.11)$$

где  $d_{из}$  подставляется в см

- дикая обмотка  $K_{з.обм}=(0,6- 0,75)$

- рядовая обмотка  $K_{з.обм}= (0,75- 0,85)$

- шахматная обмотка  $K_{з.обм}= (0,85- 0,95)$

- обмотка из меди прямоугольного сечения

$K_{з.обм}= (0,9- 0,93)$

13. Определяем М.Д.С. катушки при горячем сопротивлении, А

$$F_M = \frac{U\omega}{R_{гор}} \quad (1.12)$$

МДС катушки может отличаться от исходных данных на (1-2)% от исходных данных.

14. Уточняем превышение температуры катушки по определенной М.Д.С.

$$\tau_{уст} = \frac{\rho_{гор}}{2K_{з.м}Kh^2a} F_M^2 \quad (1.13)$$

Превышение температуры практически не должно отличаться от принятого допустимого. Увеличение расчетного превышения температуры над допустимой величиной на 3-6 °С вполне допустимо, так как все допущения расчета обычно делаются в сторону ухудшения теплоотдачи и увеличения превышения температуры.

### Критерии выставления оценок за выполнение и защиту РГР:

Характеристика выполнения и защиты РГР	Количество набранных баллов
<ul style="list-style-type: none"><li>- работа сдана в срок,</li><li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ ЕСКД,</li><li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,</li><li>- практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом и интерпретацией полученных результатов;</li><li>- теоретическая взаимосвязь с практической частью освещена в полном объеме, глубоко, с использованием различных источников научно-технической информации.</li><li>- при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет;</li></ul>	17-20, «отлично»

<ul style="list-style-type: none"> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа сдана в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ ЕСКД,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,</li> <li>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;</li> <li>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно;</li> <li>- четко обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты</li> </ul>	<p>14-17, «хорошо»</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа сдана в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал,</li> <li>- практическое задание выполнено со значительными ошибками</li> <li>- не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений;</li> <li>- при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя</li> <li>- ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности</li> <li>- в схемах допущены неточности</li> </ul>	<p>10-14, «удовлетворительно»</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- оформление не соответствует требованиям,</li> <li>- список литературы содержит справочный материал,</li> <li>- неуверенность в применении справочной литературы,</li> <li>- не выполнены требования на оценку «удовлетворительно»</li> <li>- отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения.</li> <li>- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки,</li> <li>- не верно обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- изложение основных аспектов несвязно,</li> <li>- отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения,</li> <li>- структура расчетов не соответствует содержанию,</li> <li>- на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы,</li> <li>- в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно</li> <li>- ответы на наводящие вопросы не верные.</li> </ul>	<p>менее 10, «неудовлетворительно»</p>



*\*В таблице приведено количество баллов, которое студент может набрать за выполнение РГР в течение семестра.*

**Темы практических занятий:**

1. Электродинамические силы
2. Контакты электрических аппаратов
3. Нагрев электрических аппаратов. Электрическая дуга
4. Электромагнитные механизмы
5. Электронные бесконтактные электрические аппараты.

Практические работы представляют собой решение практических задач по перечисленным темам. Варианты заданий выдаются преподавателем.

**Критерии оценки:**

<b>Характеристика выполнения практических заданий</b>	<b>Количество набранных баллов</b>
Верное решение всех задач практических работ.	15
Неверное решение задач.	0

*\*В таблице приведено количество баллов, которое студент может набрать за выполнение всех практических работ в течение семестра.*

**Темы тестов:**

1. Контакты электрических аппаратов
2. Нагрев электрических аппаратов. Электрическая дуга
3. Электромагнитные механизмы

**Примеры тестовых заданий**

Отметьте правильный ответ

- 1.. Какие защитные аппараты предназначены для защиты электрических цепей от КЗ на зажимах потребителя?
  - а) минимально-токовые реле
  - б) предохранители
  - в) тепловые реле
  - г) максимально-токовые реле
2. Перечислите аппараты, выполняющие функцию ограничения напряжения?
  - а) контакторы и магнитные пускатели;
  - б) электромагнитные реле;
  - в) разрядники;
  - г) трансформаторы тока и напряжения;
  - д) датчики.
3. Какие аппараты не входят в состав низковольтных комплектных устройств?
  - а) контакторы и магнитные пускатели
  - б) автоматические выключатели
  - в) реакторы и разрядники
  - г) трансформаторы тока
4. Перечислите аппараты, выполняющие функцию контроля и измерения:
  - а) контакторы и магнитные пускатели;
  - б) электромагнитные реле;
  - в) реакторы и разрядники;
  - г) трансформаторы тока и напряжения.
5. Что такое коммутационная износостойкость аппарата?
  - а) максимальное число включений и отключений аппарата при отсутствии тока в главной цепи

- б) максимальное число включений и отключений аппарата при наличии тока в главной цепи
  - в) максимальный ток, который способен коммутировать аппарат
6. Каково назначение теплового расцепителя автомата?
- а) реагирует на перегрузку по току в защищаемой цепи;
  - б) для отключения токов короткого замыкания;
  - в) реагирует на падение напряжения в сети;
  - г) для дистанционного отключения автомата.
7. Какой расцепитель автомата реагирует на перегрузку по току в защищаемой цепи?
- а) минимальный расцепитель напряжения;
  - б) расцепитель максимального тока с обратозависимой характеристикой;
  - в) полупроводниковый расцепитель.
8. Какова роль механизма свободного расцепления автомата?
- а) для исключения самопроизвольного отброса контактов;
  - б) для контроля состояния цепи;
  - в) для исключения возможности удержания автомата во включенном состоянии при КЗ в цепи;
  - г) для снижения вибрации контактов автомата при включении.
9. Какова роль механизма свободного расцепления автомата?
- а) для исключения самопроизвольного отброса контактов;
  - б) для контроля состояния цепи;
  - в) для исключения возможности удержания автомата во включенном состоянии при КЗ в цепи;
  - г) для снижения вибрации контактов автомата при включении.
10. Выберите правильное утверждение, описывающее работу автоматического выключателя:
- а) встроенное в автомат тепловое реле реагирует на токи перегрузки;
  - б) главные контакты многополюсного автомата замыкаются поочередно препятствуя быстрому нарастанию тока и возникновению дуги;
  - в) реверсивный автоматический выключатель позволяет осуществлять торможение двигателя противозаключением;
  - г) время срабатывания теплового расцепителя зависит от температуры окружающей среды.
11. С какой целью устанавливают разрядники?
- а) уменьшения сечения проводов линий
  - б) облегчения изоляции оборудования
  - в) уменьшения тока в цепях
12. Какой режим является рабочим для трансформатора напряжения?
- а) аварийный режим
  - б) режим холостого хода
  - в) режим короткого замыкания
  - г) согласованный режим
13. Для какого трансформатора режим разомкнутой вторичной обмотки является аварийным?
- а) измерительный трансформатор напряжения
  - б) трансформатор напряжения
  - в) измерительный трансформатор тока
14. Каково назначение реактора?
- а) для понижения первичного тока до стандартных значений и отделения вторичных цепей от цепей высокого напряжения
  - б) для ограничения токов КЗ

- в) для создания надежного видимого разрыва цепи высокого напряжения и обеспечение безопасного проведения работ  
 г) для защиты цепей высокого напряжения от коммутационных перенапряжений для

15. Какой способ гашения дуги применяется в выключателях ВМП?

- а) гашение в вакууме  
 б) гашение в воздухе  
 в) гашение в масле  
 д) гашение в элегазе

16. В каких автоматических выключателях используется дугогасительная камера только для отключения номинальных токов, а не токов короткого замыкания?

- а) маломасляный выключатель  
 б) выключатель нагрузки  
 в) воздушный выключатель  
 д) электромагнитный выключатель

17. В чем состоит отличие УЗО от автоматического выключателя дифференциального тока (АВДТ)?

- а) УЗО защищает от поражения электрическим током, а АВДТ - нет;  
 б) УЗО имеет только двухполюсное исполнение, а АВДТ - разные;  
 в) УЗО не защищает от коротких замыканий, а АВДТ защищает.

Шкала оценивания:

Процент выполненных тестовых заданий	Количество набранных баллов
91% - 100%	5
81% - 90%	4
71% - 80%	3
61% - 70%	2
51% - 60%	1
<50%	0

### 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для помощи обучающимся в успешном освоении дисциплины в соответствии с запланированными видами учебной и самостоятельной работы обучающихся:

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Количество экземпляров в библиотеке СВФУ
1	Чепайкина Т.А. Методические указания к выполнению КР по курсу «Электрические и электронные аппараты», ТИ(ф) СВФУ, 2010.		
2	Шадрин Г.А. Датчики тока и напряжения. Учебное пособие. ТИ (ф) ЯГУ, 2006г		

Методические указания размещены в СДО Moodle:  
<http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=14026>

### Рейтинговый регламент по дисциплине:

Вид выполняемой учебной работы (контролирующие мероприятия)	Количество баллов (min)	Количество баллов (max)
Лабораторные занятия	1*10=10	2*10=20

Практические занятия	2*5=10	3*5=15
Расчетно-графическая работа	15	20
Тестирование	10	5*3=15
<b>Количество баллов для допуска к экзамену (min-max)</b>	<b>45</b>	<b>70</b>

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

Коды оцениваемых компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)	Шкалы оценивания уровня сформированности компетенций/элементов компетенций		
			Уровни освоения	Критерии оценивания (дескрипторы)	Оценка
ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.	ОПК-4.6: Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.	<b>Знать:</b> электрические аппараты, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем; физические явления в электрических аппаратах и основы теории электрических аппаратов; <i>понимать:</i> существо задач анализа и синтеза узлов, типовых ЭЭА, ограничения применимости методов анализа ЭЭА, правильно использовать допущения при анализе процессов в ЭЭА; <b>уметь:</b> применять, эксплуатировать и	Высокий	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплина	Отлично

		<p>производить выбор электрических аппаратов, применять методы моделирования, позволяющие прогнозировать свойства и характеристики ЭЭА при расчетах основных узлов ЭЭА, использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока, анализа электромагнитных и тепловых процессов в различных ЭЭА, свободно ориентироваться в принципах действия и особенностях конструкции основных видов ЭЭА;</p> <p><b>Владеть:</b> методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы ЭЭА и при использовании специализированной литературы решать задачи проектирования основных узлов ЭЭА.</p>		<p>рных связей. Ответ изложен полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. В лабораторном задании может быть допущена 1 фактическая ошибка.</p>	
<p>ПК-1: Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативнотехнической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.</p>	<p>ПК-1.4: Решает вопросы присоединения к энергосистеме, выбирает способ канализации электроэнергии</p> <p>ПК-1.5: Разрабатывает отдельные части проекта электроснабжения предприятий, организаций и учреждений.</p>		<p>Базовый</p>	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. В лабораторном задании могут быть допущены 2-3 фактические</p>	<p>Хорошо</p>

			Минимальный	ошибки.	Удовлетворительно.
ПК-2: Способен проводить обоснование проектных решений.	ПК-2.1: Рассчитывает и проектирует технические объекты в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования. ПК-2.3: Выбирает и проверяет электрооборудование на среднем и низком напряжении, рассчитывает режимы его работы.			Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует	
ПК-3: Способен применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.	ПК-3.1: Организует эксплуатацию электрооборудования на среднем и низком напряжении.				

<p>ПК-4: Готов к участию в выполнении ремонтов оборудования по заданной методике.</p>	<p>ПК-4.1: Проверяет техническое состояние и остаточный ресурс электро-энергетического и электротехнического оборудования, организует профилактические осмотры и текущий ремонт.</p>		<p>Не освоены</p>	<p>поправок, коррекции. В лабораторном задании могут быть допущены 4-5 фактических ошибок.</p>	<p>Неудовлетворительно.</p>
<p>ПК-5: Готов к составлению заявок на оборудование и запасные части и подготовке технической документации на ремонт</p>	<p>ПК-5.1: Применяет и осваивает вводимое электроэнергетическое и электротехническое оборудование</p>			<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. В лабораторном задании допущено более 5 фактических ошибок. <i>или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует</p>	

				или Отказ от ответа.	
--	--	--	--	----------------------	--

## 6.2. Примерные контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

Экзамен по Электрическим и электронным аппаратам проводится в форме собеседования по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса в 6 семестре, и один практический вопрос.

### Вопросы к экзамену:

#### Перечень теоретических вопросов

1. Классификация электрических аппаратов (ЭА).
2. Основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.
3. Электродинамические усилия в электрических аппаратах. Усилия между параллельными и взаимноперпендикулярными проводниками. Силы взаимодействия между проводником с током и ферромагнитной массой.
4. Электродинамические усилия в электрических аппаратах. Усилие в витке, катушке и между катушками.
5. Электродинамические силы в проводниках переменного сечения.
6. Электродинамические усилия на переменном токе. Электродинамическая стойкость аппаратов.
7. Нагрев электрических аппаратов. Источники тепловых потерь. Нагрев при различных режимах работы.
8. Термическая стойкость ЭА.
9. Электрические контакты. Основные понятия. Переходное сопротивление контакта. Основные конструкции контактов.
10. Режимы работы контактов.
11. Материалы для контактных соединений
12. Причины возникновения дуги. Процессы в дуговом промежутке.. Вольт-амперная характеристика дуги.
13. Особенности горения и гашения дуги постоянного тока.
14. Особенности горения и гашения дуги переменного тока.
15. Перенапряжения при отключении дуги постоянного тока. Факторы, определяющие процесс восстановления напряжения.
16. Способы гашения дуги.
17. Отключение цепей с шунтированием дуги.
18. Отключение цепей повышенной частоты.
19. Электромагнитные механизмы. Общие сведения, классификация.
20. Электромагниты постоянного тока. Тяговая характеристика. Динамика срабатывания.
21. Электромагниты переменного тока. Тяговая характеристика. Динамика срабатывания.
22. Время срабатывания электромагнитов.
23. Принцип действия и процессы в магнитных усилителях.
24. Магнитные усилители с самонасыщением.
25. Контроллеры, командоаппараты
26. Реостаты.



27. Контактторы
28. Пускатели
29. Предохранители.
30. Низковольтные выключатели.
31. Электромагнитные реле тока и напряжения
32. Тепловые реле.
33. Реле времени с электромагнитным замедлением.
34. Реле времени с механическим замедлением.
35. Герконовые реле, их устройство и принцип действия.
36. Бездуговая коммутация электрических цепей.
37. Герконовые реле с памятью.
38. Электромагнитные муфты управления
39. Токоведущие части электрических аппаратов (кабели, провода).
40. Токоведущие части электрических аппаратов (шины).
41. Токоведущие части электрических аппаратов (токопроводы).
42. Предохранители
43. Разъединители
44. Отделители и короткозамыкатели
45. Реакторы
46. Разрядники
47. Ограничители перенапряжений
48. Трансформаторы тока
49. Трансформаторы напряжения
50. Масляные баковые выключатели. Приводы выключателей.
51. Маломасляные выключатели. Приводы выключателей
52. Воздушные выключатели и их привода.
53. Воздушные выключатели и их привода.
54. Электромагнитные выключатели.
55. Вакуумные выключатели.
56. Элегазовые выключатели
57. Низковольтные комплектные устройства.
58. Высоковольтные комплектные устройства
59. Полупроводниковое реле тока
60. Трехфазное реле напряжения
61. Полупроводниковые реле времени
62. Цифровое реле времени
63. Оптоэлектронные реле
64. Измерительный орган на операционных усилителях
65. Двухкаскадный усилитель с положительной обратной связью
66. Применение микропроцессоров в схемах автоматического управления

**Критерии оценки:**

<b>Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания</b>	<b>Количество набранных баллов</b>
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в определении терминов и понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	Максимальный балл по рейтингу
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано	80%

умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.	от максимального балла
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано	60% от максимального балла
<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется.</p> <p><i>или</i></p> <p>Ответ на вопрос полностью отсутствует</p> <p><i>или</i></p> <p>Отказ от ответа</p>	минимальный балл <50% при отказе от ответа ноль баллов

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Характеристики процедуры	
Вид процедуры	экзамен
Цель процедуры	выявить степень сформированности компетенции ОПК-4.6; ПК-1.4, ПК-1.5; ПК-2.1, ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-4.1; ПК-5.1.
Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры	Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 3.0, утверждено ректором СВФУ 19.02.2019 г. Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.
Субъекты, на которых направлена процедура	студенты 3 курса бакалавриата
Период проведения процедуры	Летняя экзаменационная сессия
Требования к помещениям и материально-техническим средствам	Специально оборудованные помещения с лабораторными стендами, отвечающими требованиям освоения дисциплины в полном объеме.
Требования к банку оценочных средств	-
Описание проведения процедуры	Экзамен принимается в устной форме по билетам. Учитываются набранные баллы в течение семестра.
Шкалы оценивания результатов	Шкала оценивания результатов приведена в п.6.1. РПД.
Результаты процедуры	В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины<sup>3</sup>

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Количество экземпляров в библиотеке СВФУ
Основная литература			
1	Электрические реле. Устройство, принцип действия и применение. Настольная книга электро-техника. Гуревич В.И. М.: ДМК Пресс, 2011 г. 689 с.	Допущено МО РФ	
Дополнительная литература			
2	Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.	Допущено МО РФ	
3	Электрооборудование электрических станций и подстанций./ Рожкова Л.Д., Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. -448 с. М.: Академия. 2007		
4	Справочник по электротехнике и электрооборудованию: Алиев И.И. Учеб.пособие для вузов.- 2-е изд.доп. – М.: Высш. Шк., 2000. – 255 с.		
5	Соколова Б.М. Электрическое и электромеханическое оборудование общепромышленных механизмов и бытовая техника. Учебное пособие. М. Академия. 2008, 234с.		
6	Выбор и применение низковольтных электрических аппаратов распределения, управления и автоматики. Справочное пособие. Е.Г. Екимов, Ю.С. Коробков, В.П. Соколов. М. Изд. Дом МЭИ 2009, 343с.		
7	Александров К.К., Кузмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. М. Изд. Дом МЭИ., 2007, 300с.		

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины

1. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» (составителя Чепайкина Т.А.), включающий методические указания для обучающихся по освоению дисциплины <http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=5983>.
2. Интерактивный электронный курс лекций в двух частях «В мир электричества как в первый раз», автор Ванюшин М.Б., <http://eleczon.ru>.
3. Электроработы, <http://yanvictor.narod.ru/index.htm>.
4. Справочник электрика и энергетика, <http://www.elecab.ru/history.shtml>.

<sup>3</sup> Для удобства проведения ежегодного обновления перечня основной и дополнительной учебной литературы рекомендуется размещать раздел 7 на отдельном листе, с обязательной отметкой в Учебной библиотеке.

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- кабинет курсового и дипломного проектирования, оснащенный персональными компьютерами с выходом в интернет (А511);
- учебная аудитория, оснащенная ноутбуком, мультимедийным проектором и экраном (А510);
- стенды учебной лаборатории «Электротехника и электроника» (А510 УАК).

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

### 10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия), видео- и аудиоматериалов (через Интернет);
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и СДО Moodle.

### 10.2. Перечень программного обеспечения

<https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/ui/software-ui/>

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Pf5qJ0nR14osbQB5j-M1DmAOONKbSw54FdLBWp5DMuA/view#gid=0>  
[MSWORD, MSPowerPoint.](#)

### 10.3. Перечень информационных справочных систем

[https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/vspomogatelnye-podrazdeleniya/nauchnaya-biblioteka/page60.php?clear\\_cache=Y](https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/vspomogatelnye-podrazdeleniya/nauchnaya-biblioteka/page60.php?clear_cache=Y)

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.21 Электрические и электронные аппараты.

Учебный год	Внесенные изменения	Преподаватель (ФИО)	Протокол заседания выпускающей кафедры(дата,номер), ФИО зав.кафедрой, подпись

*В таблице указывается только характер изменений (например, изменение темы, списка источников по теме или темам, средств промежуточного контроля) с указанием пунктов рабочей программы. Само содержание изменений оформляется приложением по сквозной нумерации.*